

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ им. В.С. СОБОЛЕВА СО РАН (ИГМ СО РАН)  
ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ им. А.А. ТРОФИМУКА СО РАН (ИНГГ СО РАН)  
НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НГУ)



# **IX СИБИРСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ПО НАУКАМ О ЗЕМЛЕ**

## **МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ**

19-23 НОЯБРЯ ❄️ **НОВОСИБИРСК** ❄️ 2018



ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ  
им. В. С. СОБОЛЕВА СО РАН (ИГМ СО РАН)  
ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ  
им. А. А. ТРОФИМУКА СО РАН (ИНГТ СО РАН)  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НГУ)

IX Сибирская конференция молодых ученых  
по наукам о Земле

## **МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ**



Новосибирск

19–23 ноября 2018

ББК Д.я431  
УДК 55(063)  
Д 259

**ОРГКОМИТЕТ**

**Сопредседатели:**

д-р геол.-минерал. наук, директор ИГМ СО РАН **Н. Н. Крук**,  
д-р техн. наук, профессор, директор ИНГГ СО РАН **И. Н. Ельцов**,  
д-р геол.-минерал. наук, академик РАН,  
декан геолого-геофизического факультета НГУ  
**В. А. Верниковский**

**Секретари:**

**Е. В. Кукарина, Е. А. Овдина, В. С. Секисова, М. В. Черданцева, М. О. Шаповалова**

**Редакционная группа:**

**Е. В. Кукарина, И. Р. Низаметдинов, М. В. Черданцева, М. О. Шаповалова**

Сборник издан при финансовой поддержке ИГМ СО РАН, ИНГГ СО РАН, НГУ,  
ООО «ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ», ООО «Дата Ист», РФФИ (№ 18-35-10040),  
проекта № 14.У26.31.0018 Программы № 220 Министерства образования и науки РФ.

**Д 259** IX Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле: материалы  
конференции / Ин-т геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН,  
Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,  
Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. – 740 с.

ISBN 978-5-4437-0838-6

Сборник содержит тезисы докладов конференции молодых ученых по наукам о Земле, включающим в себя такие разделы, как петрология, минералогия, металлогения, минерагения и рудогенез, геохимия, геохронология, региональная геология и тектоника, палеонтология и стратиграфия, геоморфология и четвертичная геология, геофизика, геоэкология, гидрогеология, инженерная геология и природопользование, геология и геохимия нефти и газа, геомеханика и технологии для разработки месторождений полезных ископаемых, новые информационные и геоинформационные технологии в геологии и экономическая геология.

**УДК 55(063)**  
**ББК Д.я431**

ISBN 978-5-4437-0838-6

© Институт геологии и минералогии  
им. В. С. Соболева СО РАН, 2018  
© Институт нефтегазовой геологии и геофизики им.  
А. А. Трофимука СО РАН, 2018  
© Новосибирский государственный  
университет, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ РИФТИНГА К СПРЕДИНГУ НА ПРИМЕРЕ АВСТРАЛО-АНТАРКТИЧЕСКОГО СЕКТОРА</b> Агранов Г.Д., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л., Лейченков Г.Л., Сергеева В.М. ....	16
<b>АНАЛИЗ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ЗАКАНЧИВАНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С МГРП</b> Аллазов Ф.А. ....	19
<b>ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ РЕАКЦИИ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД СЛОЯ ГОДОВЫХ ТЕПЛООБОРОТОВ В НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ В НИЖНЕКОЛЫМСКОМ РАЙОНЕ</b> Андреева В.В., Максимов Г.Т., Спектор В.В. ....	22
<b>ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКИХ ВУЛКАНИТОВ ТОРЕЙСКОЙ И ХАРАНОРСКОЙ ВПАДИНЫ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)</b> Андреева Ю.С., Сасим С.А. ....	25
<b>ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ИШИНСКОЙ ПЛОЩАДИ</b> Андрющенко Д.С., Труфанов А.В. ....	28
<b>ИЗУЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ КЛАССИФИКАЦИЙ СВЯЗАННОЙ ВОДЫ В ГЛИНАХ</b> Анюхина А.В. ....	30
<b>ТЕКТОНОТЕРМАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ КОМПЛЕКСАХ ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЫ КАРЕЛЬСКОГО КРАТОНА</b> Багдасарян Т.Э., Лубнина Н.В. ....	33
<b>ГЕОАКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В РУДНЫХ СКВАЖИНАХ</b> Баженова Е.А. ....	36
<b>ИЗУЧЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ КАМЕННОГО ГЛЕТЧЕРА ХРЕБТА ЧЕРСКОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ</b> Бажин К.И., Лыткин В.М. ....	39
<b>ВТОРИЧНЫЕ СУЛЬФАТЫ ПЕЩЕРЫ ХУРГАНСКАЯ (ЗАПАДНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)</b> Базарова Е.П. ....	42
<b>МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ СВОДНЫХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПО РАЗНОРОДНЫМ ДАННЫМ</b> Башев И.А., Черных А.А., Корнева М.С. ....	45
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ЮГА КАМЧАТСКОГО КРАЯ</b> Безоян А.Н. ....	48
<b>СОГЛАСОВАННЫЕ СКОРОСТНЫЕ МОДЕЛИ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА</b> Безумов Д.В., Буценко В.В., Табырца С.Н. ....	51
<b>ОСОБЕННОСТИ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА</b> Белобородов Д.Е., Тверитинова Т.Ю. ....	54
<b>НОВЫЙ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ИЗУЧЕНИИ СОПОЧНОЙ БРЕКЧИИ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ</b> Белобородов Д.Е., Егоров Н.А., Краснова М.А. ....	57
<b>БОНИНИТ-ТОЛЕИТОВАЯ АССОЦИАЦИЯ МЕЗОПРОТЕРОЗОЙСКИХ ОФИОЛИТОВ ВОСТОЧНОГО САЯНА: ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ ЛАВ, ДАЕК И КУМУЛЯТОВ</b> Беляев В.А. ....	60
<b>АНАЛИЗ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ФОНА БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ КАК ОСНОВА ДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА</b> Беседина А.А., Остапчук А.А., Павлов Д.В. ....	63
<b>ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ (НА ПРИМЕРЕ ЯРАКТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)</b> Бешенцев Н.А., Лубсанов А.А. ....	66

<b>ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНОЕ И ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД АНГАРСКОГО УЧАСТКА ТАТАРСКО-ИШИМБИНСКОЙ СУТУРЫ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА</b>	
Богданов Е.А., Матушкин Н.Ю., Кадильников П.И., Верниковская А.Е. ....	70
<b>ОСОБЕННОСТИ ПРОБОПОДГОТОВКИ БЕНТОНИТОПОДОБНЫХ ГЛИН ДЛЯ ОРГАНОМОДИФИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ</b>	
Бочарникова Ю.И., Боева Н.М. ....	73
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ СТЁКОЛ В СИСТЕМЕ <math>K_2O</math>-<math>V_2O_5</math>-<math>GeO_2</math>- ПРИ ДАВЛЕНИИ ДО 9 ГПА.</b>	
Бражникова А.С., Королёва О.Н., Ращенко С.В., Романенко А.В., Захаров Б.А. ....	76
<b>ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ И ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНИТНЫХ ОБЛОМКОВ В КЕМБРИЙСКИХ КОНГЛОМЕРАТАХ БАЯНКОЛЬСКОЙ СВИТЫ СИСТИГХЕМСКОГО ПРОГИБА (ТУВА)</b>	
Бродникова Е.А. ....	79
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ НА ПАУЖЕТСКОМ ГЕОТЕРМАЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)</b>	
Букатов Ю.Ю., Феофилактов С.О., Нуждаев И.А., Денисов Д.К., Долбня Б.М. ....	82
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СБОРА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ</b>	
Булавка Ю.А., Якубовский С.Ф., Майорова Е. И. ....	85
<b>ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ЯМР-ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	
Бурухина А.И., Шумскайте М.И., Чернова Е.С. ....	88
<b>ТЕЛЛУРИДЫ В РУДАХ МАЛМЫЖСКОГО ЗОЛОТО-МЕДНОПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, НИЖНЕЕ ПРИАМУРЬЕ</b>	
Буханова Д.С. ....	91
<b>ВОЗРАСТ И ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БАЙКАЛО-МУЙСКОГО ПОЯСА И УДИНО-ВИТИМСКОЙ ЗОНЫ (ЦЕНТРАЛЬНО- АЗИАТСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ ПОЯС): <math>^{40}Ar</math>-<math>^{39}Ar</math> ДАННЫЕ</b>	
Ванин В.А., Иванов А.В., Татаринов А.В., Горовой В.А. ....	94
<b>ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА Fe-Mn КОРОК ОТРАЖАЮЩИЕ КАЙНОЗОЙСКИЕ ЭТАПЫ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ ГАЙОТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СЕГМЕНТА ТИХОГО ОКЕАНА</b>	
Вельдемар А.А., Михайлик П.Е. ....	97
<b>ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИЙ ГАМОВСКИЙ БАТОЛИТ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ПРИМОРЬЕ): ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ВОЗРАСТНЫЕ ДАТИРОВКИ</b>	
Вельдемар А.А., Вовна Г.М., Мишкин М.А. ....	100
<b>СИНТЕТИЧЕСКИЕ АНАЛОГИ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ АВЕРЬЕВИТА И ЯРОШЕВСКИТА, ИХ СИНТЕЗ И СВОЙСТВА</b>	
Владимирова В.А., Сийдра О.И. ....	103
<b>ПЕТРОЛОГИЯ МИАСКИТОВЫХ И АГПАИТОВЫХ СИЕНИТОВ МАССИВА АРТЮШКИ</b>	
Возняк А.А., Носова А.А. ....	106
<b>СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ВОДАХ ОСУШЕННОГО ВЕРХОВОГО БОЛОТА В БАССЕЙНЕ РЕКИ ГАВРИЛОВКА (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)</b>	
Воистинова Е.С., Харанжевская Ю.А. ....	109
<b>МИНЕРАЛЬНО-ФАЗОВЫЙ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА (НА ПРИМЕРЕ г. ТОПКИ, КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)</b>	
Володина Д.А. ....	112
<b>НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ И ОБ УСЛОВИЯХ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ВЕРХНЕНЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ ЛЕССОВОЙ ФОРМАЦИИ НОВОСИБИРСКОГО ПРИБЬЯ</b>	
Вольвах А.О., Вольвах Н.Е., Маликов Д.Г., Пронина И.А. ....	115
<b>ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕНЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ СУБАЭРАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ Р. ЕНИСЕЙ У С. НОВОСЕЛОВО, СЕВЕРО- МИНУСИНСКАЯ ВПАДИНА</b>	
Вольвах А.О., Маликов Д.Г., Вольвах Н.Е., Савельева П.Ю. ....	117

<b>ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЗРЕЗА ЧЕРНОУСОВ ЛОГ – НОВОГО МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПОЗДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА В МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЕ</b> Вольвах Н.Е., Маликов Д.Г., Вольвах А.О., Савельева П.Ю. ....	120
<b>ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ФЛЮИДОУПОРОВ РИФОГЕННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ФРАНКО-ФАМЕНСКОГО ВОЗРАСТА В ПРЕДЕЛАХ МУХАНОВО-ЕРОХОВСКОГО ПРОГИБА</b> Вязовкина А.О. ....	123
<b>МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ</b> Вязовкина Е.О., Вязовкина А.О. ....	126
<b>КРИСТАЛЛОХИМИЯ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ КАРБОНАТОВ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ</b> Гаврюшкин П.Н., Сагатов Н., Бехтенова А.Е. ....	130
<b>ИЗМЕНЕНИЕ ОСАДКОВ В РАЙОНЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ ВО ВПАДИНЕ ЭСКАНАБА, ХРЕБТА ГОРДА (СКВАЖИНЫ DSDP 1038A,B,I,H)</b> Галин К.Р., Гончаров Е.О., Курносов В.Б. ....	133
<b>НЕКОТОРЫЕ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОСАДКОВ НА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ</b> Гершелис (Панова) Е.В. ....	136
<b>РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ</b> Гинга М.С., Кашкевич М.П. ....	139
<b>ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОФИОЛИТОВ НАД ЗОНАМИ СУБДУКЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ПОДВОДНОЙ ГОРЫ ХАХАДЖИМА, ИДЗУ-БОНИН-МАРИАНСКАЯ СИСТЕМА ДУГА-ЖЕЛОБ)</b> Голич А.Н., Высоккий С.В. ....	141
<b>ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОСАДКОВ В КРАТКОВРЕМЕННЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ, ВПАДИНА ГУАЙМАС, КАЛИФОРНИЙСКИЙ ЗАЛИВ (СКВАЖИНЫ DSDP 478, 481/481A)</b> Гончаров Е.О., Курносов В.Б., Галин К.Р., Игнатъев Н.Н. ....	144
<b>АНАЛИЗ СИГНАЛОВ КАРОТАЖА МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МЕЖСКВАЖИННОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ</b> Горносталев Д.И. ....	147
<b>КОМПЛЕКСНОЕ ОПИСАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ВУЛКАНОВ МУТНОВСКИЙ И ЭБЕКО НА ОСНОВЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> Грахова С.П., Ельцов И.Н., Фаге А.Н. ....	150
<b>ПЕТРОГРАФИЯ И ГЕОХИМИЯ ПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОРОД, ДРАГИРОВАННЫХ НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ОКОНЧАНИИ ХРЕБТА СТЕЛМЕЙТ (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ПАЦИФИКА)</b> Грязнова А.С., Силантьев С.А., Портнягин М.В., Хернле К. ....	153
<b>ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА СРЕДЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ АЛМАЗОВ В «ОБОЛОЧКЕ» ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ УДАЧНАЯ (ЯКУТСКАЯ АЛМАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)</b> Губанов Н.В., Зедгенизов Д.А., Шарыгин И.С. ....	156
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПЛАСТА И ДОБЫЧА ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ</b> Губанов С.И., Ольховская В.А. ....	159
<b>УЧАСТИЕ В ПОЛЕВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ ЭФФЕКТА ХОЛЛА В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ</b> Гурьев В.А., Могилатов В.С., Потапов В.В. ....	162
<b>ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ АЗИМУТАЛЬНОГО МИКРОБОКОВОГО КАРОТАЖА В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ</b> Даниловский К.Н. ....	165
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ МИНЕРАЛЬНОЙ ТЕРМОМЕТРИИ НА БАЗЕ МЕЛИЛИТОВЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ: НА ПРИМЕРЕ МРАМОРОВ КОЧУМДЕКСКОГО КОНТАКТОВОГО ОРЕОЛА (В. СИБИРЬ)</b> Девятярова А.С. ....	168
<b>ГЕОХИМИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД И ВОДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ХОДЖА-ОБИ-ГАРМ</b> Демонова А.Ю., Брагин И.В. ....	171

<b>МАССИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОТОВОТКЛОНЯЮЩИМИ СОСТАВАМИ. ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ</b>	
Демяненко Н.А., Хорюшин В.Ю., Колова Т.А., Мазитов Р.Ф., Халин В.В. ....	174
<b>ГЕОХИМИЯ ГРАНАТОВ ПЕРИДОТИТОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ НЮРБИНСКАЯ (НАКЫНСКОЕ КИМБЕРЛИТОВОЕ ПОЛЕ, ЯКУТИЯ)</b>	
Денисенко А.А., Рагозин А.Л., Агашев А.М., Зедгенизов Д.А. ....	177
<b>ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ ГОЛОЦЕНА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОДОЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ РЕЧНЫХ ДОЛИН ЮЖНОГО СКЛОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА</b>	
Дмитриченко Н.В., Куропаткина Т.Н. ....	180
<b>РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И КИСЛОРОДА В ВОДАХ УСТЬ-ИЛИМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.</b>	
Долгих П.Г. ....	183
<b>ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ГЕОНАВИГАЦИИ НА ОСНОВЕ ОБЛАЧНЫХ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ</b>	
Дудаев А.Р., Даниловский К.Н., Москаев И.А. ....	186
<b>РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА КОМПАКТНЫХ ОБРАЗЦАХ</b>	
Дробчик А.Н., Дугаров Г.А., Дучков А.А., Лемзяков А.Г. ....	189
<b>ФОРМЫ МЕТАЛЛОВ В ВОДАХ РЕКИ МАЛАЯ СЕНЬГА (ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛАСТЬ)</b>	
Дроздова О.Ю., Ненюкова А.И., Лапицкий С.А. ....	192
<b>ВЛИЯНИЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩА СГОКА НА РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД</b>	
Еланцева Л.А., Фоменко С.В. ....	195
<b>ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ЗАДАЧ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ</b>	
Епонешникова Л. Ю., Дергач П. А. ....	198
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ УРАНА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ПО ДАННЫМ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО КАРОТАЖА И РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА</b>	
Ермолович Д.Д. ....	200
<b>ИЗМЕНЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА ПАЛЕОЗОЙСКИХ НЕФТЕЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ</b>	
Жердева А.В., Гончаров И.В., Фадеева С.В., Обласов Н.В, Веклич М.А. ....	203
<b>ЛЕТУЧИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В КОРДИЕРИТАХ МУЗКОЛЬСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ПЕГМАТИТА КУХИ-ЛАЛА (ПАМИР) (по данным газовой хромато-масс-спектрометрии)</b>	
Затолюкина К.И. ....	206
<b>ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В САХАЛИНСКОМ РЕГИОНЕ</b>	
Земцов А.Д. ....	209
<b>КЕМБРИЙСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ШУРМАКСКОЙ СВИТЫ: СОСТАВ И ВОЗРАСТ ПОРОД ПИТАЮЩИХ ПРОВИНЦИЙ</b>	
Иванов А.В. ....	212
<b>ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСУШЕНИЯ БОЛОТА В БАССЕЙНЕ Р. ГАВРИЛОВКА</b>	
Иванова Е.С., Гашкова Л. П., Малолетко А.А. ....	215
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО КАРОТАЖА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКЕ НА КАМЕННОУГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ</b>	
Игнатъев Н.Н. ....	218
<b>ХАРАКТЕРИСТИКА ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ В ПОРОДАХ-КОЛЛЕКТОРАХ НИЖНЕВЕНДСКОГО ТЕРРИГЕННОГО КОМПЛЕКСА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ</b>	
Изьюров А.Д. ....	221
<b>КОМПЛЕКСНЫЕ РАЗНОМАСШТАБНЫЕ ЛИТОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НИЖНЕВЕНДСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НЕПСКО- БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ</b>	
Изьюрова Е.С. ....	223
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ В ОЦЕНКЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В НЕФТЕНОСНЫХ И УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ</b>	
Исаева Е.Р., Иванов В.П., Тимкин Т.В. ....	226

<b>СИНТЕЗ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АЛЮМИНАТОВ КАЛЬЦИЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ ЗЕМЛИ</b>	
Искрина А.В., Бобров А.В., Спивак А.В., Дубровинский Л.С., Ерёмин Н.Н., Марченко Е.И. ....	228
<b>ИСТОРИЯ ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ ГОЛЬЧИХИНСКОЙ СВИТЫ НИЖНЕЕНИСЕЙСКОГО ОЧАГА НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ</b>	
Исламидинов Н.Д., Сафронов П.И. ....	231
<b>ПРИРОДА АНИЗОТРОПИИ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД ЗИМОВЕЙНИНСКОГО МАССИВА (ЮЖНО-ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)</b>	
Кадыльников П.И., Михальцов Н.Э., Матушкин Н.Ю., Верниковская А.Е. ....	233
<b>ИЗОТОПЫ ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИССЛЕДОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b>	
Калашникова Д.А., Симонова Г.В., Маркелова А.Н., Крайнюков А.А. ....	236
<b>РАМАНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ ГРАНАТА В АЛМАЗАХ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ</b>	
Калугина А.Д., Зедгенизов Д.А. ....	239
<b>КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ НОВЫХ СИНТЕЗИРОВАННЫХ КРЕЕ-СИЛИКАТОВ И АЛЮМОСИЛИКАТОВ</b>	
Канева Е.В., Суворова Л.Ф., Таусон В.Л. ....	242
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОНЕЙТРИННОГО ПОТОКА ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ДЕТЕКТОРА LENA (ФИНЛЯНДИЯ)</b>	
Караман А.А., Гончаров А.Г. ....	245
<b>ОБРАЗОВАНИЕ ПИРОКСЕНИТОВЫХ ЖИЛ В ПЕРИДОТИТАХ ЭГИЙНГОЛЬСКОГО МАССИВА (ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ АФС МОДЕЛИРОВАНИЯ)</b>	
Каримов А.А. ....	248
<b>НОВЫЙ ПОДХОД К РАСЧЛЕНЕНИЮ МНОГОПЛАСТОВОГО КАЛИЙНОГО ГОРИЗОНТА (НА ПРИМЕРЕ ГОРИЗОНТА IV-П ПЕТРИКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ)</b>	
Кирикович А.В. ....	251
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОЛОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ПЛОШАЛКУ ПРОЕКТИРУЕМОГО СТРОИТЕЛЬСТВА (НА ПРИМЕРЕ Г.КРАСНОДАРА)</b>	
Кирилко Н.Е., Васильев Ю.П. ....	254
<b>ОШИБКИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЕЛИЧИНЫ ПОДВИЖНЫХ ЗАПАСОВ, СВЯЗАННЫЕ С ТЕХНОЛОГИЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН</b>	
Колеватов А.А., Штейнберг Ю.М., Пономарев А.К., Афанаскин И.В. ....	257
<b>ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ*</b>	
Комаров Р. С. ....	260
<b>ИССЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СОСТАВА <math>Pb_{1-x}Ba_x(NO_3)_2</math></b>	
Коржнева К.Е., Исаенко Л.И., Елисеев А.П., Голошумова А.А., Тарасова А.Ю., Молокеев М.С. ....	263
<b>СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, ИСТОРИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ГЕРАСИМОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКОГО, ФАЦИАЛЬНОГО И БАССЕЙНОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ</b>	
Космачева А.Ю. ....	266
<b>ИСТОЧНИКИ ОПРЕСНЕНИЯ ВОД ЗАЛИВА СЕДОВА (НОВАЯ ЗЕМЛЯ) ПО ИЗОТОПНЫМ (<math>\delta D</math>, <math>\delta^{18}O</math>) ДАННЫМ</b>	
Коссова С.А., Дубинина Е.О., Мирошников А.Ю. ....	268
<b>ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ГАЗОКОНДЕНСАТНОЙ СКВАЖИНЫ</b>	
Костина Е.С. ....	271
<b>ГЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОМАНИКОВЫХ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРА ГРЯДЫ ЧЕРНЫШЕВА (ТИМАНО-ПЕЧОРСКИЙ БАССЕЙН)</b>	
Котик И. С., Валяева О. В., Бушнев Д. А., Журавлев А. В. ....	273
<b>ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ АНАЛОГОВ ТЕТРАДИМИТА И КАСТЕРИТА. ТРУДНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ</b>	
Кох К.А., Кузнецов А.Б., Крагжда А.А. ....	275



<b>ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ФЕДЕРАЛЬНОГО КРИОХРАНИЛИЩА СЕМЯН РАСТЕНИЙ</b> Куваев В.А., Кузьмин Г.П. ....	278
<b>ОЦЕНКА НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА НА ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА</b> Куликова О.А., Брадик Д.И., Ткачев Н.В. ....	281
<b>ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О СПЕКТРАХ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ПРИРОДНОГО И-СОДЕРЖАЩЕГО КИСЛОРОДНОГО СОЕДИНЕНИЯ</b> Кутырев А.В., Вымазалова А., Сидоров Е.Г., Степанов С.Ю., Чубаров В.М. ....	284
<b>КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ХРЕБТА ТАЛАССКИЙ АЛАТАУ</b> Кушнарева А.В. ....	287
<b>МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ И ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОПСИДОВЫХ БАЗАЛЬТОВ УСТЬ-СЕМИНСКОЙ СВИТЫ ГОРНОГО АЛТАЯ</b> Кхлиф Н., Вишневский А. В., Изох А.Э. ....	290
<b>ИНФОРМАТИВНОСТЬ ОПТОВОЛОКОННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РАСХОДА В НЕФТЯНЫХ СКВАЖИНАХ</b> Лазуткин Д.М., Ипатов А.И., Кременецкий М.И. ....	293
<b>МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ II РАЗНОВИДНОСТИ ИЗ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК УДАЧНАЯ И ЮБИЛЕЙНАЯ</b> Лапега А.В., Зедгенизов Д.А., Богуш И.Н. ....	296
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПОРОД ПО МИНЕРАЛЬНОМУ СОСТАВУ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ОБНАЖЕНИЙ СКАЛЬНЫХ МАССИВОВ (НА ПРИМЕРЕ ФЛИШЕВОЙ ФОРМАЦИИ ЮЖНОГО СКЛОНА С-З КАВКАЗА)</b> Латыш А.А., Бондаренко Н.А. ....	299
<b>КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛЮМОЛИТИЕВЫХ СЛЮД ИЗ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ АРАСУАИ (БРАЗИЛИЯ)</b> Лемешко А.Б. ....	302
<b>ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ ЭКРАНЫ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ ГИДРАТОСОДЕРЖАЩИХ ОБРАЗЦОВ</b> Лемзяков А.Г., Козырев Е.А., Купер К.Э., Попов А.С., Дробчик А.Н. ....	305
<b>ЭМАНАЦИЯ РАДОНА НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОДРАБОТАННЫХ УГОЛЬНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ</b> Лешуков Т.В. ....	308
<b>ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ФЛОГОПИТА В СИСТЕМЕ ОРТОПИРОКСЕН-ГРАНАТ В ПРИСУТСТВИИ ФЛЮИДА H<sub>2</sub>O-KCl ПРИ 5 ГПА.</b> Лиманов Е.В., Бутвина В.Г., Сафонов О.Г. ....	311
<b>ПОВЕДЕНИЕ ЛИТОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОЛЕИТОВЫХ БАЗАЛЬТАХ АЗОРСКОГО ПЛЮМА ПО ДАННЫМ СКВАЖИНЫ 332В (36°N)</b> Лобанова А.Ю., Суцевская Н.М., Мигдисова Н.А., Жилкина А.В. ....	314
<b>АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ НАМЫВНЫХ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ 203 МИКРОРАЙОНА г. ЯКУТСКА</b> Лобанов А.Л., Литовко А.В. ....	317
<b>АНАЛИЗ ИНФОРМАТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА</b> Логинов Г.Н., Плотницкий П.С., Грубась С.И. ....	320
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗРЕЛОСТИ НЕФТИ ПО ИЗОТОПНОМУ СОСТАВУ УГЛЕРОДА МЕТАНА.</b> Магомедов Ш.А., Маммаев О.А., Маммаев Б.О. ....	323
<b>SR-ИЗОТОПНАЯ ХЕМОСТРАТИГРАФИЯ ПОЗДНЕДОКЕМБРИЙСКИХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТУРУХАНСКОГО ПОДНЯТИЯ</b> Максимова А.А., Вишневская И.А. ....	326
<b>САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО ЭПИТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДАЛЬНЕЕ (СЕВЕРНОЕ ПРИОХОТЬЕ)</b> Макшаков А.С., Кравцова Р.Г., Павлова Л.А. ....	329
<b>РЕДКИЕ ВИДЫ КРУПНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ</b> Маликов Д. Г. ....	332

<b>ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ТАПСИНСКОЙ СВИТЫ (ВОСТОЧНАЯ ТУВА): ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ</b> Малов В.И., Вишневецкая И.А. ....	336
<b>РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА САПРОПЕЛЕЙ МАЛЫХ ОЗЁР ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ</b> Малов Г.И., Страховенко В.Д., Овдина Е.А. ....	339
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ВВОДА ПРОБ С ПАССИВНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ</b> Мальшева А.О. ....	342
<b>FE, MN, S КАК ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ДИАГЕНЕЗА (НА ПРИМЕРЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. КОТОКЕЛЬ, ВОСТОЧНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)</b> Мальцев А.Е., Леонова Г.А., Бобров В.А., Восель Ю.С., Шавекин А.С. ....	345
<b>СЛЕДЫ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНА ТОБА НА ВОСТОЧНО-ИНДИЙСКОМ ХРЕБТЕ ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ</b> Маринова Ю.Г. ....	348
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЖДУ МАГНЕЗИАЛЬНЫМИ ФАЗАМИ МАНТИИ ЗЕМЛИ</b> Марченко Е.И., Бобров А.В., Еремин Н.Н. ....	351
<b>ОСНОВНЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ СТРОМАТОЛИТОВЫХ ПОСТРОЕК СИЛУРА (ТИМАНО-СЕВЕРОУРАЛЬСКИЙ РЕГИОН)</b> Матвеев В. А. ....	353
<b>РАЙОНИРОВАНИЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АНГАРО-КАНСКОГО ТЕРРЕЙНА ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА И ПРОБЛЕМА ЕГО ТЕКТОНИЧЕСКИХ ГРАНИЦ</b> Матушкин Н.Ю., Кадильников П.И. ....	356
<b>ЛАНДШАФТНО-ИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК ВАЖНЕЙШАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРНОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ</b> Медведков А.А. ....	359
<b>РАДИОНУКЛИДНЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ</b> Мезина (Золотухина) К.А., Мельгунов М.С. ....	362
<b>АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЙМЕННОГО ЛАНДШАФТА В УСЛОВИЯХ СЕЛИТЕБНОГО ОСВОЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА РЕКИ СОЖ)</b> Мележ Т.А. ....	365
<b>МИНЕРАЛЬНО-ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПЫЛЕАЭРОЗОЛЕЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ УГОЛЬНОЙ ТЭЦ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА</b> Мельникович Е.А. ....	368
<b>ВЕРХНЕФРАНСКИЕ ИЗВЕСТНЯКИ КОДИНСКОГО РАЗРЕЗА – ОРГАНОГЕННАЯ ПОСТРОЙКА? (СРЕДНИЙ УРАЛ)</b> Мельничук О.Ю., Дуб С.А., Закирьянов И.Г. ....	371
<b>ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ АПТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА</b> Меренкова С.И. ....	374
<b>ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕЛЕ ПОЛИГОНОВ ТКО</b> Милюткина Н.О., Куриленко В.В., Малюхин Д.М. ....	377
<b>ПРОБЛЕМА «РЕФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ИЛЛЮЗИИ» В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРРАТИВАХ</b> Миронов В.А. ....	380
<b>ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛИМОРФНЫХ МОДИФИКАЦИЙ УГЛЕРОДА В ГРАФИТ- И АЛМАЗСОДЕРЖАЩЕМ КСЕНОЛИТЕ ЭКЛОГИТА ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ «УДАЧНАЯ» (СИБИРСКИЙ КРАТОН)</b> Михайленко Д.С., Станьё В., Андреоззи Д., Романенко А.В., Головин А.В., Малыгина Е.В., Корсаков А.В. ....	383
<b>ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗОНДА С ТОРОИДАЛЬНЫМИ КАТУШКАМИ</b> Михайлов И.В. ....	386
<b>ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ЭНТАЛЬПИИ СМЕШЕНИЯ В БИНАРНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ БЕЗВОДНЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РАБДОФАНОВ</b> Михайлова П.С., Еремин Н.Н. ....	389
<b>ПАЛЕОЗОЙСКИЕ ГРАНИТОИДЫ П-ОВА СВЯТОЙ НОС, ОЗ. БАЙКАЛ: ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И U-Pb ИЗОТОПНОЕ ДАТИРОВАНИЕ</b>	

Михеев Е.И., Владимиров А.Г., Семенова Д.В., Хубанов В.Б. ....	392
<b>ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ</b> Моляренко В.Л. ....	395
<b>МОДИФИКАЦИЯ ПРИБОРА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИНДУКЦИОННОГО КАРОТАЖА В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГЕОНАВИГАЦИИ</b> Москаев И.А. ....	399
<b>ОСОБЕННОСТИ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗОНДОВ АППАРАТУРЫ СКЛ-160 ВО ВРЕМЯ СТОЯНОК В УСЛОВИЯХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН ЗАПАДНОЙ СИБИРИ</b> Москалев Г.В., Соболев А.Ю. ....	402
<b>ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВА-НА-ДОНУ)</b> Назаренко О.В. ....	405
<b>РАСТВОР-РАСПЛАВНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ И СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА (Er, Yb):LuAl<sub>3</sub>(VO<sub>3</sub>)<sub>4</sub></b> Напрасников Д.А., Мальцев В.В., Леонюк Н.И., Лясников А.Д. ....	408
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ГОРОДСКИХ ВОДОЕМАХ</b> Насырова Э.С., Елизарьев А.Н. ....	411
<b>МИНЕРАЛОГИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ Сп-Ап-Вп-ТЕ-МИНЕРАЛИЗАЦИИ СИНЮХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ).</b> Некипелова А.В. ....	414
<b>РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕРЫ, МЫШЬЯКА И МОЛИБДЕНА В ВЕРТИКАЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ ОСАДКОВ ЧЕРНОГО МОРЯ</b> Немченко Е.И., Липатникова О.А. ....	417
<b>ПОЗДНОГОЛОЦЕНОВЫЕ ЭОЛОВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА НАДЫМСКОГО ПРИОБЬЯ</b> Никулина Е.Л. ....	420
<b>ИЗУЧЕНИЕ ИК-СПЕКТРОВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ РАЗНОТИПНЫХ САПРОПЕЛЕЙ МАЛЫХ ОЗЕР (ЮГ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)</b> Овдина Е.А., Даниленко И.В., Страховенко В.Д., Малов Г.И. ....	423
<b>ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ УСЛОВИЕ НАМЫВНОЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ЯКУТСК</b> Огонеров В.В. ....	426
<b>О ЗОНАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАЛБАНАРЫМСКОЙ ЗОНЫ</b> Ойцева Т.А., Агеева О. В., Дьячков Б. А., Владимиров А. Г. ....	429
<b>ГРАНИТОИДЫ С ГЕОХИМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ АДАКИТОВ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛО-МУЙСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА</b> Орлова А.В., Федотова А.А., Разумовский А.А., Хаин Е.В., Аносова М.О., Астраханцев О.В. ....	432
<b>СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА РУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КЫЗЫЛ-ЧИН</b> Осипова П.С., Оленченко В.В. ....	434
<b>ДИНАМИКА СКОЛЬЖЕНИЯ МОДЕЛЬНОГО РАЗЛОМА В ПРИСУТСТВИИ ФЛЮИДА</b> Остапчук А.А. ....	437
<b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГТМ НА ВАХИТОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ</b> Павельева О.Н. ....	440
<b>МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТУКУЛАНОВЫХ (ДЕФЛЯЦИОННЫХ) ОЗЕР ДОЛИНЫ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ВИЛОЙ ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)</b> Павлова М.Р. ....	443
<b>ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОНОСНЫХ СКАРНОВ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ «ДОРОЖНОЕ», ПЕСЧАНСКО-ВОРОНЦОВСКАЯ РУДНАЯ СИСТЕМА, СЕВЕРНЫЙ УРАЛ</b> Паламарчук Р.С., Степанов С.Ю. ....	446
<b>СИЛКРЕТЫ КЕМБРО-ОРДОВИКСКОЙ ПЕСЧАНОЙ ТОЛЩИ В РАЙОНЕ СЛИЯНИЯ РЕК САБЛИНКА И ТОСНА (ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)</b> Палкина А.И., Федоров П.В. ....	449
<b>О МЕТОДЕ УЧЕТА ЖЕСТКОСТИ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД</b> Паньков И.Л., Безматерных М.Д. ....	453

<b>К ОЦЕНКЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СИЛЬВИНИТОВЫХ ЦЕЛИКОВ ПЛАСТА КРАСНЫЙ 2 ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ</b> Паньков И.Л., Шубина С.В. ....	456
<b>МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АБРАЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ БЕРЕГОВ НА ПРИМЕРЕ ОСТРОВА ОЛЬХОН</b> Пеллинен В.А. ....	459
<b>ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ВОДОРОДА ВОД ЗОНЫ ПЕРЕХОДА «РЕКА ХАТАНГА — МОРЕ ЛАПТЕВЫХ»</b> Переверзев Р.А., Дубинина Е.О., Коссова С.А. ....	462
<b>ВЫЯВЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ НЕФТЕГАЗОНАСЫЩЕНИЯ В НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ С ПОМОЩЬЮ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ</b> Переpletкин И.А. ....	465
<b>ОРТОПИРОКСЕН-ИЛЬМЕНИТ-ГРАНАТОВЫЙ КСЕНОЛИТ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ ТРУБКИ ИМ. В. ГРИБА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ АЛМАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)</b> Пересецкая Е.В., Каргин А.В., Сазонова Л.В., Носова А.А. ....	468
<b>ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, ВОЗРАСТ И ГЕОХИМИЯ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД ИТМУРУНДИНСКОГО АККРЕЦИОННОГО КОМПЛЕКСА (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЛХАШЬЕ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН)</b> Перфилова А.А., Сафонова И.Ю., Обут О.Т., Савинский И.А., Котлер П.Д., Чёрный Р.И., Петренко Н.А., Маруяма Ш. ....	471
<b>ВЕНДСКИЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ТАСЕЕВСКОЙ СЕРИИ: СОСТАВ И ВОЗРАСТ ИСТОЧНИКОВ СНОСА</b> Прошенкин А.И. ....	474
<b>СОВМЕСТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО И МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО СИХОТЭ-АЛИНСКОГО РАЗЛОМА</b> Пупатенко В.В., Бронников А.К., Рябинкин К.С. ....	477
<b>ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА РУД ЗОЛОТО-СЕРЕБРО-КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО АЛТАЯ</b> Пяткова А.П., Мизерная М.А., Дьячков Б.А., Пятков А.В., Половко М.П. ....	480
<b>ПАЛЕТЕКТОНИКА ЧУВАШИИ И НОВАЯ МОДЕЛЬ РЕГИОНАЛЬНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ</b> Рахимов Т.М. ....	483
<b>ЗАЧЕМ ГЕОЛОГУ MEGASCIENCE?</b> Ращенко С.В. ....	486
<b>СУЛЬФИД-СУЛЬФАТ-ФОСФАТНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ОРТОПИРОКСЕНИТЕ ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ “УДАЧНАЯ”</b> Резвухин Д.И., Корсаков А.В. ....	488
<b>ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ СОЕДИНЕНИЙ СОСТАВА <math>Ca_{2-x}Cd_xSb_{20}O_{70}</math> СО СТРУКТУРОЙ ПИРОХЛОРА</b> Реутова О.В., Редькин А.Ф. ....	491
<b>ИЗУЧЕНИЕ КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА Р. ТЕМЕРНИК И СЕВЕРНОГО ВДХР. В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД (В ПРЕДЕЛАХ Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ)</b> Решетняк В.Н., Кучкина А.А. ....	494
<b>ПРОИСХОЖДЕНИЕ МУАССАНИТА В ГРАФИТСОДЕРЖАЮЩЕМ ОРТОПИРОКСЕНИТЕ ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ УДАЧНАЯ</b> Романенко А.В., Алифирова Т.А., Михайленко Д.С., Головин А.В., Корсаков А.В., Охфуджи Х. ....	497
<b>АУТИГЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ</b> Рубан А.С., Рудмин М.А., Савичев О.Г., Мазуров А.К., Даулетова А.Б. ....	500
<b>ОБ ИСТОЧНИКАХ ВЕЩЕСТВА МОРСКИХ ООЛИТОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ПРИМЕРЕ БАКЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ</b> Рудмин М.А., Мазуров А.К. ....	503
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛАУКОНИТА ИЗ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ПОРОД ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В АГРОХОЗЯЙСТВЕ</b> Рудмин М.А., Рева И.В. ....	506

<b>ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕДЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ГРАНИТНОЙ СИСТЕМЕ Si-Al-Na-K-Li-F-O-H</b> Русак А.А., Щекина Т.И., Граменицкий Е.Н., Алферьева Я.О., Зиновьева Н.Г., Котельников А.Р., Бычков А.Ю., Ахмеджанова Г.М.....	509
<b>ОСОБЕННОСТИ СРЕДНЕПАЛЕОЗОЙСКОГО МАГМАТИЗМА ЮГО-ВОСТОКА ЯКУТИИ (ХРЕБЕТ СЕТТЕ-ДАБАН)</b> Савельев А. Д., Худолей А. К., Лебедева О. Ю. ....	512
<b>ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛЕВОГО БЕРЕГА ДОЛИНЫ Р. ЕНИСЕЙ В СЕВЕРО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЕ</b> Савельева П.Ю., Маликов Д.Г., Вольвах А.О., Вольвах Н.Е. ....	515
<b>ЖАРЧИХИНСКОЕ МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ КАК ПРИМЕР ПОЛИФОРМАЦИОННОГО МНОГОЭТАПНОГО ОБРАЗОВАНИЯ</b> Савченко А.А., Рипп Г.С. ....	518
<b>РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА И УРАЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ НА ПРИМЕРЕ ИСЯНГУЛОВСКОЙ ПЛОЩАДИ</b> Сагдеева Н.С.....	521
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МАЛЫХ РЕК СТЕПНОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ РЕК РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)</b> Сазонов А.Д. ....	524
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕНОСНОСТИ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ШИРОТНОГО ПРИОБЬЯ</b> Сайтов Р.М. ....	527
<b>ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ РАЙОНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. КИЯ В АЛЬБ-СЕНОМАНСКОЕ ВРЕМЯ (ЧУЛЫМО-ЕНИСЕЙСКИЙ РАЙОН)</b> Самандросова А. С. ....	530
<b>ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛИТОСФЕРЫ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРНОЙ И ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ</b> Самойлова О.М. ....	533
<b>АНАЛИЗ ГРУПП ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ СРЕДНЕГО БАЙКАЛА ПО ДАННЫМ СЕЛЕНГИНСКОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ</b> Санжиева Д.П.-Д., Тубанов Ц.А. ....	536
<b>ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КСЕНОЛИТОВ МЕТАБАЗИТОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ УДАЧНАЯ</b> Сапегина А.В., Перчук А.Л, Сафонов О.Г., Япаскурт В.О., Шацкий В.С., Мальковец В.Г. ....	539
<b>О ГАЗОВОМ УГЛЕВОДОРОДНОМ ПОТЕНЦИАЛЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)</b> Севостьянова Р.Ф. ....	542
<b>ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННЫХ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ</b> Селезнев А.А., Ярмошенко И.В., Малиновский Г.П., Илгашева Е.О., Киселева Д.В., Рянская А.С., Рудаков М.Е., Назаров Е.И.....	545
<b>ПЕТРОЛОГИЯ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СИЕНИТОВ КОМПЛЕКСА МАДИАПАЛА, ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЗОНА КОМПЛЕКСА ЛИМПОПО, ЮАР</b> Селютина Н.Е., Сафонов О.Г. ....	548
<b>РАННИЙ ЭТАП ФОРМИРОВАНИЯ ОКЕАНИЧЕСКОЙ КОРЫ В УСЛОВИЯХ УГНЕТЕННОГО МАГМАТИЗМА НА ПРИМЕРЕ РАСКОЛА АВСТРАЛИИ И АНТАРКТИДЫ</b> Сергеева В.М., Лейченко Г. Л. ....	550
<b>ФИЛЬТРАЦИЯ ДАННЫХ ПОВЕРХНОСТНОГО МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СТОКВЕЛЛА</b> Сердюков А.С., Азаров А.В., Гапеев Д.Н. ....	553
<b>ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ХРОМШПИНЕЛИДОВ В АЛМАЗАХ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ ЯКУТИИ</b> Серебрянников А.О., Логвинова А.М. ....	556
<b>РУДНО-ФОРМАЦИОННЫЕ ТИПЫ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИАРГУНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ</b> Серавина Т.В., Богославец Н.Н., Алеко С.В., Петухов А.А.....	559
<b>ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ БАЙКИТСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ</b> Серов В.В. ....	562

<b>ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ РЕЛЬЕФА ОКРАИННОЙ ЧАСТИ БАКЧАРСКОГО БОЛОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ГЕОРАДИЛОКАЦИИ</b> Синюткина А.А. ....	565
<b>СПОСОБ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ</b> Смирнов Ю.Д., Сучкова М.В. ....	569
<b>КОНОДОНТЫ ПОГРАНИЧНЫХ ЖИВЕТСКО-ФРАНКСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В РАЗРЕЗЕ ПО РУЧ. ИЗЪЯЕЛЬ (ЮЖНАЯ ЧАСТЬ ГРЯДЫ ЧЕРНЫШЕВА)</b> Соболева М.А. ....	572
<b>РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИЛИКАТНЫХ ФАЗ С ПРИМЕСЬЮ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ Р-Т УСЛОВИЙ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ</b> Соколова Т.С., Дорогокупец П.И. ....	576
<b>ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АНТРОПОГЕННЫХ КАРБОНАТОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)</b> Соктоев Б.Р., Фархутдинов И.М. ....	579
<b>ВОЗРАСТ И СТРОЕНИЕ ЦИРКОНОВ ИЗ КВАРЦ-АЛЬБИТОВЫХ МЕТАСОМАТИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАР-ТОЛГОЙ, ЗАПАДНАЯ МОНГОЛИЯ</b> Соловьев К.А., Шелепаев Р.А. ....	582
<b>ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ И ФУНКЦИЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В ЗАДАЧЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАРОТАЖА ЧЕРЕЗ ОБСАДНУЮ КОЛОННУ</b> Сосновцев К.А. ....	585
<b>МИНЕРАЛЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ ИЗ ХРОМИТИТОВ ЗОНАЛЬНЫХ КЛИНОПИРОКСЕНИТ-ДУНИТОВЫХ МАССИВОВ СРЕДНЕГО И СЕВЕРНОГО УРАЛА (НОВЫЕ ДАННЫЕ)</b> Степанов С.Ю., Паламарчук Р.С., Шарпёнок Л.Н. ....	588
<b>ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЧИСТКИ КАРЬЕРНЫХ И ДРЕНАЖНЫХ ВОД ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА В ОТРАБОТАННЫХ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ</b> Студенок А.Г., Студенок Г.А. ....	591
<b>ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД</b> Суело Е.В. ....	594
<b>ТРАНСГРАНИЧНЫЕ РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МЕЖДУРЕЧЬЯ ТАЛАС-АССА</b> Тажиев С.Р. ....	596
<b>ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ И ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОРОДСКОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ГРЭС-2)</b> Таловская А.В., Филимоненко Е.А. ....	599
<b>СОСТАВ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ СИЕНИТОВ САЙБАРСКОГО МАССИВА МИНУСИНСКОГО ПРОГИБА</b> Тарасюк А.С. ....	602
<b>АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ И ЕЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН</b> Темникова Е.Ю. ....	605
<b>РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ ИОНОВ В ПОРОВЫХ ВОДАХ ОСНОВНОГО СЕДИМЕНТАЦИОННОГО БАРЬЕРА БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА</b> Тирских Э.Н. ....	608
<b>ГЕОХРОНОЛОГИЯ ГАББРОИДОВ СРЕДИННО-КАМЧАТСКОГО МАССИВА</b> Тихомирова Я.С., Костицын Ю.А., Аносова М.О., Ревяко Н.М. ....	611
<b>ПЛАВЛЕНИЕ ХОЛОДНОЙ ПИРОКСЕНИТОВОЙ МАНТИИ ПОД ХРЕБТОМ КУМРОЧ (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)</b> Тобелко Д.П., Портнягин М.В., Краснова Е.А. ....	614
<b>ПЕТРОЛОГИЯ КСЕНОЛИТОВ ПИРОКСЕНИТОВ ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШПИЦБЕРГЕНА</b> Токушева А., Корешкова М.Ю., Никитина Л.П., Даунс Х., Гончаров А.Г. ....	616
<b>ВЕЩЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТОИДОВ ДОТУЛУРСКОГО МАССИВА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)</b> Тукусер В.И., Сасим С.А., Андреева Ю.С. ....	619

<b>ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ И ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА ВЕНД-НИЖНЕКЕМБРИЙСКИХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НЕПСКОГО СВОДА (СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)</b>	
Тумашов И.В., Шаваров Р.Д., Вараксина И.В. ....	622
<b>ВЫДЕЛЕНИЕ РОЕВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПРИАМУРЬЕ</b>	
Тусикова С.А. ....	625
<b>ДИСПЕРСНЫЕ СВОЙСТВА И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРИЩ И ОКРУЖАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ</b>	
Украинцев А.В. ....	628
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ U-РЬ ДАТИРОВАНИЯ ЦИРКОНОВ ИЗ ПИРОКЛАСТИЧЕСКИХ ПОРОД СИНХРОННЫХ С ЩЕЛОЧНЫМ МАГМАТИЗМОМ ПОЗДНЕГО РИФЕЯ БИРЮСИНСКОГО ПРИСАЯНЬЯ</b>	
Федерягина Е.Н., Иванов А.В., Прошенкин А.И. ....	631
<b>ИЗУЧЕНИЕ САЛАГАЕВСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА КОМПЛЕКСОМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ</b>	
Федорова Т.А., Еделев А.В., Юркевич Н.В., Карин Ю.Г. ....	634
<b>ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ОБЪЕКТА УЛУКОВЬЕ ГОМЕЛЬСКОГО РАЙОНА ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ</b>	
Федорский М.С. ....	637
<b>ДИСПЕРСИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ ПОРОД БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОКАРОТАЖА</b>	
Федосеев А.А. ....	640
<b>НОВЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ЗОН РАЗГРУЗКИ ГИДРОТЕРМ ПАУЖЕТСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)</b>	
Феофилактов С.О., Букатов Ю.Ю., Денисов Д.К., Нуждаев И.А., Абкадыров И.Ф., Долбня Б.М. ..	644
<b>ВЫСОКОТИТАНИСТЫЙ КАЛИЕВЫЙ АМФИБОЛ ИЗ АГПАИТОВЫХ СИЕНИТОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (РОССИЯ)</b>	
Филина М. И., Когарко Л. Н., Кононкова Н. Н. ....	647
<b>О ВЗАИМОСВЯЗИ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ НЕФТИ И ГАЗА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИРАНА</b>	
Хадавимогаддам Ф., Мищенко И.Г. ....	650
<b>ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОРФА НА ВАСЮГАНСКОМ ТОРФЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСУШЕНИЯ</b>	
Хаустова А.А., Гашкова Л.П., Малолетко А.А. ....	653
<b>БЛОКОВАЯ СТРУКТУРА МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД ЮЖНОГО СКЛОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА (ПШАДСКО-БЕТТИНСКОЕ МЕЖДУРЕЧЬЕ)</b>	
Хачатрян В.Н., Бондаренко Н.А. ....	656
<b>СУЛЬФАТЫ В СНЕГОВОЙ ВОДЕ Г. СВИРСК (ПРИБАЙКАЛЬЕ)</b>	
Холодова М.С., Долгих П.Г. ....	659
<b>РАННЕПЕРМСКИЙ (300-270 МЛН. ЛЕТ) МАГМАТИЗМ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА: РЕЗУЛЬТАТ СОЧЕТАНИЯ ПЛЕЙТ- И ПЛЮМ-ТЕКТОНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ</b>	
Хромых С.В., Котлер П.Д., Владимиров А.Г., Изох А.Э., Крук Н.Н. ....	662
<b>ПРИЗНАКИ ГИПЕРГЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЗОЛОТА В ОТВАЛАХ ЗОЛОТОРУДНЫХ И РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ</b>	
Хусаинова А.Ш. ....	665
<b>АТРИБУТНЫЙ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ – КАК ОСНОВНОЙ СПОСОБ ПРОГНОЗА ПРОДУКТИВНОСТЕЙ ЗАЛЕЖЕЙ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ФУНДАМЕНТА</b>	
Цепляева А.И. ....	668
<b>ЛАМПРОИТОВЫЕ ПОРОДЫ РЯБИНОВОГО МАССИВА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛДАН) – РЕЗУЛЬТАТ СМЕШЕНИЯ ЛАМПРОИТОВОЙ И КАМАФУГИТОВОЙ МАГМ</b>	
Чайка И.Ф., Соболев А.В., Изох А.Э., Баганова В.Г., Крашенинников С.П. ....	670
<b>НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ИЗОТОПНО-ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТРИАСОВОГО ВУЛКАНИЗМА ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ (НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ТАЛЬМИНСКОЙ ВУЛКАНОСТРУКТУРЫ)</b>	
Чащин С.А., Попов В.К., Чащин А.А., Будницкий С.Ю. ....	673
<b>ЧИСЛЕННОСТЬ БАКТЕРИОФАГОВ В ЗОНАЛЬНЫХ И ПОЛЯРНЫХ ТИПАХ ПОЧВ</b>	
Чекин М.Р., Кудинова А.Г., Лапыгина Е.В., Лысак Л.В. ....	677

<b>КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ СУЛЬФИДНОЙ ЖИДКОСТИ В ГАББРОИДНОМ МАССИВЕ РУДНЫЙ, СЗ МОНГОЛИЯ</b> Черданцева М.В. ....	680
<b>ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И СТРУКТУРА ОТЛОЖЕНИЙ УЧАСТКА ХОРС-2 ИТМУРУНДИНСКОГО АККРЕЦИОННОГО КОМПЛЕКСА, СЕВЕРНОЕ ПРИБАЛХАШЬЕ</b> Чёрный Р.И., Сафонова И.Ю., Савинский И.А., Обут О.Т., Кривоногов С.К., Котлер П.Д, Хромых С.В., Перфилова А.А., Петренко Н.А., Гурова А.В., Маруяма Ш. ....	682
<b>ПРИРОДА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ФЛЮИДОВ И МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ИХ ЗАЛЕЖЕЙ В ГЫДАНСКОЙ ГАЗОНЕФТЕНОСНОЙ ОБЛАСТИ</b> Шадрина Е.С., Самойленко В.В., Гончаров И.В., Обласов Н.В. ....	685
<b>ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПРИ РЕГУЛЯРНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЯХ В ЗОНЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ</b> Шалагинов А.Е., Неведрова Н.Н. ....	688
<b>ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЛЮИДОВ НА ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ БЛАГОДАТНОЕ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ, РОССИЯ): ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ</b> Шапаренко Е.О. ....	691
<b>ГАББРОИДНЫЕ МАССИВЫ КАК ТЕПЛОЙ ИСТОЧНИК ХАНГАЙСКОГО БАТОЛИТА</b> Шаповалова М.О., Шелепаев Р.А., Толстых Н.Д. ....	694
<b>ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ВОЗРАСТ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ БАЯННУРСКОГО МАССИВА НЕФЕЛИНОВЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ СИЕНИТОВ (МОНГОЛЬСКИЙ АЛТАЙ)</b> Шелепов Я.Ю., Шелепаев Р.А. ....	697
<b>ПРОБЛЕМЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА</b> Шинковская А.Н. ....	700
<b>СФИНКТОЗОА РИФА БОЛЬШАЯ КОСЬЮ (Р. ИЛЫЧ, СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)</b> Шмелёва Л.А. ....	703
<b>ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ НЕДР ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ</b> Шохин А.Е. ....	707
<b>СТРУКТУРА СТЕКОЛ СИСТЕМЫ <math>K_2O</math>-<math>B_2O_3</math>-<math>GeO_2</math> ПО ДАННЫМ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ</b> Штенберг М.В., Королева О.Н., Коробатова Н.М. ....	710
<b>ГРУППОВОЙ СОСТАВ ОБРАЗЦОВ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ЯМР-ИССЛЕДОВАНИЙ</b> Шумскайте М.И., Бурухина А.И., Чернова Е.С., Тураханов А.Х. ....	713
<b>ИСТОЧНИКИ МАГМ К-НА УМЕРЕННО-ЩЕЛОЧНОГО ВУЛКАНИЗМА СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ</b> Щербаков Ю.Д., Перепелов А.Б., Пузанков М.Ю. ....	716
<b>ГИДРОГЕОЛОГИЯ ЮРЫ И МЕЛА ЮЖНЫХ РАЙОНОВ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ</b> Юдин С.В. ....	719
<b>ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЯ СООРУЖЕНИЯ</b> Юша А. М. ....	722
<b>ГЕОЛОГО-ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ФОРМИРОВАНИЯ БАЗИТОВЫХ ДАЕК ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ</b> Яковлева К.Ю., Кадильников П.И. ....	724
<b>АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ СОЦИАЛЬНОЙ, ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ</b> Якушева Д.В. ....	727
<b>РЕЖИМ И ПАРАМЕТРЫ САМОИЗЛИВА ПРИРОДНЫХ РАССОЛОВ ТОЛБАЧАНСКОЙ СВИТЫ ПО СЕТИ ОПЫТНЫХ СКВАЖИН ГОРИЗОНТА -790 РУДНИКА «ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНЫЙ» В 2017 ГОДУ</b> Янников А.М., Янникова Л.Ю., Янникова Ю.Ю. ....	730
<b>ТЕРРИГЕННЫЙ МЕЛАНЖ СДВИГОВЫХ ЗОН НА ПРИМЕРЕ КУЛИШОВСКОГО РАЗЛОМА (СИХОТЭ – АЛИНЬ, ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)</b> Янникова Ю.Ю., Русанов Р.В., Янникова Л.Ю. ....	733



**ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ  
ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ РИФТИНГА К СПРЕДИНГУ НА ПРИМЕРЕ  
АВСТРАЛО-АНТАРКТИЧЕСКОГО СЕКТОРА**

*Агранов Г.Д.<sup>1</sup>, Дубинин Е.П.<sup>2</sup>, Грохольский А.Л.<sup>2</sup>, Лейченко Г.Л.<sup>3</sup>, Сергеева В.М.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Геологический факультет МГУ им. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup>Музей Землеведения МГУ им. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>3</sup>ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

[Agranovgrisha@gmail.com](mailto:Agranovgrisha@gmail.com)

Аннотация. С помощью физического моделирования было проведено изучение структурообразующих деформаций в переходных зонах Австралии и Антарктиды, а также в области Австрало-Антарктического дискорданса (ААД) на Юго-восточном Индийском хребте (ЮВИХ).

Ключевые слова: физическое моделирование, пассивная окраина, океан, ультрамедленный спрединг, структура земной коры.

**PHYSICAL MODELING OF STRUCTURAL-FORMING DEFORMATIONS IN  
TRANSITION FROM RIFTING TO SPREADING ON AN EXAMPLE OF AUSTRAL-  
ANTARCTIC SECTOR**

*Agranov G.D.<sup>1</sup>, Dubinin E.P.<sup>2</sup>, Grokholsky A.L.<sup>2</sup>, Leichenkov G.L.<sup>3</sup>, Sergeeva V.M.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Geological Faculty of Moscow State University. Lomonosov, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Museum of Geography of Moscow State University. Lomonosov Moscow, Russia

<sup>3</sup>FGBU "VNIIOkeangeologia", St. Petersburg, Russia

[Agranovgrisha@gmail.com](mailto:Agranovgrisha@gmail.com)

Abstract. Physical modeling was used to study the structure-forming deformations in the transition zones of Australia and Antarctica, and also in the area of the Australian Antarctic Discordance (AAD) on the Southeast Indian Ridge (SEIR).

Key words: physical modeling, passive margin, ocean, ultra-slow spreading, structure of the earth's crust.

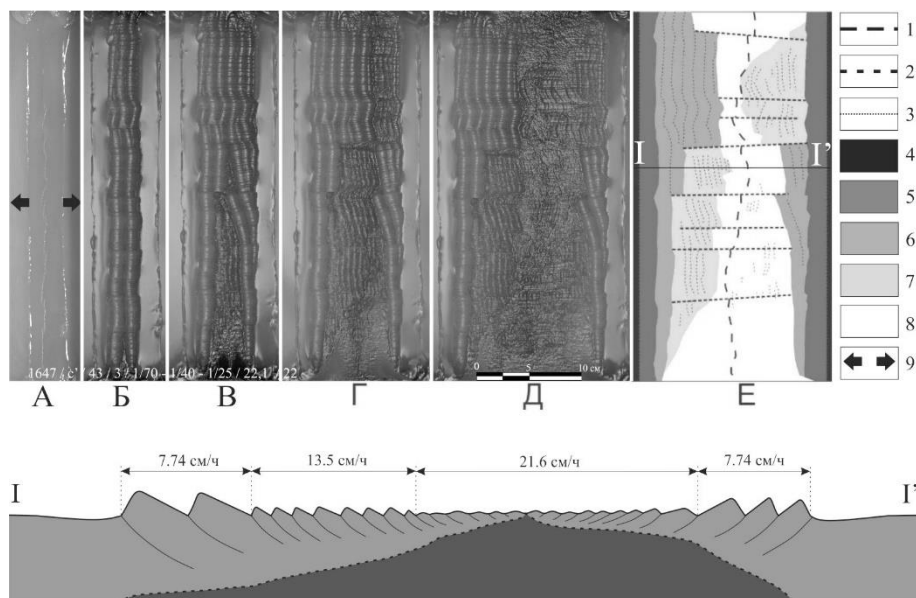
Геолого-геофизические исследования позволили выявить особенности строения фундамента сопряженных переходных зон Австралии и Антарктиды [2; 6] и установить четыре характерных типа деформаций коры, сменявших друг друга в процессе перехода от рифтинга к спредингу и сформировавших характерные структурные зоны: 1) зона гиперрастяжения континентальной коры; 2) зона эксгумации континентальной мантии, образующаяся при минимальных скоростях растяжения; 3) зона протоокеанической коры, образующейся при ультрамедленном спрединге; 4) зона стационарного спрединга, начинающаяся при увеличении скорости спрединга.

Провинция Австрало-Антарктического дискорданса располагается между 120° и 128° в.д. Её протяженность составляет примерно 500 км. Она занимает центр Австрало-Антарктической котловины, расположенной между Австралией и Антарктидой, и является одним из самых глубоких районов в глобальной системе срединно-океанических хребтов. Провинция ААД на западе и на востоке ограничена двумя крупными трансформными разломами со смещением оси более 100 км. При пересечении трансформного разлома, ограничивающего ААД с востока, происходят существенные изменения глубины дна, морфологии хребта, амплитуды магнитных аномалий, сейсмичности и геохимического состава драгированных пород. Менее выраженные изменения происходят при пересечении западной границы ААД.

Экспериментальные исследования осуществлялись в лаборатории экспериментальной геодинамики Музея Землеведения МГУ. Эксперименты проводились в соответствии с условиями подобия и методиками, описанными в работах [1, 3]. Модельное вещество представляет собой сложную коллоидную систему, основой которой являются жидкие (минеральное масло) и твердые (церезин, парафин) углеводороды с различными поверхностно- активными добавками.

Нами были выполнены следующие серии экспериментов, реконструирующих геотектонические процессы, связанные с раскрытием океана между Австралией и Антарктидой:

1) Моделирование образования переходных зон от континентальной литосферы к океанической (рис. 1). Данная серия экспериментов продемонстрировала обратную зависимость между скоростью спрединга и амплитудой рельефа рифтовых зон, а также прямую зависимость амплитуды рельефа от толщины модели на оси растяжения. Так же было проведено сравнение результатов экспериментов и сейсмических профилей через австралийскую и антарктическую окраины.



**Рисунок 1 - Образование структур при растяжении модельной литосферы с возрастающими скоростями. Вверху: Условные обозначения: 1 – действующая ось спрединга; 2 – зоны поперечных смещений; 3 – границы между аккреционными валами; 4 – континентальная литосфера; 5 – зона растяжения континентальной литосферы; 6 – зона экстумации мантии при ультрамедленной аккреции; 7 – зона медленного спрединга; 8 – зона стационарного наращивания океанической коры (средний спрединг); 9 – направление растяжения.**

Внизу: схематичный рельеф и разрез модельной литосферы по линии I – Г'. Светлым цветом показан твердый слой модели, имитирующий литосферу, верхний слой которой нарушен предполагаемыми сбросами; темным – жидкий расплав, имитирующий астеносферу.

2) Моделирование растяжения при наличии структурного барьера и «холодной» зоны. В этой серии экспериментов изучались закономерности рельефообразования осложненного наличием относительно холодной мантии и относительно прочной литосферы (на месте бывшего кротона Гавлера – Моусона), соответствующей в природе Австрало-Антарктическому дискордансу.

#### Заключение

1) Физическое моделирование формирования разных типов рельефа при переходе от континентального рифтинга к океаническому спредингу при изменяющихся скоростях растяжения позволило выявить разный характер структурообразования на каждом этапе развития переходной зоны: возможность формирования асимметричных континентальных окраин; наличие геометрической нестабильности и перескоков рифтовой оси. Сравнение результатов моделирования с рельефом фундамента, полученным по сейсмическим данным и фазами развития сопряженных переходных зон Австралии и Антарктиды дают хорошее соответствие.

2) Моделирование позволило выявить условия формирования более расчлененного рельефа при наличии более прочного блока литосферы и относительно охлажденной мантии. Проведенные опыты показали, что наличие более прочного литосферного блока на дораскольной литосфере и относительно холодной мантии приводит к формированию в зоне последующего спрединга сильно расчлененного рельефа, развитию системы многочисленных трансформных разломов и геометрической нестабильности оси спрединга. Ареалы такого рельефа хорошо просматриваются как в модели, так и на батиметрических картах Австрало-Антарктического бассейна.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № №16-17-10139).*

#### Литература:

1. Грохольский А.Л., Дубинин Е.П. Аналоговое моделирование структурообразующих деформаций литосферы в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов. Геотектоника. 2006. Т.1 С.76–94.
2. Лейченко Г.Л., Гусева Ю.Б., Гандюхин В.В., Иванов С.В., Сафонова Л.В. Строение земной коры и история тектонического развития индоокеанской акватории Антарктики. Геотектоника. 2014. Т.1 С.8–28.
3. Шеменда А.И. Критерии подобия при механическом моделировании тектонических процессов. Геология и геофизика. 1983. Т.10 С.10–19.
4. Ball G. E., McClay E. K., Totterdell J. The spatial and temporal evolution of strain during the separation of Australia and Antarctica // American Geophysical Union. 2013. Volume 14. P.2771–2799.
5. Gillard M., Autin J., Manatschal G., Sauter D., Munschy M., Schaming M. Tectonomagmatic evolution of the final stages of rifting along the deep conjugate Australian-Antarctic magma-poor rifted margins: Constraints from seismic observations. Tectonics, American Geophysical Union. 2015. P.753-783
6. Tikku A. A., Cande S. C. On the fit of Broken Ridge and Kerguelen plateau. Earth and Planetary Science Letters. 2000. Volume 180. P.117–132.

## АНАЛИЗ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ЗАКАНЧИВАНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С МГРП

*Аллазов Ф.А.*

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

[allazow.f@yandex.ru](mailto:allazow.f@yandex.ru)

Аннотация. Ежегодно существенно увеличиваются объемы работ по строительству и реконструкции скважин. Приоритетная задача - интенсифицировать эти работы и повысить технико-экономические показатели. Данный вопрос не может быть решен без совершенствования бурового комплекса и внедрения передовых технологий разработки месторождений в сочетании с обновлением бурового оборудования и инструмента. Одной из таких технологий является строительство горизонтальных скважин для проведения многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП). Цель этого доклада - выявления факторов осложнений при МГРП.

Ключевые слова: строительство скважин, технологии МГРП

## ANALYSIS OF COMPLICATIONS WHEN FINISHING HORIZONTAL WELLS WITH MHRP

*Allazov F.A.*

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, [allazow.f@yandex.ru](mailto:allazow.f@yandex.ru)

Abstract. The volume of work on the construction and reconstruction of wells is significantly increased every year. The priority task is to intensify these works and increase technical and economic indicators. This issue can not be solved without the improvement of the drilling complex and the introduction of advanced technologies for the development of deposits in combination with the renewal of drilling equipment and tools. One such technology is the construction of horizontal wells for multi-stage fracturing (MGRP). The purpose of this report is to identify the complications factors in the MHRP.

Key words: well construction, MGRP technologies

Действующий фонд ОАО «НК «Роснефть» ежегодно пополняется большим количеством горизонтальных скважин. В связи ростом проблем с заканчиванием горизонтальных скважин, данная работа является актуальной. Исходя из проведенного анализа, я наблюдаю осложнения при проведении МГРП, в частности при открытии 1-го порта ГРП. В данной работе Приведена технология замены гидравлической муфты первого активационного порта на технологию перфорированного патрубку. Технология была проведена на двух скважинах «РН-Юганскнефтегаза».

Проанализировав динамику роста количества операций с применением технологии МГРП, за последние шесть лет в «РН-Юганскнефтегаза», я пронаблюдал увеличение

программы бурения горизонтальных скважин с 38 скважин в 2013 году, до 330 скважин в 2018 году.

Из статистики по осложнениям при работе на горизонтальных скважинах и ЗБС за 2017, можно сделать вывод, что основной причинной осложнения при МГРП является проблема с активацией портов ГРП. В данной статистике были приведены только технологические осложнения, геологические осложнения не рассматриваются.

**Таблица 1. Статистика осложнений при работе на горизонтальных скважинах и ЗБС в 2017 году.**

	Подрядчик по оборудованию заканчивания скважин				
	ВНС			ЗБС	
	Везерфорд	Шлюмберже	Petro-Naihua	СибБурМаш	ТяжПрессМаш
Всего горизонтальных скважин, шт	45	172	4	101	4
Всего портов для проведения ГРП, шт	329	1021	20	360	13
Всего ГРП без осложнений, шт	326	949	18	348	12
Активация портов ГРП на ГНКТ,шт	3	72	2	12	1
% осложнений при активацией портов ГРП	1%	7%	10%	3%	8%
% осложнений при активацией портов ГРП на скважину	7%	44%	50%	12%	25%
Не герметичность стингера (коннектора), шт	1	47	1	15	0
% осложнений со стингером (коннектором) при ГРП	2%	29%	25%	15%	0%
Общее время, затраченное на дополнительные работы ГРП, ГНКТ, ТКРС (час)	310	9384	265	2370	54
Итого: время, затраченное на дополнительные работы, связанные с устранением осложнений по компоновкам заканчивания горизонтальных скважин ВНС и ЗБС (суток)				496	

Предлагается заменить технологию гидравлической муфты первого активационного порта на технологию перфорированного патрубка. Порядок активации скважинного оборудования:

- Потоком жидкости прокачать шар Ø 20 мм до Муфты посадочной ТОКС 102/140 не превышая устьевое давление 7 МПа. В момент посадки произойдет повышение давления и фиксация шара в седле.

- Поднять устьевое давление до 13,5 МПа для активации клапана циркуляционного, при этом произойдет резкое падение давление и восстановление циркуляции.

- Потоком жидкости прокачать шар Ø 25 мм до клапана циркуляционного не превышая устьевое давление 7 МПа. В момент посадки произойдет повышение давления и фиксация шара в седле.

- Поднять устьевое давление до 20,5 МПа, для активации клапана цементирующего, при этом произойдет резкое падение давления и восстановление циркуляции.
- Произвести цементирование через окна клапан цементирующего.
- Произвести активацию пакера верхнего осевой разгрузкой транспортировочной колонны не менее 10 т.
- После ОЗЦ нормализовать трубное пространство хвостовика до клапана гидромеханического не доходя 5 м.
- Произвести спуск пакера гидромеханического (Стингер) для герметизации колонны НКТ с компоновкой хвостовика.
- Поднять устьевое давление до 27 МПа для активации муфты посадочной ТОКС 102/140, при этом произойдет срез седла с резким падением давления.
- Провести ГРП через перфорационный патрубок.
- Произвести сброс шара соответствующего диаметра для открытия клапана[1].

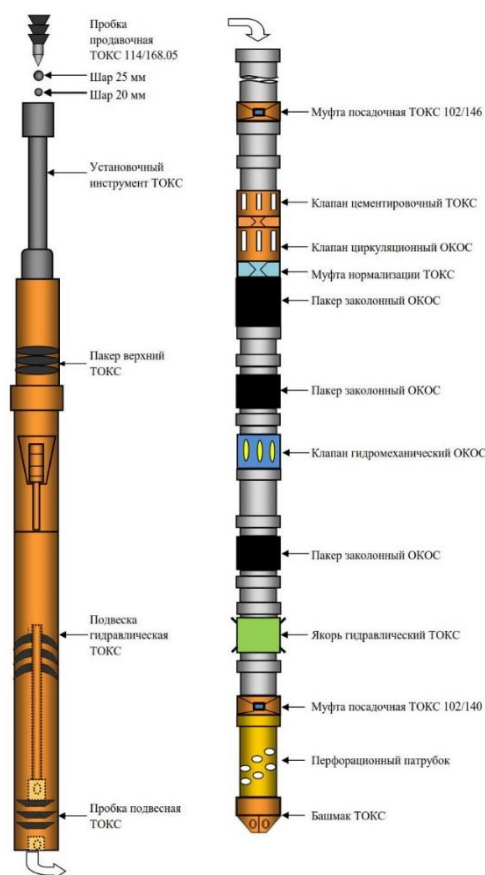


Рисунок 1 – Схема компоновки перфорированного патрубка

Опыт применения технологии перфорированного патрубка на двух скважинах Приразломного месторождения показывает, что по расчётам экономической эффективности срок окупаемости данных скважин составляет 12-13 месяцев. С применением технологии перфорированного патрубка, мы устраняем осложнения с активацией первого порта, что приводит к сокращению времени ремонта и простоя скважины. Получение дополнительной нефти, за счет потенциального сокращения времени работ на скважине.

#### Литература:

1. Схемы и технологии заканчивания скважин для проведения МСГР <https://www.sibburmash.ru/>

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ РЕАКЦИИ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД СЛОЯ ГОДОВЫХ ТЕПЛООБОРОТОВ В НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ В НИЖНЕКОЛЫМСКОМ РАЙОНЕ**

*Андреева В.В., Максимов Г.Т., Спектор В.В.*

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия

[varvara-andreev@mail.ru](mailto:varvara-andreev@mail.ru)

Аннотация. Представлены первичные результаты по изучению теплового состояния грунтов слоя годовых теплооборотов в естественных и постпирогенных условиях в Нижнеколымском районе. Установлено, что на исследуемых гаревых участках вторичного сукцессионного процесса значения температур на подошве слоя годовых теплооборотов сопоставимы со значением этого параметра на участках с естественными условиями, что говорит о стабилизации температуры грунтов вследствие самовосстановления листовеннично-кустарниковой растительности.

Ключевые слова: слой годовых теплооборотов; температурный режим; температура многолетнемерзлых пород; лесные пожары; Колымская низменность

**PRELIMINARY RESULTS OF STUDY THE THERMAL CONDITION OF PERMAFROST ON MEAN ANNUAL TEMPERATURE LAYERS IN DISTURBED LANDSCAPES OF KOLYMA LOWLAND**

*Andreeva V.V., Maksimov G.T., Spector V.V.*

Melnikov Permafrost Institute of the Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, Russia

[varvara-andreev@mail.ru](mailto:varvara-andreev@mail.ru)

Abstract. In this article the preliminary results of studying the thermal state of ground layer of the average annual heat rotation in natural and post-pyrogenic conditions in the Kolyma Lowland are presented. It is found that in the investigated sections of the secondary successional process the average annual temperature values at the bottom of ground layer are comparable with value of this parameter in areas with natural conditions. It indicates the stabilization of ground temperature due to self-restoration of larch-bush vegetation.

Key words: average annual heat rotation, thermal state; permafrost temperature; forest fires; Kolyma lowland

В последнее десятилетие быстрые темпы освоения и развития территорий Дальнего Востока и Арктики приводят к увеличению техногенного влияния в этих регионах. Техногенное воздействие различного типа и масштаба приводит к изменению геокриологических условий. При этом наиболее разрушительным и непредсказуемым фактором являются лесные пожары, причиной которых чаще всего является человеческая

деятельность. Ежегодно, пожары уничтожают лесной покров на значительных территориях криолитозоны [1, 2].

Температурный режим грунтов является одной из основных характеристик, определяющих устойчивость природно-технических систем. Устойчивость мерзлотных ландшафтов к антропогенным воздействиям определяется их термическим состоянием и льдонасыщенностью, литогенным составом, глубиной сезонного протаивания [3]. Влияние лесных пожаров на вечную мерзлоту имеет кратко- и долговременное действие. В первую очередь, при пожарах, происходит резкое изменение поверхностных условий, то есть уничтожается растительный покров и вследствие снижается альбедо. Далее, в горизонтах многолетнемерзлых грунтов происходит проникновение тепловой волны от пожаров, которые вводят свои коррективы в температурный режим слоя годовых теплооборотов. Также впоследствии лесных пожаров наблюдается изменение водного режима в деятельном слое и увеличение глубины сезонного оттаивания. В случае возгорания на территориях более льдистых грунтов, пожары приводят к развитию термокарста, снижению устойчивости грунтов к природным и техногенным воздействиям.

Работы проводятся в Нижнеколымском районе, который характеризуется сложными геокриологическими условиями: распространением многолетнемерзлых пород, развитием повторно-жильных льдов, термокарстовых процессов. Исследования в пирогенных ландшафтах выполняются в межлассном типе местности на водораздельной поверхности едомы с абсолютными отметками 34 м, 40 м, на 2 ключевых участках с различной стадией сукцессионного развития растительности. Объектами исследований являются грунты слоя годовых теплооборотов до глубины 10 м.

На первой мониторинговой площадке была пробурена скважина 18/2К глубиной 10 м на водораздельной поверхности едомы недалеко от ручья Комарок с абсолютной высотной отметкой 34 м.н.у.м. Лесной пожар сильной интенсивности произошел порядка 70 лет назад, по типу возгорания, судя по восстановленной растительности, относится к низовому перешедшему в верховой. За этот период растительность полностью восстановилась и представляет собой густой лиственный лес с толщиной стволов деревьев от 0,01 м до 0,1 м, высота деревьев в среднем составляет 4-5 м, расстояние между лиственными от 0,15 м до 0,5 м реже 1-2 м, характерной особенностью является повсеместное присутствие на стволах и ветках черного лишайника. Подлесок представлен молодыми карликовыми березами и единичными ивами. Нижний ярус характеризуется сплошным моховым покровом, брусничником, голубикой и редко зеленым лишайником. Максимальное сезонное протаивание составляет 0,4 м. Вмещающие повторно-жильные льды породы представлены алевритом серого, серовато-коричневого цвета со средней весовой влажностью 53% и увеличением в местах сгущения текстурообразующих и жильных льдов (130-400%). Ледяная жила в разрезе вскрыта в интервале 1,7-5,9 м. Толща алевритов пронизана сетью нитевидных корешков и растительных макроостатков в виде фрагментов древесины. По всему разрезу отмечаются неравномерно распределенные пятна оглеения. Ожелезнение наблюдается в верхней части разреза.

Вторая площадка (скв. 18/3К) располагается на водораздельной поверхности в 200 м от озера Тубдиспансерное с высотной отметкой 40 м. н.у.м., пожар произошел около 30 лет назад, судя по постпирогенным признакам пожар был низовой, стволы и кроны деревьев по всей видимости не были затронуты. Растительность представлена лиственным лесом преимущественно толщиной стволов деревьев 6-7 см, реже встречаются толщиной 10-15 см расстояние между деревьями составляет 1 м, подлесок представлен тонкоствольными (1-2



см) лиственницами, низкорастущими ивами с толщиной стволов 3 см и густорастущими карликовыми березами. Нижний ярус представлен сплошным зеленым моховым покровом, брусничником, голубикой, багульником, осокой и редкими наростами зеленых лишайников. На поверхности наблюдается толстый до 4-5 см рыжий лиственничный опад. Поверхность относительно ровная. Скважиной была вскрыта ледяная жила с глубины 1,65 м и до забоя скважины (10 м). Верхний горизонт представлен монотонными алевритами серого, серовато-коричневого цвета, влажность колеблется от 10-30%. Слой сезонного оттаивания составляет 0,6 м.

Температура грунтов на глубине 10 м на первой площадке установилась на отметке -4,2°C, на второй -2,1 °C. Следует отметить, что в естественных условиях на аналогичном типе местности (скв.12/1К) со схожим литологическим составом подстилающих пород, с абсолютной высотной отметкой 60 м, были экспериментально установлены температуры, на глубине 10 м, в диапазоне -2,7... -3,1 °C (за период 2012-2018 гг). А на другом участке с естественными условиями, расположенном также в межаласье, но на относительно низкой поверхности едомы в междуречье рек Колыма и Пантелеиха, в 6 м над урезом воды, температуры грунтов на глубине 10 м варьируют от -5,4 до -6,9 °C. Т.е. можно предположить, что на первом исследуемом гаревом участке за семидесятилетний период произошло постепенное самовосстановление лиственнично-кустарниковой растительности и на данный момент наблюдается стабилизация температуры грунтов. Значения температур грунтов на этом участке входят в диапазон температур грунтов на естественных ландшафтах, и разница их объясняется в большей степени влиянием топографии. Так как в более высоком геоморфологическом уровне установлены наиболее высокие температуры, а на относительно низкой поверхности отмечаются максимально низкие значения температуры.

Значения температур грунтов на втором гаревом участке самые высокие, но близки к температурам в естественных условиях на водораздельной поверхности едомы высокого геоморфологического уровня. В данном случае также можно говорить о стабилизации температуры грунтов, учитывая отепляющее воздействие снежного покрова, установившегося в многоснежную зиму 2017 года.

Также планируется проведение рекогносцировочных и буровых работ в Центральной Якутии на местах лесных пожаров 2018 года для выявления воздействия пожаров на тепловое состояние грунтов в кратковременном плане.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-05-00990\18*

#### **Литература:**

1. Протопопова, В.В. Местная шкала пожарной опасности лесов по условиям погоды для Центральной Якутии. Наука и образование. №2. 2011. - С.74-77.
2. Разумова, Н.В., Перекрест, В.В. Подверженность территории Дальневосточного федерального округа России опасным природным процессам. Геориск. №3. 2008. - С.24-30.
3. Варламов С.П., Скрябин П.Н. Постпирогенная динамика гидротермического состояния грунтов криолитозоны якутии. Успехи современного естествознания № 5, 2016. – С. 105-110.

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКИХ ВУЛКАНИТОВ  
ТОРЕЙСКОЙ И ХАРАНОРСКОЙ ВПАДИНЫ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)**

*Андреева Ю.С.<sup>1,2</sup>, Сасим С.А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

<sup>2</sup>Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

[afanasevaus@mail.ru](mailto:afanasevaus@mail.ru)

Аннотация. В составе Ононского террейна Агинской мезазоны выделяются Харанорская и Торейская рифтогенная впадины, в которых локализованы позднеюрские-раннемеловые вулканические породы. Они представлены сериями умеренно-щелочных пород от трахибазальтов до трахидацитов с подчиненным количеством кислых вулканитов. В разрезе вулканитов Харанорской впадины выделяется две толщи, различных по геохимическим характеристикам, верхняя из которых, уверенно сопоставляется с вулканитами Торейской впадины.

Ключевые слова: Монголо-Охотский орогенный пояс, поздний мезозой, внутриплитный магматизм, геохимия магматических пород

**GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF LATE MESOZOIC VOLCANIC ROCKS  
THE KHARANORSK AND TOREY DEPRESSIONS  
(EASTERN TRANSBAIKALIA)**

*Andreeva Yu.S.<sup>1,2</sup>, Sasim S.A.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, [afanasevaus@mail.ru](mailto:afanasevaus@mail.ru)

<sup>2</sup>A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Irkutsk, Russia

Abstract. The Kharanorsk and Torey depressions are located in Ononsky terrane and contain Late Jurassic - Early Cretaceous volcanic rocks. Volcanic rocks are mainly represented by trachybasalt to trachydacite. Volcanic rocks of the Kharanorsk depression are divided into lower and upper suites. Lower and upper suites have different geochemical signatures. The latter correlate with volcanic rocks of the Torey depression.

Key words: Mongolia-Okhotsk orogenic belt, Late Mesozoic, intraplate magmatism, igneous rocks geochemistry.

В составе Центрально-Азиатского складчатого пояса выделяется Агинская мезазона Монголо-Охотской складчато-надвиговой системы, ограниченная Онон-Туринским, Монголо-Охотским и Восточно-Агинским глубинными разломами. Она представлена коллажем различных по размерам террейнов, сложенных осадочными и вулканогенно-осадочными образованиями окраинных морей, формировавшихся на разных этапах и при различных геодинамических режимах [1].

Нами были изучены позднемезозойские вулканические породы, локализованные в пределах Торейской и Харанорской впадин. Торейская и Харанорская рифтогенные впадины входят в состав Ононского террейна, расположенного в юго-западной части Агинской мегазоны.

В стратиграфическом разрезе исследуемые вулканыты в составе Харанорской впадины с угловым несогласием залегают на раннедевонских метаосадочных породах чинданской свиты и раннекаменугольных вулканогеноосадочных образованиях уртуйской свиты. В строении вулканических пород с учетом [1] можно выделить две толщи, разделенные между собой осадочно-вулканогенными и терригенными породами. Нижняя толща представлена вулканытами основного-среднего состава, при подчиненном количестве кислых разностей. Верхняя толща представлена главным образом вулканытами среднего и основного состава, чередуемые прослоями кислых вулканытитов. В Торейской впадине изучаемые позднемезозойские вулканыты с несогласием залегают на средне-верхнедевонских метаосадочных породах чинданской и усть-борзинской свит. По сумме геологических данных возраст вулканытитов Харанорской впадины принят [1] раннемеловой возраст, а для вулканытитов Торейской впадины – позднеюрско-раннемеловой.

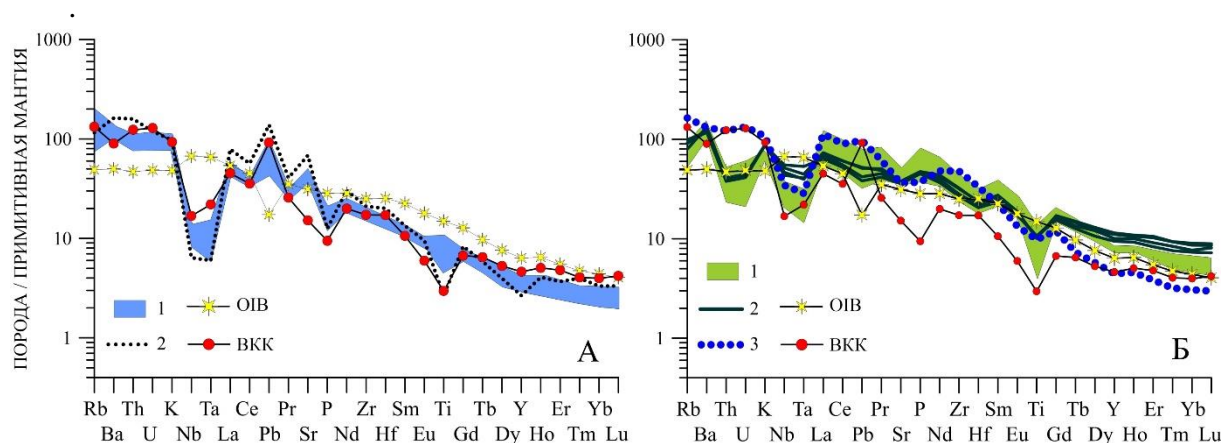
Согласно классификации TAS, вулканыты нижней толщи Харанорской впадины характеризуются эволюционным трендом составов пород от трахибазальтов к трахиандезитам и трахидацитам и принадлежат к умеренно-щелочной серии. Кроме того, выделяются отдельные составы кислых вулканытитов, соответствуя трахириодацитам, риолитам, низкощелочным риодацитам. Вулканыты Торейской впадины локализуются в умеренно-щелочном ряду и соответствуют непрерывному тренду от трахибазальтов до трахиандезитов. Величины  $K_2O/Na_2O$  в вулканытах Харанорской впадины варьируют в пределах 0,59-0,46, а в вулканытах Торейской впадины – 0,46-2,01.

По соотношению  $TiO_2-SiO_2$  вулканыты Харанорской впадины характеризуются двумя выраженными трендами – дискретным высокотитанистым, соответствуя вулканытам рифтогенных областей и низкотитанистым, обладая значениями, свойственным для вулканытитов островных дуг и активных континентальных окраин. Вулканыты Торейской впадины имеют высокотитанистый состав и близки к магматитам рифтогенных областей. Вулканические породы Торейской и Харанорской впадин имеют выраженную отрицательную корреляцию между содержаниями  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Fe_2O_{3общ}$ ,  $MnO$ ,  $P_2O_5$  и  $SiO_2$  и положительную корреляцию между  $K_2O$  и  $SiO_2$ . Обращает на себя внимание высокое содержание в них  $MgO$ , достигающее до 9,4 мас. % в трахибазальтах.

На рисунке 1А показан спектр распределения редких элементов вулканытитов нижней толщи Харанорской впадины, которые имеют выраженные минимумы высокотитанистых элементов (HFSE) таких как Nb, Ta, P и максимумы по свинцу, а также в целом характеризуются обогащением крупноионных литофильных элементов. Отдельные части спектра в первом приближении имеют сходство с верхней континентальной корой и отчасти с вулканытами океанических островов. С другой стороны, распределение редких элементов наиболее близко к магматитам, связанных с субдукционными обстановками (минимумы Nb, Ta, P, и максимумы Pb). Отметим, что позднемезозойский возраст исследуемых вулканытитов с учетом принятых геодинамических реконструкций для данной территории исключает возможность субдукции в данный этап. Подобное противоречие может быть снято, предполагая, что магматические источники, сформировавшие данные вулканыты, испытали метасоматическое обогащение водным флюидом, предшествующими

процессами субдукции, широко проявленных в прошлом в пределах рассматриваемой территории.

Сравнивая данные вулканиты с близковозрастными вулканитами шошонит-латитовой серией Александрово-Заводской впадины, локализованной восточнее в Аргунском террейне можно отметить, что спектры распределения вулканитов нижней толщи Харанорской впадины и шошонит-латитовой серии Александрово-Заводской впадины полностью совпадают (рисунок 1А).



**Рисунок 1.** – Диаграмма распределения редких элементов в вулканитах Харанорской и Торейской впадин. Рисунок А. Условные обозначения: 1 – вулканиты нижней толщи Харанорской впадины, 2 – вулканиты Александрово-Заводской впадины. Рисунок Б. Условные обозначения: 1 – вулканиты верхней толщи Харанорской впадины, 2 – вулканиты Торейской впадины. 3 – трахибазальт Александрово-Заводской впадины Состав ОИВ приведен по [2]; состав ВКК приведен по [3].

Вулканические породы Торейской впадины и верхней толщи Харанорской впадины схожи с распределением в базальтах океанических островов (ОИВ), отличаясь от последних в поведении некоторых крупноионных элементов (бариевым максимумом), отсутствием свинцового минимума и наличием небольших ниобий-танталовых минимумов (рисунок 1Б). Также можно заметить весьма хорошую сходимость в распределении редких элементов между вулканитами Торейской впадины и верхней толщи Харанорской впадины с магматитами Александрово-Заводской впадины.

Таким образом, в разрезе Харанорской впадины выделяется две толщи позднеюрско-раннемеловых вулканитов – нижнюю и верхнюю, схожих по многим петрохимическим характеристикам и отличным по содержанию  $TiO_2$  и геохимическим особенностям. Верхняя толща вулканитов Харанорской впадины по петрогеохимическим характеристикам идентична вулканитам Торейской впадины и уверенно сопоставляется с одновозрастными вулканитами трахибазальтовой серии Александрово-Заводской впадины. Нижняя толща вулканитов Харанорской впадины по геохимическим характеристикам весьма близка к шошонит-латитовой серии Александрово-Заводской впадины.

#### Литература:

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Лист М-50–Борзя. 2010 г.
2. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Magmatism in Ocean Basins*. Geol. Soc. London Spec. Publ. 1989. Vol. 42. P. 313-346.
3. Rudnick R.L. Composition of the continental crust. *Treasure on Geochemistry*. 2003. Vol. 3. P. 1–64.

## ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ИШИНСКОЙ ПЛОЩАДИ

*Андрющенко Д.С., Труфанов А.В.*

Институт наук о Земле, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

[stanislavovna.ms@mail.ru](mailto:stanislavovna.ms@mail.ru)

Аннотация. На основе полевых наблюдений и проведенного комплекса аналитических исследований, включающих минералого-петрографический, спектральный, вакуумно - декриптометрический и рентгеноспектральный анализ получены новые данные о вещественном составе и условиях формирования золото-медно-скарнового и золото - кварц-сульфидного оруденения, локализованного в пределах Ишинской площади (Горный Алтай).

Ключевые слова: Ишинская площадь, пропилит, апоскарновый метасоматит, метод вакуумной декриптометрии.

## COMPOSITION AND FORMATION CONDITIONS OF GOLD-BEARING MINERALIZATION OF THE ISHINSK AREA

*Andryushchenko D.S., Trufanov A.V.*

Institute for Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

[stanislavovna.ms@mail.ru](mailto:stanislavovna.ms@mail.ru)

Abstract. On the basis of field evidence and the conducted complex of analytical studies, including mineralogical-petrographic, spectral, vacuum-decriptometric and x-ray spectral analysis, new data were obtained on the composition and formation conditions of gold-copper-scarn and gold - silica - sulfide mineralization of the Ishinsk area (Gorny Altai).

Key words: Ishinsk area, propylite, aposkarn metasomatite, vacuum decrepitation method

Объект исследования расположен на территории Чойского района республики Алтай, в 10 километрах к северо-западу от золоторудного месторождения Синюхинское, которое входит в состав одноименного рудного узла. Предметом исследования послужили рудоносные породы Ишинской площади, приуроченные к экзоконтактовой зоне Югалинского гранитоидного массива.

В пределах рассматриваемой территории широко развиты дайки субщелочных пород среднего состава, с которыми парагенетически связано золотое оруденение. Вмещающие породы представлены терригенно-карбонатными и вулканогенно - карбонатными толщами среднего-верхнего кембрия. Субмеридиональные и субширотные разрывные нарушения, картируемые в виде зон трещиноватости и многочисленных надвигов, играют соответственно роль рудоподводящих и рудоконтролирующих структур и на большинстве золоторудных полей Горного Алтая маркируются дайками, так называемого, «пестрого» состава [1]. Рудные тела размещаются непосредственно в скарнах и, как правило, имеют сложную морфологию.

В процессе исследований нами был выполнен комплекс полевых наблюдений, проведено минералого-петрографическое изучение образцов горных пород и руд,

обобщены результаты полуколичественного спектрального и рентгеноспектрального микроанализа рудных минералов, а также выполнен комплекс термобарогеохимических исследований, включающий оптико-политермический и вакуумно-декриптометрический методы изучения флюидных включений в минералах по общепринятым методикам [2].

В результате было установлено, что практически все околорудные метасоматические изменения выражены в «площадной» биотитизации и актинолитизации, формировании автореакционных пироксен-гранатовых скарнов и апоскарновых кварц - полевошпатовых метасоматитов и пропилитов. Метасоматиты представлены линзовидно - пятнистыми и прожилковыми образованиями, сложенными кварцем, эпидотом и хлоритом с переменным количеством калиевого полевого шпата и новообразованного актинолита, что и обуславливает неравномерность и пестроту окраски этих пород.

Золотоносность пропилитов тесно связана с сульфидной минерализацией, представленной вкрапленностью пирита с примесью халькопирита, а также галенита, арсенопирита, пирротина и кобальтовых минералов. Важной типоморфной особенностью золотоносного пирита является достаточно высокое содержание в нем кобальта и никеля (в соотношениях 5:1). При этом единственной существенной примесью в самородном золоте является серебро.

Апоскарновые кварц-полевошпатовые метасоматиты с редкой вкрапленностью халькопирита отмечаются в виде маломощных линзовидно-прожилковых зон. Интенсивность вторичных преобразований, с которыми может быть связано золотое оруденение, здесь несколько ниже. Однако результаты анализов показывают существенное повышенные в скарнах концентрации меди и серебра.

Изучение вакуумных декриптограмм позволило установить определенную закономерность в проявленных эффектах газовыделений, выразившуюся в усложнении конфигурации кривых газовой выделении и повышении общего коэффициента флюидонасыщенности ( $F_{\text{общ}}$ ) по мере приближения к экзоконтактной зоне от 294,9 до 512,8 у.е. Так на типовых декриптограммах кварц-эпидот-хлоритовых метасоматитов, отобранных вдали от зоны контакта отмечаются два эффекта газовой выделении (в интервалах температур 40 – 100 °С и 200 – 440 °С). Причем основная доминанта приходится на низкотемпературный диапазон, характерный для гидротермальных газовой-жидких включений. Среди аналогичных пород, отобранных в непосредственной близости к экзоконтактной зоне, фиксируется три эффекта газовой выделении в диапазонах температур 40 – 120 °С, 180 – 440 °С и 580 – 740 °С. Доминирующим здесь является средне - температурный эффект с максимумом газовой выделении в районе 230 °С. Аналогичные трехмодальные кривые характерны и для апоскарновых кварц - полевошпатовых метасоматитов. Поскольку достоверно известно, что данные образцы содержат благородную минерализацию, представляется логичным предположить взаимосвязь между низко-, среднетемпературными эффектами газовой выделении и соответствующими термобарогеохимическими барьерами, обеспечивающими процессы формирования в пределах исследуемой территории золото-медно-скарнового и золото - кварц-сульфидного оруденения.

#### **Литература:**

1. Швецов А.Н., Федак С.И. Проект на проведение работ по объекту «Поисковые работы на золото в пределах Ишинской площади (Республика Алтай)». – Москва: Фонды ОАО «Росгеология». – 2015. – 252 с.
2. Труфанов В.Н. Прикладная термобарогеохимия [Текст] / В.Н. Труфанов [и др.]; под ред. Н.Г. Родзянко. - Ростов-на-Дону: РГУ, 1992. – 170 с.

## ИЗУЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ КЛАССИФИКАЦИЙ СВЯЗАННОЙ ВОДЫ В ГЛИНАХ

*Анюхина А.В.*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь,  
Россия  
[anuhina.com@gmail.com](mailto:anuhina.com@gmail.com)

Аннотация. Произведено изучение количественного состава связанной воды в каолинитовой и монтмориллонитовой глине на основе термогравиметрического метода. Создан авторский вариант классифицирования связанной воды в глинах на основе теоретических и полученных экспериментальных данных.

Ключевые слова: геология, каолинит, монтмориллонит, связанная вода.

## STUDY OF QUANTITATIVE COMPOSITION AND THEORETICAL CLASSIFICATIONS OF RELATED WATER IN GLINES

*Anukhina A.V.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Perm State University, Perm, Russia  
[anuhina.com@gmail.com](mailto:anuhina.com@gmail.com)

Abstract. The quantitative composition of bound water in kaolinite and montmorillonite clay is studied on the basis of the thermogravimetric method. An author's version of the classification of bound water in clays was created on the basis of theoretical and experimental data.

Key words: geology, kaolinite, montmorillonite, bound water.

**Введение.** В зависимости от внешних и внутренних воздействий в грунте в зоне разрушения протекают процессы микродеформирования между структурными отдельностями, формируется определенная морфология поверхности трещин, появляется песок трения, изменяется температура материала, которая приводит к изменению фазового состояния грунта [6]. В этих условиях содержание воды в глинах должно изменяться в зависимости от воздействия на грунт. Несмотря на это, информации по данному вопросу недостаточно.

В современной литературе существует большое количество классификаций видов связанной воды в грунтах. Изучением связанной воды в грунтах занимались многие ученые [3,4,5,6] разработавшие множество классификаций, которые они разрабатывали, основываясь на экспериментальных и теоретических данных, отсюда классификационная свобода, которая не позволяет более точно оценивать свойства глинистых грунтов [1].

Поэтому **целью данной работы** является изучить закономерности формирования связанной воды в глинах и разработать авторский вариант классифицирования связанных вод.

### Теоретический анализ проблемы классифицирования вод в глинистых грунтах.

Одной из первых основных наиболее детальных классификаций связанной воды является работа профессора А.Ф. Лебедева, по передвижению вод в почвах и грунтах, разработанная в конце 19 и начале 20 веков [4]. Его идеи получили огромное распространение и прочно вошли не только в почвоведение, но и во многие другие дисциплины — гидрогеологию, грунтоведение и т.д. Для грунтоведения, одним из важных этапов его работ, явилась классификация вод в грунтах. А.Ф. Лебедевым выделяются: 1.Кристаллизационная и химически связанная вода; 2.Гигроскопическая; 3.Пленочная; 4.Гравитационная.

В дальнейшем другие ученые, исследовавшие вопросы связанной воды в грунтах, для теоретической базы использовали именно эту классификацию. А также, привносили новые варианты выделения классов связанной воды, которые подтверждали на основе проведения ряда экспериментов и опираясь на теоретическую базу по данному вопросу [4.5]

Основой концепцией А.Ф. Лебедева является первостепенная роль в поведении почвенной влаги молекулярных сил (мы бы сказали теперь — адсорбционных и сорбционных). Другим силам — капиллярным, он отводит второстепенную роль.

### Экспериментальная часть и обсуждение результатов.

Для проведения экспериментов был использован прибор фирмы – NETZSCH STA 409 PC Luxx. Этот прибор позволяет проводить термогравиметрию (ТГ) и одновременно дифференциальный термический анализ (ДТА) [7].

Предварительная подготовка образцов глин (каолинит, монтмориллонит), для исследования на термогравиметрическом приборе осуществлялась по следующей методике: исходный глинистый грунт помещался в ступку и растирался песком. После чего грунт помещался в бумажный пакет и хранился при  $t=18^{\circ}\text{C}$  в эксикаторе с реагентом для выравнивания влажности. Затем проба грунта, массой около 0,05 г помещалась в корундовый тигль и помещался в прибор. Подача температуры в термогравиметрическом приборе производится равномерно и непрерывно со скоростью  $10^{\circ}\text{C}$  в минуту. На основании полученных данных мы получаем термогравиметрические графики изменения массы от температуры [2] (рис.1).

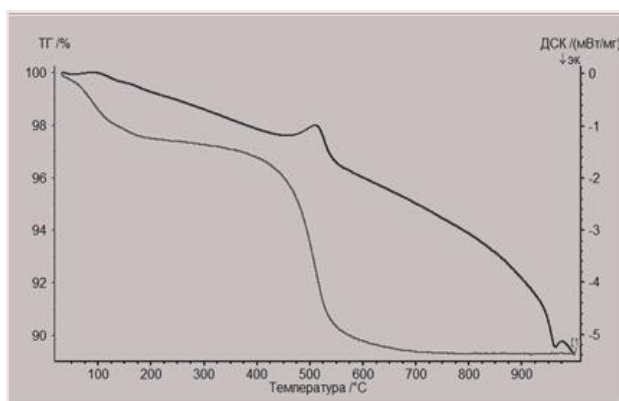


Рисунок 1 - График изменения массы каолинитовой глины (кривая ТГ – изменение массы воды в % (нижняя кривая), кривая ДСК – изменение температуры в °C (верхняя кривая)).

Особенности связанной воды, такие как понижение диэлектрической проницаемости, температуропроводность, наличие нерастворяющегося объема связанной воды и другие, придают горным породам, характерные специфические свойства. Также, на свойства



глинистых минералов влияет энергетический потенциал поверхности кристаллитов [1,2]. Энергетический потенциал увеличивается в сторону поверхности кристаллита.

После проведения серии опытов выяснилось, что в каолиновой глине наблюдается следующая закономерность – при нагревании образца первоначально теряется незначительное количество рыхлосвязанной воды, затем потери массы возрастают за счет прочносвязанной воды. После повышения температуры, потери воды поверхности кристаллитов резко уменьшаются до уровня потерь масс перекристаллизации минералов.

В монтмориллонитовой глине при нагревании первоначально теряется значительная масса рыхлосвязанной воды, затем наблюдается уменьшение масс прочносвязанной воды и поверхности кристаллитов, а также отмечается потеря массы перекристаллизации минералов [1].

Потеря масс связанных вод монтмориллонитовых глин превышает потерю масс каолиновых в среднем на 5%.

На основании вышеизложенного анализа и проведения экспериментальных исследований автором предложен вариант классифицирования связанной воды в глинах.

Сопоставляя полученный экспериментальный материал, а также данные [2] можно предположить, что в адсорбции глины участвуют поверхности различных структурных элементов глин. Так на уровне коллоида выделяются слои рыхлосвязанной (РВК) и прочносвязанной (ПВК) вод. Известно, что в строении коллоида принимают участие несколько сотен глинистых кристаллитов, имеющих размер менее 0,1-0,01 мкм. Поэтому на этом уровне выделяется вода поверхности кристаллитов (ВПК). В строении минералов также участвует вода, которая формирует воду кристаллической решетки минералов (ВГМ) [1].

### **Заключение**

1. Экспериментально установлено, что содержание рыхлосвязанной и прочносвязанной форм воды, а также гидроксильных групп и массы перекристаллизации минералов контролируется составом, строением и свойствами кристаллической решетки монтмориллонитовой и каолиновой глин.

2. Проведен теоретический анализ классифицирования связанных вод различных ученых, занимавшихся данным вопросом.

3. Разработан авторский вариант классифицирования связанных вод в глинистых грунтах. Связанную воду в глинах можно разделить по классам: рыхлосвязанная и прочносвязанная вода поверхности коллоидов, вода поверхности кристаллитов и кристаллической решетки.

### **Литература:**

1. Анюхина А.В. (2017): Классификация связанной воды в глинах основанная на теоретических и экспериментальных данных. Россия, Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Перм. ун-та <https://elis.psu.ru/ident/978-5-7944-3064-6>.
2. Анюхина А.В., Федоров М.В. Изменения содержания воды в глинах при высоких давлениях. Геология в развивающемся мире. 2017. Т.2. с. 76-77.
3. Злочевская Р.И. Связанная вода в глинистых грунтах. М.: Изд-во Москва. гос. ун-та. 1969. 175с.
4. Лебедев А.Ф. Почвенные и грунтовые воды. М.-Л.: Сельхозгиз, 1930. 278 с.
5. Осипов В.И., Солоколов В.Н. Глины и их свойства. М.:ГЕОС. 2013. 576 с.
6. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. В. В. Докучаева Россельхозакадемии. Москва. 2008. Т. 3. 664 с.
7. Хабас Т.А., Кулинич Е.А., Егорова Е.Ю. Термогравиметрический метод анализа силикатных материалов. Томск. Изд. ТПУ. 2007. 20 с.

**ТЕКТОНОТЕРМАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ КОМПЛЕКСАХ ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЫ КАРЕЛЬСКОГО КРАТОНА**

*Багдасарян Т.Э., Лубнина Н.В.*

Геологический факультет МГУ имени Ломоносова, Москва, Россия.

[tanya.bagdasaryan@yandex.ru](mailto:tanya.bagdasaryan@yandex.ru)

Аннотация. В работе изучаются метаморфические и метасоматические преобразования лудиковийских магматических комплексов Онежской структуры Карельского кратона. Устанавливаются особенности минерального состава, минеральные парагенезы и взаимоотношения различных этапов преобразований в шлифах. Для установления параметров преобразования проводится термодинамическое моделирование взаимодействия вода-порода в программе OptimA.

Ключевые слова: метаморфизм, метасоматоз, палеопротерозой, Карельский кратон, термодинамическое моделирование, Онежская структура.

**TECTONOTHERMAL TRANSFORMATIONS IN THE PALEOPROTEROZOIC COMPLEXES OF THE ONEGA STRUCTURE OF THE KARELIAN CRATON**

*Bagdasaryan T.E., Lubnina N.V.*

Geological faculty of MSU state university, Moscow, Russia.

[tanya.bagdasaryan@yandex.ru](mailto:tanya.bagdasaryan@yandex.ru)

Abstract. In this report, we consider the metamorphic and metasomatic transformations of the ludicovian magmatic complexes of the Onega structure of the Karelian craton. We establish the features of the mineral composition, mineral paragenesis and the relationship of the different stages of transformation in the sections and conduct thermodynamic modeling of the water-rock interaction in the OptimA program to determine the transformation parameters.

Key words: metamorphism, metasomatism, Paleoproterozoic, Karelian craton, thermodynamic modeling, Onega structure.

Онежская структура является сегментом Фенноскандинавского щита и расположена в юго-восточной части Карельского кратона. Она включает в себя территорию Онежского озера и прилегающую территорию. Онежская структура представляет собой мульду, формировавшуюся в палеопротерозое (2,5-1,7 млрд лет) и заполненную вулканогенными и осадочными отложениями с широким развитием интрузивных тел [1]. Многочисленными исследованиями установлено, что большинство докембрийских пород в пределах Онежской структуры подвержены метаморфическим и метасоматическим преобразованиям [1]. Они возникли в разных геодинамических обстановках и проявляются в один или несколько этапов, которые выделяются по различным соотношениям Р-Т условий и флюида [2, 3, 4]. Также в пределах Онежской структуры широко распространены

людиковийские магматические тела, которые были подвержены низкотемпературному преобразованию. Здесь будут рассмотрены преобразования людиковийских магматических комплексов на примере Койкарско-Святнаволоцкого силла. Целью является установление количества преобразований, их характеристика и типизация на породах Койкарско-Святнаволоцкого силла.

Койкарско-Святнаволоцкий силла расположен в западной части Онежской структуры [5], имеет субмеридиональное простирание. Залегают силлы в вулканитах, доломитах и терригенных породах среднего и верхнего ятулия [5]. Нами был изучен петрографический состав пород силла в шлифах и в результате установлено, что силла сложен габбро-долеритами, имеющими следующий средний минеральный состав: плагиоклаз (25%), клинопироксен (15%), хлорит (25%), актинолит (10%), биотит (5%), титаномагнетит (20%) (рис.1). Встречаются единичные зерна кварца и сфена. Установлено, что в межзерновом пространстве, между плагиоклазом и пироксеном, развивается хлорит и актинолит. Они имеют тонкие, удлиненные кристаллы. Так получается минеральный парагенез, характерный для зеленосланцевой фации метаморфизма (актинолит – эпидот - плагиоклаз). В породах также развиты коррозионные структуры, в малых количествах присутствует тальк и развита альбитизация, что может свидетельствовать о более поздних метасоматических изменениях. В результате микронзондовых исследований в породах было установлено наличие нескольких кальциевых амфиболов, а именно: железистая роговая обманка, актинолит, гастингсит и ферропаргасит. При этом как можно видеть (рис. 1D) актинолит развивается по самим кристаллам клинопироксена, а более поздний ферропаргасит развивается по периферии зерен плагиоклаза (рис. 1B) или более раннего актинолита (рис. 1D). В некоторых местах взаимоотношения актинолита и ферропаргасита (рис. 1A) и актинолита и гастингсита (рис. 1C) не совсем ясны.

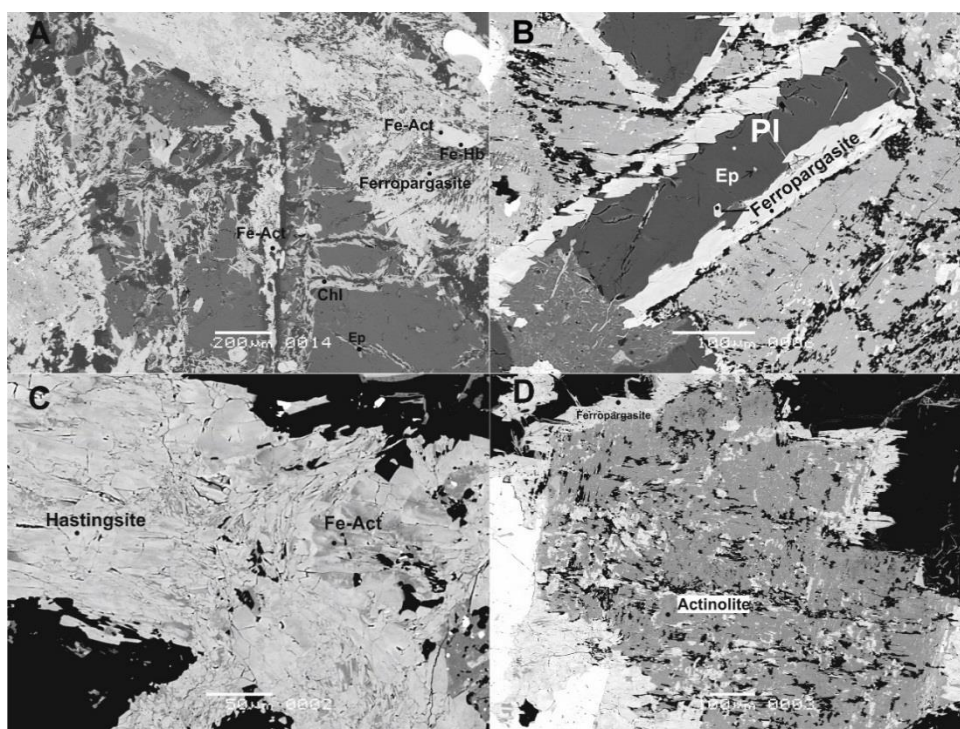


Рисунок 1 – Электронное микрофото габбро-долерита (Pl – лабрадор, Ep – эпидот, Chl – хлорит, Act – актинолит, Fe-Hb – железистая роговая обманка, Ferropargasite – ферропаргасит, Hastingsite – гастингсит).

Для установления параметров преобразования, а именно термодинамических условий, в работе проведено термодинамическое моделирование взаимодействия вода-порода. В модели используются следующие данные: усредненный химический состав Койкарско-Святнаволоцкого силла, взят из работы М.В. Малашина и др. [5], и средний химический состав морской воды. По результатам термодинамического моделирования установлено, что с заданным составом, схожие минеральные парагенезы могут образовываться в диапазоне температур от 250°C до 400°C.

В результате установлено, что породы преобразованы в два этапа. Первый этап соответствует зеленосланцевой фации метаморфизма, в результате чего по пироксену развился хлорит и актинолит. Второй этап представляет собой гидротермальные преобразования, которые протекали при взаимодействии метаморфизованных пород и флюида, в результате чего можно видеть наличие более позднего амфибола (ферропаргасита) по периферии зерен, тальк и коррозионные структуры.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 170501270*

#### **Литература:**

1. Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерагения) / З. Л. Афанасьева, А. М. Ахмедов, Е. С. Богомолов и др. Карельский научный центр РАН Петрозаводск, 2011. 431 с.
2. Engvik, A.K., Bingen B., Solli A. Localized occurrences of granulite: P–T modeling, U–Pb geochronology and distribution of early-Sveconorwegian high-grade metamorphism in Bamble, South Norway. *Lithos*, 240-243, 2016. pp. 84-103.
3. Larson, K.P., Gervais, F. and Kellett, D.A. A P–T–t–D discontinuity in east-central Nepal: Implications for the evolution of the Himalayan mid-crust. *Lithos*, 179. 2013. pp. 275-292.
4. Ding, H.X., Zhang, Z.M., Hu K., Dong, X., Xiang, H. P–T–t–D paths of the North Himalayan metamorphic rocks: implications for the Himalayan orogeny. *Tectonophysics*. Volume 683. 2016. pp. 393-404.
5. Малашин М.В., Голубев А.И., Иваников В.В., Филиппов Н.Б. Геохимия и Петрология мафических вулканических комплексов нижнего протерозоя Карелии. I. ятулийский трапповый комплекс. *Вестник СПбГУ. Науки о Земле*. 2003.

## ГЕОАКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В РУДНЫХ СКВАЖИНАХ

*Баженова Е.А.*

Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

[bazenova\\_jena@mail.ru](mailto:bazenova_jena@mail.ru)

Аннотация. В работе приведены некоторые результаты использования скважинных исследований сигналов геоакустической эмиссии и электромагнитного излучения на железорудном месторождении Южного Урала. Показаны возможности определения источников сигналов по параметрам электромагнитного излучения и геоакустической эмиссии.

Ключевые слова: рудные скважины, каротаж, электромагнитное излучение, геоакустическая эмиссия.

## GEOACOUSTIC EMISSION AND ELECTROMAGNETIC RADIATION IN ORE WELLS

*Bazhenova E.A.*

Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

[bazenova\\_jena@mail.ru](mailto:bazenova_jena@mail.ru)

Abstract. The paper presents some results of using of borehole studies of geoacoustic emission signals and electromagnetic radiation in the iron ore deposit of the Southern Urals. Are shown the possibilities of determining the sources of signals by the parameters of electromagnetic radiation and geoacoustic emission.

Key words: ore wells, logging, electromagnetic radiation, geoacoustic emission.

В настоящее время для изучения современных геодинамических процессов, происходящих в земной коре, наибольшей популярностью у исследователей пользуются такие параметры геологической среды как электромагнитное излучение (ЭМИ) и геоакустическая эмиссия (ГАЭ). Запись сигналов ГАЭ и ЭМИ проводят на дневной поверхности, в шахтах, штольнях, скважинах и т.д.

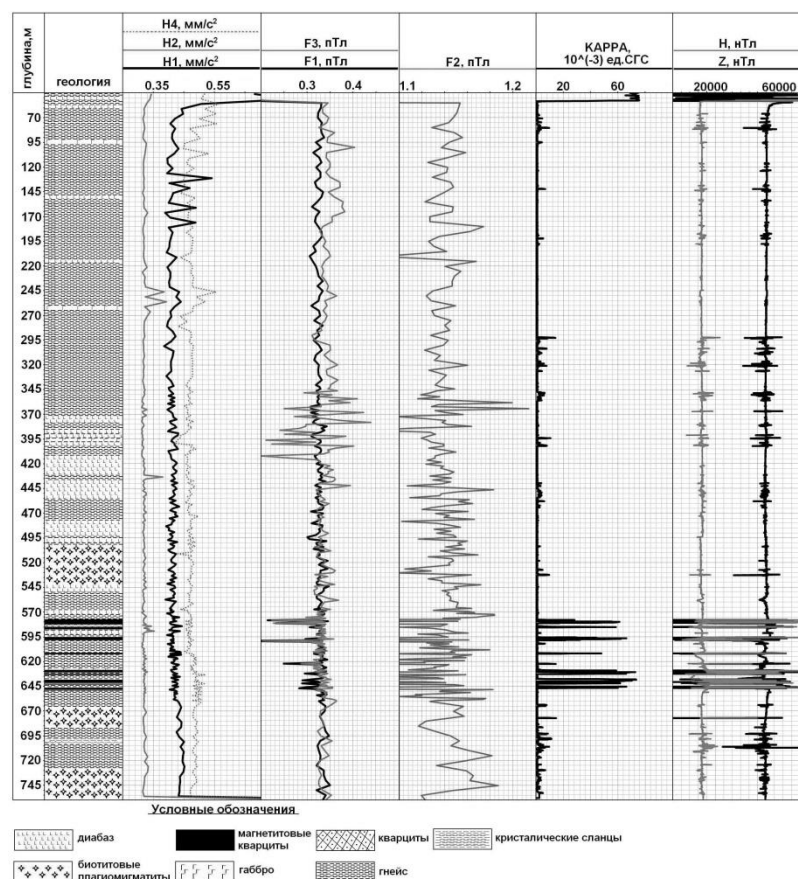
При проведении натурных измерений, для получения качественного материала необходимо учитывать большое количество различного рода помех, влияющих на полученные результаты. Особенно это важно при проведении наземных исследований электромагнитного излучения и геоакустической эмиссии. Исследование вариаций сигналов ГАЭ и ЭМИ на глубинах от 50 м и более (скважинные измерения) позволяют избавиться от влияния разного рода внешних помех и раскрывают широкие возможности для обнаружения и изучения деформационных процессов, воздействующих на геосреду [1,2]. Поэтому проведение экспериментальных исследований в скважинах является одним из эффективных методов. К тому же результаты скважинных исследований позволяют

оценивать характеристики горных пород в их естественном залегании в условиях высоких литостатических давлений и температур, выявлять зоны трещиноватости и тектонической нарушенности в околоскважинном пространстве [3,4,5], а также процессы флюидодинамики [6].

Для проведения скважинных исследований применялся программно-аппаратурный комплекс МЭШ-42, предназначенный для одновременной регистрации сигналов ГАЭ (параметры Н1 – 100-500 Гц, Н2 – 500-5000 Гц и Н4 – 2500-5000 Гц) и ЭМИ (параметры F1 – 45 кГц, F2 – 80 кГц, F3 – 120 кГц) в различных частотных диапазонах [7].

Так, например, в одной из скважин Северо-Тараташского участка (Южный Урал), работы выполнялись с целью выделения зон трещиноватости горных пород. На рисунке 1 представлены результаты комплексного каротажа геоакустической эмиссии и электромагнитного излучения. Напряженность геомагнитного поля и магнитная восприимчивость горных пород приводятся для литологического расчленения разреза скважины. По результатам каротажа было установлено, что аномалии сигналов ГАЭ в верхней части скважины до глубины 270 метров обусловлены процессами трещинообразования в гнейсах. Нижняя часть разреза скважины по параметрам ГАЭ отмечается слабоамплитудными локальными аномалиями, обусловленными множественными контактами пород с различными физико-механическими свойствами. По параметрам ЭМИ на частоте 120 кГц (F3) выделяется мощная аномалия в интервале глубин 340-430 м приуроченная к разрывному тектоническому нарушению [4]. Аномалии сигналов ЭМИ на частотах 45 (F1) и 120 (F3) кГц с глубины 570 м связаны с контактными зонами руда-вмещающая порода, тогда как параметр F2 (80 кГц) отмечает рудные интервалы [8], что хорошо коррелируется с результатами трехкомпонентной скважинной магнитометрии [9]. Так по капше (магнитная восприимчивость) и параметрам Z и H (вертикальная и горизонтальная составляющие магнитного поля) отмечаются пласты магнетитовых кварцитов.

Таким образом, применение скважинных исследований геодинамической обстановки геологической среды посредством записей сигналов геоакустической эмиссии и электромагнитного излучения позволяют не только выделять участки трещиноватости и зоны контактов пород с различными физико-механическими свойствами, но и выделять геодинамически активные разрывные тектонические нарушения в околоскважинном пространстве в комплексе со скважинной магнитометрией.



**Рисунок 1 – результаты исследований сигналов ГАЭ и ЭМИ в одной из скважин Северо-Тараташского участка (Южный Урал).**

#### Литература:

1. Троянов А.К., Мартышко П.С., Дьяконов Б.П., Астраханцев Ю.Г., Начапкин Н.И., Кусонский О.А., Баженова Е.А. Отражение собственных колебаний Земли на спектрах сейсмоакустической эмиссии в Уральской сверхглубокой скважине. ДАН. 2014. Т. 455. №6. С. 703-706.
2. Троянов А.К., Мартышко П.С., Дьяконов Б.П., Астраханцев Ю.Г., Начапкин Н.И., Белоглазова Н.А., Баженова Е.А., Вдовин А.Г. Лунно-солнечные приливные деформационные процессы и сейсмоакустическая эмиссия в объеме геосреды. ДАН. 2011. Т. 439. №1. С. 110-113.
3. Троянов А.К., Дьяконов Б.П., Мартышко П.С., Астраханцев Ю.Г., Начапкин Н.И., Гаврилов В.А., Белоглазова Н.А. Сейсмоакустическая эмиссия и электромагнитное излучение трещиноватых пород в скважинах. ДАН. 2011. Т. 436. №1. С. 118-120.
4. Баженова Е.А. Результаты комплексных исследований в скважинах Северо-Тараташского участка. Уральский геофизический вестник. №1(29). 2017. С. 4-10.
5. Троянов А.К., Мартышко П.С., Юрков А.К., Дьяконов Б.П., Астраханцев Ю.Г., Начапкин Н.И., Козлова И.А., Баженова Е.А., Вдовин А.Г. выделение проницаемых зон по скважинным наблюдениям сейсмоакустической эмиссии и концентрации гелия. ДАН. 2012. Т. 445. №2. С. 210-213.
6. Троянов А.К., Иголкина Г.В., Астраханцев Ю.Г., Баженова Е.А. Геоакустический каротаж для контроля при разработке газовых месторождений // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2012. №2. С. 53-58.
7. Астраханцев Ю.Г., Белоглазова Н.А., Баженова Е.А., Вдовин А.Г., Троянов А.К. Аппаратурно-программный комплекс для скважинных исследований напряженно-деформированного состояния среды. НТВ Каротажник. 2014. №5 (239). С. 39-51.
8. Вдовин А.Г. Применение каротажа естественного электромагнитного излучения на Северо-Тараташском железорудном месторождении (Южный Урал). XVII Уральская молод. науч. школа по геофизике: сб. науч. материалов. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН. 2016. С. 34-36.
9. Астраханцев Ю.Г., Белоглазова Н.А. Комплексная аппаратура для исследования магнитного поля в рудных, нефтегазовых и параметрических скважинах. Уральский геофизический вестник. 2016. № 2(28). С. 7-13.

## ИЗУЧЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ КАМЕННОГО ГЛЕТЧЕРА ХРЕБТА ЧЕРСКОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ

*Бажин К.И., Лыткин В.М.*

Институт мерзлотоведения им П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия

[kbazhin@gmail.com](mailto:kbazhin@gmail.com)

Аннотация. Приведены результаты использования метода электротомографии (ЭТ) для изучения внутреннего строения одного из каменных глетчеров, расположенных на хребте Черского. Полученные результаты указывают на трехслойное строение каменного глетчера и наличие ледяного ядра, выделяющегося по высоким (более 100 000 Ом\*м) значениям удельного сопротивления.

Ключевые слова: каменный глетчер, электротомография, лед, хребет Черского, мерзлота

## THE STUDY OF ROCK-GLACIERS OF THE CHERSKY RANGE USING ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY

*Bazhin K.I., Litkin V.M.*

Melnikov Permafrost Institute, Yakutsk, Russia, [kbazhin@gmail.com](mailto:kbazhin@gmail.com)

Abstract. The results of using the method of electrical resistivity tomography (ERT) to study the internal structure of one of the rock glacier located on the Chersky ridge are presented. The results indicate a three-layer structure of the stone glacier and the presence of an ice core, released by high ( $> 100\,000\ \text{Ohm}\cdot\text{m}$ ) values of resistivity.

Key words: rock glacier, electrical resistivity tomography, ice, Chersky ridge, permafrost

Под каменными глетчерами понимаются стратифицированные (слоистые), сцементированные конжеляционным льдом грубообломочные образования, имеющие вид языков, лопастей и террасовидных шлейфов со слабонаклонной поверхностью и крутым фронтальным уступом, способные к монолитному пластическому течению путём деформации содержащегося в них льда [1]. Они широко распространены в горных областях Европы, Северной и Южной Америки, Азии. Закономерности строения, генезиса и географии каменных глетчеров в ряде горных районов России рассмотрены в работах ряда авторов [2]. Вместе с тем многие горные районы России, особенно её северо-восток, продолжают оставаться «белыми пятнами», несмотря на то, что их морфоклиматические условия благоприятны для формирования каменных глетчеров [1, 2, 3].

Целесообразность изучения каменных глетчеров обусловлена тем, что они формируются из каровых и долинных ледников и являются одним из вариантов их деградации [2]. В отличие от ледников каменные глетчеры лишь опосредованно связаны со снеговой границей и встречаются на более низких уровнях. Они содержат большое количество разнообразных типов льда, включая ядра ископаемых метаморфических льдов, унаследованные от ледников. Каменные глетчеры являются наиболее льдистыми и крайне



динамичными образованиями горной криолитозоны, поэтому их учет важен при проектировании инженерных сооружений в горных районах [1, 2]. Кроме того, каменные глетчеры вместе с ледниками оказывают значительное влияние на формирование водного стока и гидрологического режима в высокогорных районах.

Один из главных вопросов исследования каменных глетчеров - изучение внутреннего строения. В последние годы для решения этого вопроса активно применяются геофизические методы. Среди основных, используется метод ЭТ и георадиолокации [4, 5]. В нашей работе мы применили метод ЭТ.

Ключевой участок исследования расположен на Буордахском массиве (хребет Черского) в среднем течении реки Кюрэтэр, в 9 км от горы Победа (3003 м), представляет собой полилопастной каменный глетчер. Он расположен в левом борту северо-восточной экспозиции в интервале высот 1270-1310 м н.у.м. Образован из пяти слившихся лопастей длиной от 150 до 250 м., каждая из которых питается из 1-2-х осыпных конусов. Общая ширина каменного глетчера достигает – 1200 метров, а максимальная мощность – 50 м. Крутизна фронтального откоса достигает 40-45°. Бровка и подошва фронтального откоса – извилистые, что связано с различной активностью и неодинаковыми скоростями движения отдельных лопастей этого глетчера. Данный глетчер сложен угловатым щебнем и крупными глыбами липаритовых порфиров, лавобрекчий, туффов, песчаников, алевролитов, глинистых сланцев, диабазов и гравелитов, а также поздне-ранне-меловыми субвулканическими образованиями, представленными липаритовыми порфирами, гранитами и гранит-порфирами [6]. Поверхность слабо наклонена в сторону тальвега р. Кюрэтэр, имеет бугристо-ямчатый микрорельеф и разбита множеством разнонаправленных глубоких трещин, в которые погружаются глыбы и щебень. Также на поверхности глетчера имеются термокарстовые понижения, дно которых сложено тонкодисперсными (глинистыми) породами. Это свидетельствует об образовании озера на поверхности глетчера в период больших дождей или весеннего снеготаяния и его усыханием в засушливый период.

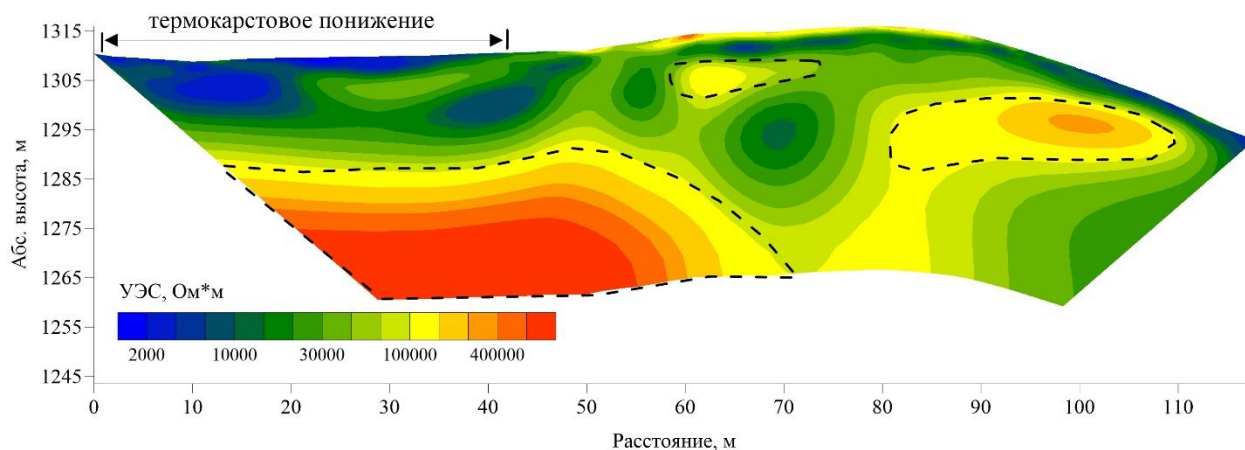
Объект исследований расположен в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП). Мощность ММП на водораздельных хребтах превышает 500 м. Среднегодовая температура ММП на высоте до 1300 м минус 4 –8 °С. Климат района субарктический со среднегодовой температурой минус 15°С [7].

В период полевых исследований на ключевом участке были выполнены пять профилей на двух лопастях. Для работы использовалась многоканальная многоэлектродная электроразведочная станция «СКАЛА-64» [8]. Все профили были пройдены с шагом между электродами 2 м. Для измерений использовалась прямая и встречная 3-х электродная установка Шлюмберже с максимальным разносом АО-110 м. Переходные сопротивления заземления электродов были в пределах 10-70 КОм. Полученные нами данные обрабатывались в программе двумерной инверсии ZondRes2d.

При интерпретации разрезов нами было принято, что каменный глетчер имеет трехслойное строение с локальными неоднородностями. Такую модель мы использовали исходя из описаний, сделанных другими авторами при изучении аналогичных объектов [1-5]. Верхний слой представлен крупнообломочным материалом без заполнителя (за исключением верхних 10 см) мощностью 2-3 м, нижележащий слой представлен крупнообломочным материалом с заполнителем, третий слой представлен породами, сцементированными льдом, либо чистым льдом.

На рисунке 1 приведен геоэлектрический разрез первой лопасти каменного глетчера. Профиль пройден вдоль тела каменного глетчера, от тылового шва до бровки. Профиль пересек термокарстовое понижение, образовавшееся на поверхности глетчера, около его

тылового склонового шва. При интерпретации нами было принято, что породы с удельным сопротивлением более  $100\ 000\ \text{Ом}\cdot\text{м}$  являются льдом либо каменно-ледяной смесью [9]. На профиле выделилось три зоны, вероятно содержащие лед. Первая на высотах 1255-1285 м. на расстоянии 20-70 м от начал профиля, вторая на 1295-1305 м и на расстоянии 60-80 м и третья область в конце профиля на высотах 1280-1300 м.



**Рисунок 1 – Геоэлектрический разрез по профилю через каменный глетчер. Пунктиром показаны предполагаемые границы каменно - ледяных ядер.**

Как и другим исследователям, использовавшим метод ЭТ, нам не удалось получить информацию о нижней границе каменного глетчера в связи с экранирующим влиянием ледяного ядра. Полученные нами результаты не противоречат ранее имеющимся представлениям о строении каменных глетчеров. Наша работа является первым опытом изучения каменных глетчеров с использованием метода ЭТ в горной системе Черского и в зоне распространения низкотемпературной криолитозоны.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00402 мол\_а, и НОФМУ в рамках проекта №:17-2-009477 «Научно-Образовательный фонд как инструмент молодых ученых для повышения профессиональной компетенции и популяризации науки», 20171201006-3»*

#### **Литература:**

1. Галанин А.А. Каменные глетчеры: вопросы терминологии и классификации. Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2010. № 4. С. 2–11.
2. Горбунов А.П., Горбунова И.А. География каменных глетчеров мира. Москва. Товарищество научных изданий КМК. 2010. 131 с.
3. Лыткин В.М., Галанин А.А. Каменные глетчеры хребта Сунтар-Хаята. Лед и снег. 2016. Т. 56. № 4. С. 511-524.
4. Галанин А.А., Оленченко В.В., Христофоров И.И., Северский Э.В., Галанина А.А. Высокодинамичные каменные глетчеры Тань-Шаня. Криосфера Земли. 2017. Т. 21. № 4. С. 58-74.
5. Дьякова Г.С., Оленченко В.В., Останин О.В. Применение метода электротомографии для изучения внутреннего строения каменных глетчеров Алтая. Лед и снег. 2017. Т. 57. №1. С. 69-76.
6. Государственная геологическая карта Российской федерации. Масштаб 1:200 000. Лист Q-55-27. 1983 г.
7. Шейкман И.С., Некрасов И.А. Выявление зональных и региональных особенностей географического распределения многолетнемерзлых пород. Ледники и ледниковые наледи горной системы Черского. Институт мерзлотоведения. Якутск. 1977. 208 с.
8. Балков Е.В., Панин Г.Л., Манштейн Ю.А., Манштейн А.К., Белобородов В.А. Электротомография: аппаратура, методика и опыт применения. Геофизика. 2012. №6 С. 54-63.
9. Фролов А.Д. Электрические и упругие свойства мерзлых пород и льдов. Пушино: изд. ОНТИ ПНЦ РАН, 1998. 515 с.

**ВТОРИЧНЫЕ СУЛЬФАТЫ ПЕЩЕРЫ ХУРГАНСКАЯ (ЗАПАДНОЕ  
ПРИБАЙКАЛЬЕ)***Базарова Е.П.*Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия, [bazarova@crust.irk.ru](mailto:bazarova@crust.irk.ru)

Аннотация. В работе приводятся новые данные о минералогии пещеры Хурганской в Западном Прибайкалье. В настоящее время карстовая полость находится в стадии разрушения. Вторичные минералы представлены гипсом и ярозитом. Отложению ярозита способствовал сухой микроклимат пещеры.

Ключевые слова: Пещера, вторичные минералы, ярозит, Западное Прибайкалье

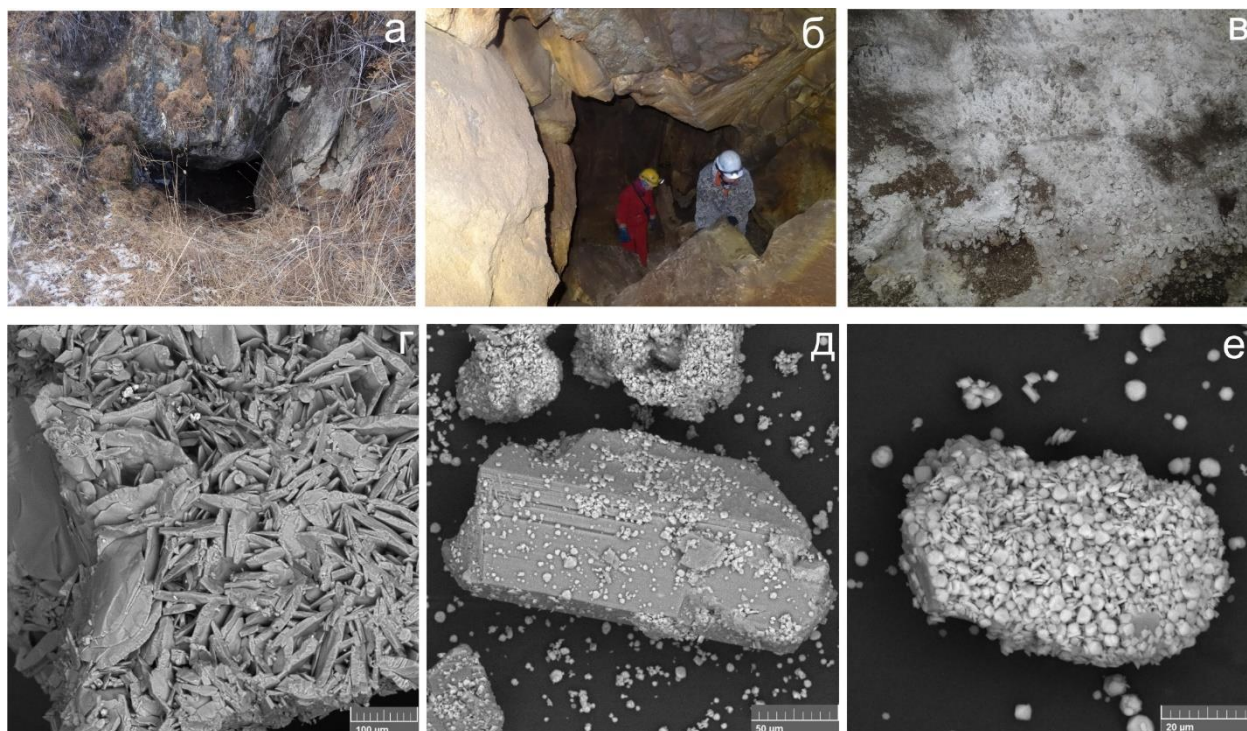
**SECONDARY SULPHATES KHURGANSKAYA CAVE (WESTERN PRIBAIKALIE)***Bazarova E.P.*Institute of the Earth Crust SB RAS, Irkutsk, Russia, [bazarova@crust.irk.ru](mailto:bazarova@crust.irk.ru)

Abstract. This abstract presents new data about secondary minerals of the Khurganskaya cave in the Western Baikal region. Now this karst cavity is in the stage of destruction. Secondary minerals are composed of gypsum and jarosite. The dry microclimate of the cave contributed to the deposition of jarosite.

Key words: Cave, secondary minerals, jarosite, Western Pribaikalie

Хурганская пещера находится в Тажеранской степи Западного Прибайкалья, недалеко от пос. Черноруд, в долине р. Кучелга. Первым упоминанием в литературе об этом объекте следует, вероятно, считать упоминание в книге П.П. Хороших [4] как «пещеры в пади Хурган». В разные годы в п. Хурганской проводились археологические исследования, были найдены кости байкальской нерпы, зубы марала и резцы бобра [2].

Вход в пещеру представлен воронкой на склоне горы (рис. 1 а) под скальным выступом. Пещера имеет протяженность 184 м при амплитуде 24 м и является системой частично перекрытых обвалами ходов и небольших гротов. Ранее в самой нижней части (гроте Удачном) находилось озеро, но при посещении пещеры осенью 2017 г. наблюдался только слабый капез со стены хода выше данного грота. Было сухим также и русло р. Кучелга. По-видимому, исчезновение озера связано с общим понижением уровня подземных вод в этом районе. Пещера заложена в графитовых мраморах верхнего архея – нижнего протерозоя.



**Рисунок 1 – а. входная воронка на склоне; б. пещерный ход, на полу видны глыбы обвальных отложений; в. мелкие кораллиты на стене хода; г. гипсовые обрастания со стен пещеры; д. кристалл гипса, частично обросший мелкими кристаллами ярозита, вокруг видна россыпь кристаллов ярозита; е. кристалл гипса, полностью покрытый ярозитом.**

Из вторичных образований в Хурганской наиболее распространены обвальные отложения, сложенные упавшими с потолка глыбами вмещающих пород (рис. 1 б). Также встречаются скопления рыхлых образований смешанного остаточного и водно-механического генезиса. В привходовой части наблюдались органические отложения - остатки насекомых, съеденных летучими мышами. Водные хемогенные образования представлены кораллитами размером до 1.5 см (рис. 1 в), мелкими кристаллическими обрастаниями на стенах и охристыми высыпками площадью около 0.5 м<sup>2</sup> и мощностью около 1 мм на стенах и обвалившихся блоках вмещающих пород.

Определение минерального состава образцов проводилось на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 LMN с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 350/X-max 20 в Горном институте УрО РАН в г. Пермь аналитиком О.В. Коротченковой.

Мелкокристаллические обрастания на стенах сложены гипсом  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (рис. 1 г), в составе охристых отложений были выделены гипс и ярозит  $\text{KFe}^{3+}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ . Ярозит образует обрастания на гипсовых кристаллах (рис. 1 д), в отдельных случаях покрывая их целиком (рис. 1 е). Судя по нарастанию кристаллов ярозита на гипсовые кристаллы, можно предположить, что первыми формировались кристаллы гипса, а ярозит отлагался уже после них.

Ярозит является весьма распространенным минералом, характерным для зон окисления железосульфидных месторождений [3], преимущественно в условиях сухого полупустынного климата. В условиях подземных полостей нами ранее данный минерал был обнаружен в составе рыхлых отложений в пещере-руднике Кан-и-Гут, отличающейся сухим микроклиматом и в сухой части п. Новоафонская [1]. В п. Кан-и-Гут [5] ярозит является маркером сухих периодов в истории пещеры, когда серная кислота, образовавшаяся при окислении пирита, накапливалась в форме гидратированных

сульфатов. Присутствие этого вторичного минерала в п. Хурганской указывает на вероятное присутствие сульфидов (пирита) в составе вмещающих пород, которые еще слабо изучены.

Хурганская является древней карстовой полостью и, судя по большому количеству обломочного материала и практически полному отсутствию воды в пещере, в нынешнее время находится в стадии разрушения. По-видимому, ярозит является недавно образованным минералом, так как ранее микроклимат пещеры был более влажным, чем сейчас.

Автор благодарит О.В. Коротченкову за проделанные анализы и Э.А. Силушкину за помощь в сборе образцов и предоставленные фотографии.

#### **Литература:**

1. Базарова Е.П., Мазина С.Е. Новые данные о вторичных отложениях Новоафонской пещерной системы (Западный Кавказ). Минералогия техногенеза–2014. Миасс: Имин УрО РАН, 2014. С. 130 – 139.
2. Беляк В.И., Хороших П.П. Материалы по биоспелеологии Южной Сибири. Пещеры. Вып. 12-13. Пермь-1972. С. 157-169
3. Бетехтин А.Г. Минералогия. Москва. Госгеолгиздат. 1950. 956 с.
4. Хороших П.П. По пещерам Прибайкалья. Иркутск. Иркутское книжное издательство. 1955. 72 с.
5. Filippov A., Bazarova E. (2017): Ore generated sulfuric acid karst: a case study of Kan-i-Gut cave, Kyrgyzstan in Man and karst 2017. International scientific meeting June 26-29, Zadar, Croatia. P. 20.

## МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ СВОДНЫХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПО РАЗНОРОДНЫМ ДАННЫМ

*Башев И.А., Черных А.А., Корнева М.С.*

Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов  
Мирового океана имени академика И.С. Грамберга, Санкт-Петербург, Россия  
[Ignat\\_Bashev@mail.ru](mailto:Ignat_Bashev@mail.ru)

Аннотация. Предложена методика создания сводных цифровых моделей геопотенциальных полей. Систематизированы типы доступной к обработке разнородной геофизической информации, используемой при создании сводных моделей для различных площадей суши и акватории РФ. Разработана методика внутренней и внешней увязки разнородных материалов, с использованием технологии «Микролевелинг-М», отмечены её преимущества.

Ключевые слова: Цифровые модели, Микролевелинг-М, увязка данных, гравитационное поле, магнитное поле.

## TECHNIQUE OF CREATING CONSOLIDATED DIGITAL MODELS OF POTENTIAL GEOPHYSICAL FIELDS BY DIFFERENT TYPES DATA

*Bashev I.A., Chernykh A.A., Korneva M.S.*

The All-Russia Scientific Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World  
Ocean named after academician I.S. Gramberg, Saint-Petersburg, Russia, [Ignat\\_Bashev@mail.ru](mailto:Ignat_Bashev@mail.ru)

Abstract. A technique for creating consolidated digital models of geopotential fields was proposed. The types of geophysical information used for processing consolidated models for different terrain areas and aquatory of the Russian Federation was systematized. A methodology for internal and external levelling of different types materials was developed, using the technology of "Microleveling-M", its advantages were noted.

Key words: Digital models, Microlevelling-M, levelling, gravity field, magnetic field

Сводная цифровая модель (ЦМ) геопотенциальных полей представляет собой корректно увязанный набор данных разных геофизических съёмок, интерполированный в единую регулярную сеть данных. Сводные ЦМ создаются с целью объединения всей накопленной геофизической информации в исследуемых регионах для последующего комплексного анализа и интерпретации. В результате систематизации накопленного за период с 1990-х гг. и поныне опыта, была разработана методика создания сводных ЦМ геопотенциальных полей на основе разнородной геофизической информации, доступной по аномальным магнитному и гравитационному полям. Методика включает рекомендации, охватывающие весь процесс создания моделей – от оцифровки и векторизации аналоговых материалов, создания баз цифровых данных, внутренней увязки отдельных наборов данных

и т.д., до объединения результатов обработки отдельных наборов данных в сводную цифровую модель.

При создании сводных моделей используются преимущественно материалы площадных геофизических съемок. Они могут быть доступны как в аналоговой форме (в виде бумажных карт точечных значений, графиков или изолиний), так и в цифровой (базы цифровых точечных и маршрутных данных, цифровые модели). В общем случае, материалы, доступные на изучаемой площади могут быть получены с использованием разных методов полевых наблюдений (наземные, морские, аэрооблеты), а также иметь существенно разные плотность наблюдений и точностные характеристики.

На первом этапе работ, все аналоговые карты оцифровываются и при помощи специального программного обеспечения векторизуются. По каждой отдельной съёмке создаётся база данных, для материалов маршрутных площадных съёмок, при необходимости, проводится *внутренняя увязка* (доувязка) данных.

Следующие два этапа обработки непосредственно нацелены на решение задачи создания сводной цифровой модели геопотенциального поля и, по сути, реализуют *внешнюю увязку* разнородной информации.

Вначале выполняется индивидуальная обработка разных по типу наборов цифровых данных – точечных, маршрутных, изолиний и изначально доступных цифровых моделей. Для каждого типа данных разработаны рекомендуемые графы обработки, в результате выполнения которых создаются цифровые модели по отдельным наборам данных – приведенные к единой высоте наблюдения и выбранному уровню относимости. Среди ряда рекомендуемых операций этого подэтапа, важное место занимает разработанная авторами технология увязки маршрутных данных, получившая название «Микролевелинг-М» [1]. Эта технология позволяет при увязке данных сохранять тонкую структуру геофизических полей и может быть реализована, что немаловажно, в распространенном ПО от разных компаний (например, Geosoft, Golden Software) (Рисунок 1).

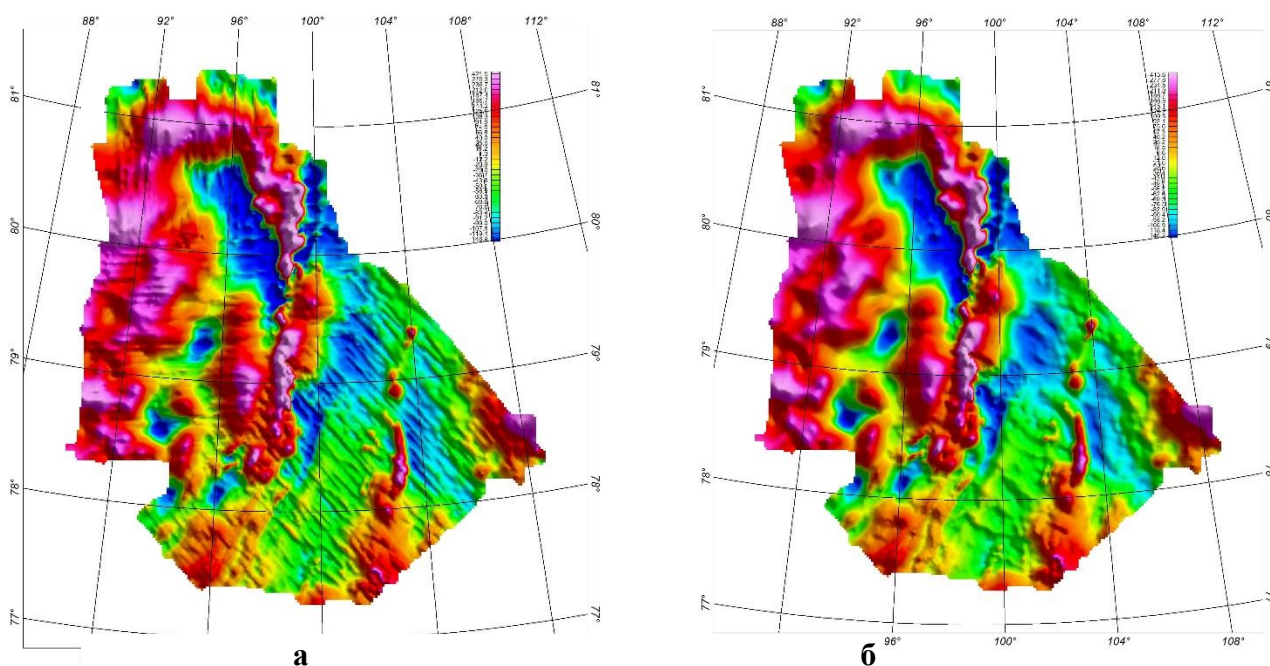


Рисунок 1 – Пример проведения увязки аэромагнитных данных по технологии «Микролевелинг».

а – ЦМ по исходным данным; б – ЦМ по увязанным данным.

На завершающем подэтапе осуществляется объединение цифровых моделей, рассчитанных по разным типам и наборов данных. Вначале определяется приоритетность каждой из моделей исходя из характеристик данных положенных в ее основу, а затем – разрабатывает последовательность объединения всех моделей. В результате формируется сводная цифровая модель геопотенциального поля исследуемой площади. В заключении выполняется контроль уровня относимости созданной модели.

**Литература:**

1. Черных А.А., Глебовский В.Ю., Корнева М.С., Егорова А.В. «Микролевелинг» – современная технология увязки маршрутных данных площадных геофизических съемок. Геофизика. 2015. №4. С. 40-46.



**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ЮГА КАМЧАТСКОГО КРАЯ***Безоян А.Н.*

Саратовский национальный исследовательский государственный университет им Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия  
[bezoyan.agvan@mail.ru](mailto:bezoyan.agvan@mail.ru)

Аннотация. Исследованы перспективные отношения между различными типами природопользования на юге Камчатского края (в пределах четырёх районов). Выявлены вероятные конкурентные отношения, которые в последствии могут вызвать конфликтные ситуации.

Ключевые слова: природопользование на юге Камчатки, зоны конфликтов, перспективы Камчатского края.

**PERSPECTIVES OF NATURE USE OF THE SOUTH OF KAMCHATKA KRAI***Bezoyan A.N.*

Saratov State University, Saratov, Russia, [bezoyan.agvan@mail.ru](mailto:bezoyan.agvan@mail.ru)

Absrtact. Prospective relationships between different types of nature use in the south of the Kamchatka Krai (within four districts) have been explored. Identified probable competitive relations, which can subsequently cause conflict situations. Identified probable competitive relations, which can subsequently cause conflict situations.

Key words: nature use in the south of the Kamchatka, conflict zones, prospects of the Kamchatka Krai.

Северо-восточные районы России до сих пор либо в принципе не освоены, либо осваиваются экстенсивно. Их большей части свойственен доиндустриальный уровень развития с точечными вкраплениями технологий 3 и 4 технологических укладов, как правило, в местах добычи полезных ископаемых [1]. Однако даже на территории крайне низкой плотности природопользования возможны наложения его различных типов.

В общем виде, в пределах определённого региона типы природопользования могут образовывать следующие сочетания:

- 1) безальтернативные сочетания: один тип природопользования исключает другой;
- 2) конкурентные сочетания;
- 3) нейтральные;
- 4) взаимовыгодные [2].

Как правило, большая часть отношений относится к первым двум группам. Поэтому при анализе перспектив природопользования следует выявлять конкурентные сочетания разных типов природопользования. Наложение ареалов потенциальной антропогенной деятельности того или иного типа позволяет выделить зоны конфликтов.

Для Камчатского края данное направление исследования актуально вследствие сочетания здесь многообразных ресурсов, особенно на юге края. Можно выделить ряд перспективных направлений развития экономики края: 1) модернизация энергетики с ориентацией на местные ресурсы (геотермальная энергия), 2) развитие горнодобывающей промышленности, 3) модернизация рыбохозяйственного сектора, 4) развитие туристического комплекса.

К южным районам Камчатского края мы относим: Мильковский, Елизовский, Соболевский и Усть-Большерецкий районы. Для них свойственно компактное проживание населения, общность климатических особенностей, отсутствие многолетней мерзлоты.

Территория (и примыкающая акватория) юга Камчатского края имеет большой потенциал для многоотраслевого развития. Однако, несмотря на все благоприятные условия и значительный ресурсный потенциал для развития широкого спектра экономики, имеются и множество факторов, ограничивающие развитие хозяйственной деятельности.

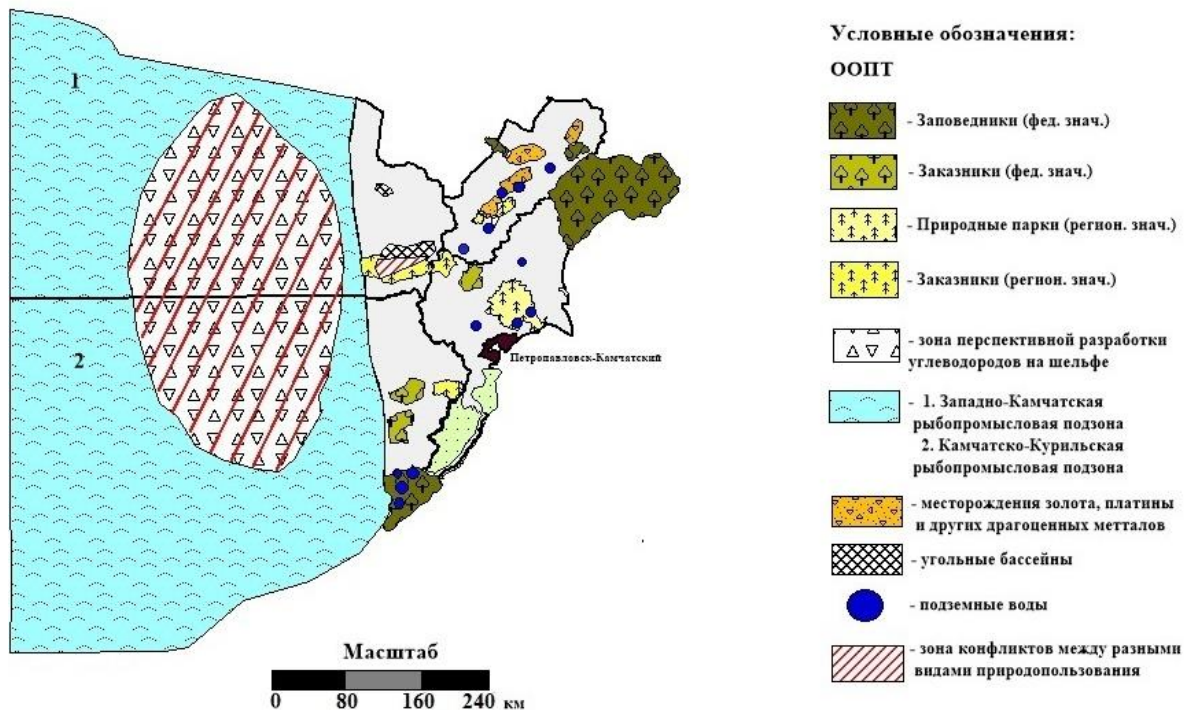
На территории Соболевского района сконцентрированы крупные залежи каменного угля. Разработка месторождений поспособствовало бы уменьшению зависимости Камчатского края от привозного сырья и обеспечило бы тепловые электростанции. Однако тормозящим фактором для более стремительного развития добычи является наличие крупного лососевого заказника регионального значения «Река Коль».

Усть-Большерецкий район выделяется наличием крупных запасов геотермальных ресурсов. Их потенциал способствует постройке крупных ГеоЭС, однако большая часть территории района относится к особо охраняемым и исключает практически любую хозяйственную деятельность.

Основной топливно-энергетический потенциал Камчатского края сконцентрирован в одной из ключевых зон рыбохозяйственного сектора экономики региона (в Западно-Камчатской и Камчатской-Курильской рыбопромысловой подзонах) что может в будущем создавать конфликтные ситуации между субъектами экономической деятельности. Рыболовство как основа экономики региона, может пострадать от разработок месторождений нефти и газа, поэтому следует предпринять ряд мер для предотвращения вероятных негативных последствий.

На территории Мильковского района потенциальному освоению ресурсов подлежит сравнительно небольшая их часть, так как многие месторождения полезных ископаемых располагаются либо на территории ООПТ, либо в непосредственной близости от них (см. рисунок). В связи с этим более разумным будет развитие рекреационного потенциала района, чему может поспособствовать, строящаяся через её территорию, железная дорога. Также важнейшей задачей для данного района является, непосредственно, сохранение оленьих пастбищ и охотничьих угодий, которые являются основой хозяйственной деятельности местного населения.

Основной ресурсный потенциал Елизовского района находится за пределами ООПТ, и в непосредственной близости от основных транспортных путей Камчатского края. В связи с этим данный район имеет возможность эффективно развивать несколько типов природопользования, образуя их взаимовыгодные сочетания. Так, например, добыча полезных ископаемых может стать источником крупных денежных поступлений в местный бюджет, что в свою очередь может стать хорошей финансовой базой для качественного развития многих направлений экономики, особенно туризма.



**Рисунок 1 – Зоны конфликтов между различными типами природопользования на юге Камчатки**

Мультипликативным эффектом недропользования станет создание транспортной и энергетической инфраструктуры, которая в последующем будет использоваться и туристско-рекреационной отраслью. Внедрение инновационных, наукоемких технологий добычи и переработки природных ресурсов, оказывающих наименьшее негативное воздействие на окружающую среду, должно стать обязательным условием функционирования горнодобывающей отрасли. Развитие системы охраняемых территорий Камчатского края можно оценивать, как одно из важнейших направлений сохранения уникальных природных ландшафтов, сохранения биологического разнообразия территории и основы для туристической деятельности.

#### **Литература:**

1. Преображенский Ю.В. Технологическое развитие в системах регионального природопользования//География в Саратовском университете. Современные исследования: сб. науч. тр. / под ред. А. Н. Чумаченко. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. 2014. 216 с.
2. Рациональное природопользование: учеб. пособие / И. Д. Дебелая. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та. 2012. 141 с.

**СОГЛАСОВАННЫЕ СКОРОСТНЫЕ МОДЕЛИ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА**

*Безумов Д.В., Буценко В.В., Табырца С.Н.*

ФГБУ «ВНИИОкеангеология им И.С. Грамберга», Санкт-Петербург, Россия

[bezdv88@gmail.com](mailto:bezdv88@gmail.com)

Аннотация. В рамках Заявки РФ по расширению внешней границы континентального шельфа в Северном Ледовитом океане в Комиссию по границам континентального шельфа проведены региональные сейсморазведочные работы МОВ-ОГТ 2D и МОВ-МПВ в 2011, 2012 и 2014 гг., позволяющие уточнить строение и мощность осадочного чехла. Для решения этой задачи использовалась разработанная в ФГБУ «ВНИИОкеангеология» методика согласования 2D скоростных моделей осадочного чехла, созданных на основе данных МОВ-ОГТ, вертикальных скоростных спектров отраженных волн зондирований МОВ-МПВ и в результате лучевого моделирования отраженных и рефрагированных волн зондирований МОВ-МПВ. В результате созданы согласованные 2D скоростные модели осадочного чехла, на основе которых построена карта мощности осадочного чехла Арктического шельфа.

Ключевые слова: мощность осадочного чехла, МОВ-МПВ, лучевое моделирование, скоростные модели.

**MATCHED VELOCITY MODELS OF THE ARCTIC SHELF**

*Bezumov D.V., Butsenko V.V., Tabyrtsa S.N.*

FSBI «VNIIOkeangeologia», Saint-Petersburg, Russia, [bezdv88@gmail.ru](mailto:bezdv88@gmail.ru)

Abstract. As part of the Russian Federation application to expand the outer limit of the continental shelf in the Arctic Ocean to the Commission for the limits of the continental shelf were carried out regional 2D seismic works and sonobuoy records in 2011, 2012 and 2014 years. Structure and thickness of the sedimentary cover of the Arctic ocean can be refined due to these data. FSBI "VNIIOkeangeologia" created a methodology for matching 2D velocity model of the sedimentary cover, vertical velocity spectrum calculated from wide-angle reflection sonobuoy data and the resulting of beam modeling reflected and refracted waves of sonobuoy data. Matched 2D velocity models of the sedimentary cover and thickness map of the Arctic ocean were computed.

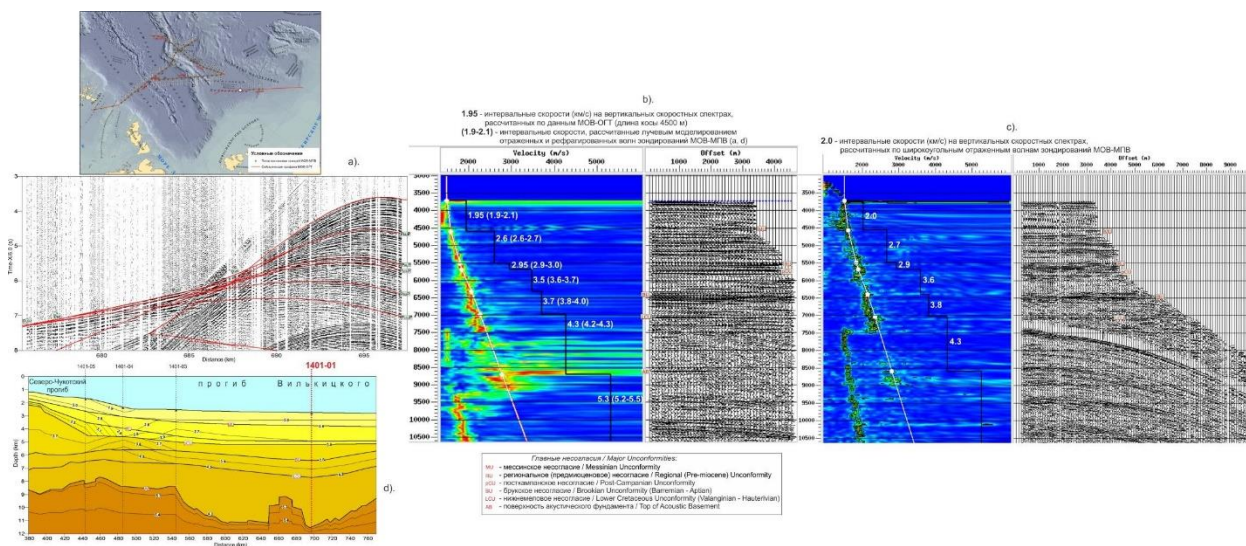
Key words: sedimentary cover thickness, sonobuoy records, beam modeling, velocity models.

*Особенности методики*

Большая часть сейсмических исследований проводилась в районах с круглогодичным дрейфующим льдом. В зависимости от сложности ледовой обстановки при работах МОВ-ОГТ использовались сейсмические косы различной длины: 4500 м на чистой воде и при скоплении дрейфующего льда, и 600 м в сплошных ледовых полях. В связи с тем, что при

работе с короткой косою невозможно точно определить скоростные характеристики разреза, были использованы сейсмические зондирования методом преломленных волн.

Сейсмические работы проводились по системе зондирований методом отраженных и преломленных волн (МОВ-МПВ) в комплексе с работами МОВ-ОГТ 2D (Рис. 1). При проведении морских сейсморазведочных зондирований была реализована обращенная фланговая система наблюдений. Регистрация сейсмических колебаний обеспечивалась использованием одиночных полевых модулей с подключенной миникосой, установленных в расчетных точках профилей.



**Рисунок 1 – Схема выполнения работ МОВ-ОГТ 2D в комплексе с зондированиями МОВ-МПВ.**

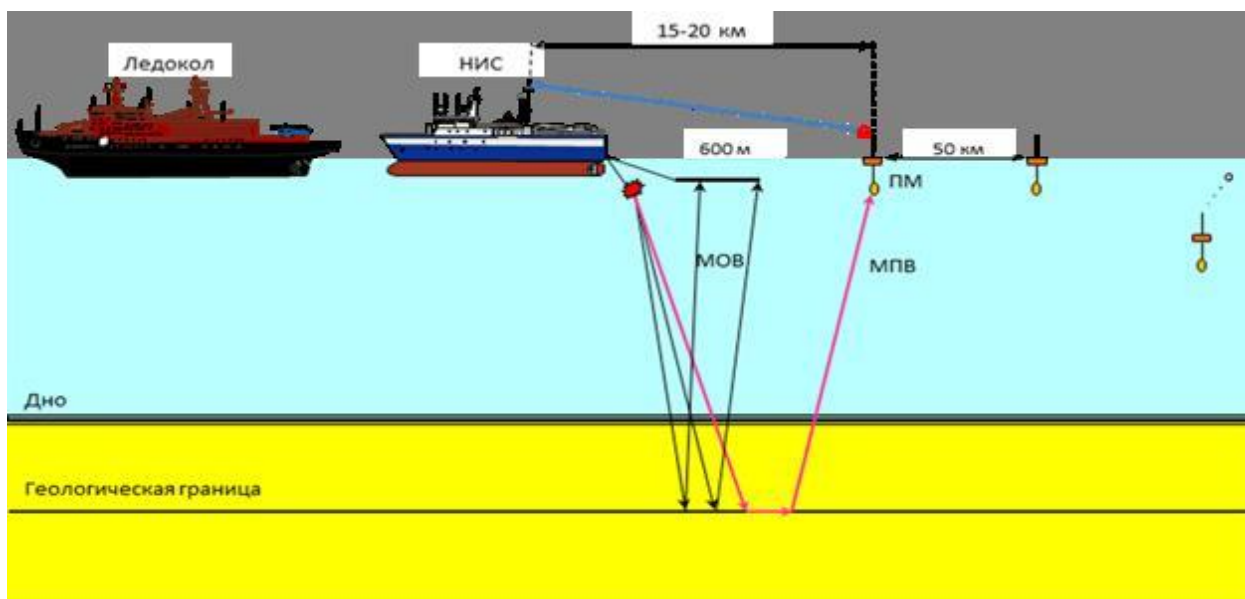
### *Анализ полученных результатов*

Для определения мощности осадочных пород выработаны рекомендации по согласованию скоростных моделей осадочного чехла, созданных на основе данных МОВ-ОГТ с косою более 4500 м и на основе данных широкоугольных зондирований МОВ-МПВ.

В качестве инструментария использовались средства программного обеспечения ProMAX и SeisWide.

Этапы создания согласованной скоростной модели осадочного чехла проиллюстрирована на рисунке (Рис. 2.)

Анализ сейсмических данных показывает, что дисперсия значений интервальных скоростей основных комплексов осадочного чехла, определенных тремя способами: по вертикальным спектрам данных МОВ-ОГТ с косою 4500 м, по вертикальным спектрам отраженных волн зондирований МОВ-МПВ и в результате лучевого моделирования отраженных и рефрагированных волн зондирований МОВ-МПВ, не превышает 0.1 – 0.2 км/с. Совпадение значений интервальных скоростей основных комплексов осадочного чехла, определенных по вертикальным спектрам данных МОВ-ОГТ с косою 4500 м и по вертикальным спектрам отраженных волн зондирований МОВ-МПВ, показывает корректность использования последних для согласования по скоростям с данными МОВ-ОГТ, собранными короткой (600 м) косою.



**Рисунок 2 – Иллюстрация методики создания согласованной скоростной модели осадочного чехла по данным МОВ-ОГТ (коса 4500 м) и зондирования МОВ-МПВ 1401-01 в бассейне Вилькицкого-Подводников:**

- а) – запись зондирования МОВ-МПВ с наложением рассчитанных годографов отраженных и рефрагированных волн в результате лучевого моделирования;
- б) – вертикальный спектр скоростей, рассчитанный по данным МОВ-ОГТ с косой 4500 м, со значениями (км/с) интервальных скоростей основных комплексов;
- в) – вертикальный спектр скоростей, рассчитанный по широкоугольным отраженным волнам на записи зондирования МОВ-МПВ, со значениями (км/с) интервальных скоростей основных комплексов;
- д) – 2D глубинная скоростная модель, построенная в результате лучевого моделирования отраженных и рефрагированных волн на записях зондирований МОВ-МПВ, значения (км/с) интервальных скоростей основных комплексов в местах зондирований показаны на в) в скобках.

Главным недостатком зондирований МОВ-МПВ с использованием сонобуев является их односторонность, т.е. невозможность учета наклона поверхности фундамента и границ основных сейсмических комплексов. Для нивелирования этого недостатка необходимо учитывать их рельеф, наблюдаемый на разрезах МОВ-ОГТ, т.е. необходимо согласовывать данные зондирований МОВ-МПВ с данными МОВ-ОГТ, собранными короткой (600 м) косой.

На основе созданных по разработанной методике согласованных скоростных моделей осадочного чехла была построена карта мощности осадочного чехла Арктического шельфа.

#### **Литература:**

1. Научно-техническое Руководство Комиссии по границам континентального шельфа. Пятая сессия. Нью-Йорк, 3-14 мая 1999 г. 90 с.
2. Международная конвенция по морскому праву 1982 г.: Конвенция Организации Объединенных Наций по Морскому праву: [подписана 10 декабря 1982 г.: вступ. в действие 16 ноября 1994 г.]. – М.: Военное издательство. 1985. 224 с.

**ОСОБЕННОСТИ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

*Белобородов Д.Е.<sup>1</sup>, Тверитинова Т.Ю.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Москва, Россия

[DenBeloborodov@gmail.com](mailto:DenBeloborodov@gmail.com)

<sup>2</sup>Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Рассматриваются структурные условия проявления грязевого вулканизма Керченского полуострова на примере двух крупнейших грязевых вулканов Керчи – Джарджава и Джау-Тепе. Формирование грязевых вулканов происходит в зонах развития мощных глинистых комплексов в узлах пересечения сжатых диапировых антиклиналей с поперечными дизъюнктивными структурами. Предложена новая принципиальная схема разнопорядковых структур, определяющих проявление грязевого вулканизма.

Ключевые слова: грязевой вулкан, грязевой вулканизм, глиняный диапиризм, майкопская серия, антиклинальные складки, Керченско-Таманская межпериклиналильная зона.

**CHARACTERISTIC FEATURES OF MUD VOLCANISM IN THE KERCH PENINSULA**

*Beloborodov D.E.<sup>1</sup>, Tveritina T.Y.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>The Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS, Moscow, Russia

[DenBeloborodov@gmail.com](mailto:DenBeloborodov@gmail.com)

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The structural conditions for the manifestation of mud volcanism in the Kerch Peninsula are considered, based on the example of the two largest mud volcanoes, Dzhardzhava and Dzhautepe. The formation of mud volcanoes occurs in the zones, where the powerful clay complexes develop at the intersection between compressed diapiric anticlines and transverse disjunctive structures. A new principal scheme is proposed where the structures of different levels serve as factors determining the manifestation of mud volcanism.

Key words: mud volcano, mud volcanism, clay diapirism, Maikop series, anticlinal folds, Kerch-Taman interpericlinal zone.

Для структурной привязки грязевого вулканизма Керченского полуострова важно «развитие складчатости со сложным многоярусным строением, с частым несовпадением структурных планов разных структурных этажей, наличием мощных толщ глинистых отложений – майкопских и меловых, самым широким развитием разрывной тектоники разных уровней – от глубинных и региональных разломов до мелких разрывных дислокаций, с определёнными системами складчатости в верхнем структурном этаже, широким развитием диапиризма» [1]. Предложенная схема существенно дополняет представления структурной обусловленности грязевого вулканизма.

В распределении грязевых вулканов Керченско-Таманской межпериклинальной зоны главную роль играют узловые структуры пересечения субширотных структур главного тектонического плана и поперечных им (северо-восточного, северо-западного и субмеридионального простирания) флексурно-разрывных зон различного порядка. В соответствии с наличием линейных структур нескольких порядков можно наметить и несколько порядков структурных узлов. Первый порядок – межпериклинальная зона в целом, второй – концентрация грязевых вулканов в системах широтных антиклинальных зон в поперечных блоках с различным эрозионно-денудационным срезом, третий – группы грязевых вулканов отдельных диапировых антиклиналей, четвертый – сами грязевые вулканы, с перекрестным структурным планом расположения одиночных грязевулканических центров[2].

Распределение грязевых вулканов на Керченском п-ове отражает их приуроченность к структурам главным образом субширотного и северо-восточного простирания. В северной части полуострова, в так называемой Внепарпачской области, более четко выражены цепочки грязевых вулканов вдоль широтных складок, в пределах Юго-Западной равнины – вдоль складчатых структур СВ ориентировки. Вместе с тем распределение грязевых вулканов Юго-Западной равнины отражает влияние субширотного структурного направления, а Внепарпачской области – северо-восточного. Различная выраженность структурных планов широтного и северо-восточного простирания связана на наш взгляд с разновозрастностью заложения структур различной ориентировки (структуры СВ простирания отражают позднекиммерийский структурный план Горно-Крымского складчатого сооружения, тогда как широтные сформированы в позднем кайнозое и лучше всего выражены в кайнозойском комплексе), а также литологическими особенностями приповерхностных комплексов (Внепарпачская область характеризуется развитием на поверхности разнофациальных, в том числе карбонатных, надмайкопских отложений, в которых формирующаяся складчатая структура хорошо выражена и может длительно сохраняться; Юго-Западная равнина – область выхода на поверхность глинистой майкопской серии, лишенной «жесткой покрывки», поэтому формирующиеся здесь складчатые структуры выражены гораздо хуже, так как быстро денудированы).

Один из крупнейших грязевых вулканов Внепарпачской области – Восходовский грязевой вулкан (Джарджава) и одноимённая вдавленная синклиналь, расположенные на западной окраине г. Керчь в пределах Восходовской антиклинали с диапировым ядром майкопских отложений. Восходовская антиклиналь является частью Восходовской системы кулисно расположенных антиклиналей, которую мы рассматриваем как зону концентрации деформаций горизонтального сжатия и сдвига. Антиклиналь формировалась в условиях горизонтального сжатия, грязевой вулкан – вертикального растяжения, вдавленная синклиналь – в условиях вертикального сжатия – горизонтального растяжения, что отражено в обильном присутствии минерализованных жил в позднекайнозойских карбонатных толщах и в составе сопочной брекчии. В составе сопочной брекчии присутствуют обломки пород палеогенового и мелового возраста. Вулкан характеризуется периодической активностью с выбросами газа и извержениями грязевых масс [1].

Микросейсмические исследования грязевого вулкана Джарджава [3] указывают на наличие глубокого вертикально уходящего вниз корня, что подтверждает приуроченность его к крупной глубинной структуре – зоне концентраций деформаций сжатия и сдвига.

Один из крупнейших вулканов Юго-Западной равнины – Джау-Тепе характеризуется интенсивной периодической активностью с выбросами газа и извержениями грязевых масс



[1]. Вулкан приурочен к Вулкановской антиклинали, расположенной в одноименной зоне концентрации деформаций сжатия и сдвига на периклинали Горно-Крымского складчатого сооружения. В зоне вулканической постройки имеется и структура вдавленной синклинали. В отличие от Восходовской Вулкановская зона концентрации деформаций отличается более резким выделением в ней диапировых антиклиналей северо-восточной ориентировки, выраженных и в относительно неглубоко залегающих подмайкопских отложениях. Сама зона ориентирована субширотно, что отражает правосдвиговую составляющую вдоль зоны.

Микросейсмические исследования грязевого вулкана Джау-Тепе [4] указывают на наличие глубокого вертикально уходящего вниз корня, что подтверждает приуроченность его к крупной глубинной структуре – зоне концентраций деформаций сжатия и сдвига.

Широкое развитие в Керченской зоне структур вдавленных синклиналей, на наш взгляд, связано с тем, что здесь существенную роль в образовании приповерхностных структур играют широко развитые близ поверхности глины майкопской серии.

Рассмотренные грязевые вулканы имеют много общего. Во-первых, это локальные структуры центрального типа, приуроченные к протяженным линейным диапировым антиклиналям от северо-восточной до широтной ориентировки. Большинство антиклиналей объединяются в субширотные зоны концентрации деформаций сжатия. Во-вторых, они связаны с зоной развития глинистых толщ майкопской серии. Но роль майкопских отложений в формировании грязевых вулканов не определяющая, хотя и очень важна. Корневые зоны этих грязевых вулканов опускаются на глубины до 10 и более км, гораздо ниже уровня майкопа, т.е. связаны с глубинными каналами. При пересечении каналами уровня майкопской серии, вероятно, в условиях декомпрессии, происходит активизация глинистого вещества, что усиливает грязевулканические процессы. Положение грязевых вулканов в пределах диапировых антиклиналей в линейных субширотных зонах сжатия определяется также еще одним дополнительным фактором – наличием в этих местах поперечных или диагональных к антиклиналям структур линеamentного характера, отражающих наличие соответствующих ослабленных зон отрывного типа в виде зон повышенной трещиноватости и малоамплитудных отрывов.

#### **Литература:**

1. Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: Главмедиа, 2006. 176 с.
2. Белобородов Д.Е., Тверитинова Т.Ю. Складчатые и разрывные структуры Керченско-Таманской межпериклиальной зоны, контролирующие грязевой вулканизм // Материалы I Тектонического совещания Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Т. 2. Москва, ГЕОС, 2018. 237–241.
3. Собисевич А.Л., Тверитинова Т.Ю., Лиходеев Д.В., Белобородов Д.Е., Дударов З.И., Долов С.М., Преснов Д.А., Пузич И.Н. Глубинное строение грязевого вулкана Джарджава в пределах Южно-Керченской антиклинальной структуры // Вопросы инженерной сейсмологии. Москва, т.42, №2, 2015, стр.73-80.
4. Преснов Д.А., Белобородов Д.Е., Долов С.М., Дударов З.И., Жостков Р.А., Лиходеев Д.В. Трехмерное строение грязевого вулкана Джау-Тепе по данным микросейсмического зондирования // Тезисы докладов научной конференции молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН. Москва, ИФЗ РАН, 25-26 апреля 2016 г. С. 54.

## НОВЫЙ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ИЗУЧЕНИИ СОПОЧНОЙ БРЕКЧИИ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

*Белобородов Д.Е., Егоров Н.А., Краснова М.А.*

Институт физики Земли им О.Ю.Шмидта РАН, Москва, Россия

[DenBeloborodov@gmail.com](mailto:DenBeloborodov@gmail.com)

Аннотация. В данной статье представлен новый подход в изучении свойств малоизученных отложений – сопочной брекчии, основного продукта деятельности грязевого вулканизма. На основе импульсного динамического метода измерений времён пробега и скоростей упругих волн разработан новый метод петрофизического изучения сопочной брекчии. При многостадийном нагревании образцов сопочной брекчии и постоянной сопровождающейся потере воды проводятся измерения скоростей упругих волн. Преимуществом этого метода можно считать возможность изучать свойства таких многокомпонентных природных смесей как глинистые породы и осадки.

Ключевые слова: грязевой вулкан, грязевой вулканизм, сопочная брекчия, ультразвуковые исследования, скорости продольной волны, термальный метаморфизм.

## A NEW PETROPHYSICAL APPROACH TO THE RESEARCH OF THE MUD BRECCIA OF MUD VOLCANOES

*Beloborodov D.E., Egorov N.A., Krasnova M.A.*

The Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS, Moscow, Russia,

[DenBeloborodov@gmail.com](mailto:DenBeloborodov@gmail.com)

Abstract. This paper presents a new approach to the research on the properties of mud breccias, sediments which were not studied before in this way. A new method of petrophysical research of mud breccias has been developed on the basis of the impulse dynamic method of measuring the time of travel and the velocities of elastic waves. In the multi-stage heating of the mud breccia samples with the constant accompanying loss of water, the velocities of the elastic waves are measured. The advantage of this method is the possibility of studying the properties of similar multi-component natural mixtures, such as sediments and clay rocks.

Key words: mud volcano, mud volcanism, mud breccia, ultrasonic measurements, longitudinal wave velocities, thermal metamorphism.

Изучение грязевого вулканизма становится на текущий момент насущной задачей. В связи с существенно расширившимся освоением территорий с грязевулканическими проявлениями, инженерно-строительными сооружениями, рекреационной нагрузкой, включением их в сельскохозяйственный оборот, необходима более детальная информация строения и активности грязевых вулканов, и процессах, сопутствующих грязевому вулканизму. На территории России грязевой вулканизм развит на Керченском и Таманском

полуостровах и на о. Сахалин. По подсчётам крупнейшего исследователя грязевого вулканизма Керченско-Таманской группы Е.Ф. Шнюкова в этой зоне насчитывается свыше 80 грязевых вулканов [4]. Режим работы крупнейших вулканов этой группы различен, от спокойного газирования и излияния грязевулканической пульпы, до взрывного, сопровождающегося огнём, сотрясением земли, огненными струями горящего газа. В истории отмечены многократные катастрофические «извержения» грязевых вулканов.

По современным представлениям, исходя из особенностей строения аппарата грязевого вулкана самовоспламенение газов (в основном метана) может происходить на различных глубинах. В некоторых случаях образуется основательно изменённый вследствие высокой температуры материал, иногда наблюдается брекчия с характерной коркой термовоздействия. На приповерхностном уровне под влиянием высоких (до 800°C) температур образуются «корки спекания» (sintering). То есть налицо действие малоизученного процесса термального метаморфизма. Для получения скоростей продольных волн в образцах с 2015 года ведётся разработка нового метода изучения сопочной брекчии [1,2]. Применяется импульсный динамический метод. Метод основан на измерении времен пробега упругих волн, возбуждаемых в исследуемом образце серией повторяющихся упругих импульсов в ультразвуковом диапазоне частот. Для определения скоростей и упругих свойств применяется многократное ультразвуковое зондирование образцов. Измерения скоростей упругих волн проводились при помощи комплекта аппаратуры, состоящего из генератора-приемника ультразвуковых сигналов «Olympus 5072 PR» (производство США) (рис.1) и пар датчиков Р - волн «Panametrics» (производство США). Для исследования образцов использовались датчики с собственной частотой колебаний 1 МГц.



Рисунок 1. – Аппаратный парк для измерений скоростей упругих волн.

Изменения скоростей упругих волн в образцах сопочной брекчии измерялись в процессе многократного поэтапного нагрева. Полученные данные подтверждают саму возможность использования данной методики, а также позволяют сделать ряд существенных выводов об изменении характеристик прохождения продольной волны в сопочной брекчии в результате нагревания [3].

Преимуществом предлагаемого метода можно отнести его простоту, возможность неоднократной проверки полученных результатов (повторяемость), возможность работы с многокомпонентными сложными смесями, такими как глины и сопочные брекчии без частичной или полной их сепарации.

#### **Литература:**

1. Белобородов Д.Е., Егоров Н.А., Краснова М.А. Определение скоростей упругих волн и их поглощения в образцах сопочной брекчии некоторых грязевых вулканов Керченско-Таманской грязевулканической зоны. Материалы Восемнадцатой международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о земле», ГЕОХИ РАН, ИФЗ РАН, ИГЕМ РАН. Москва. 2-6 октября 2017г. «Издательство «Наука». С.36-37.
2. Белобородов Д.Е., Егоров Н.А., Краснова М.А., Тверитинова Т.Ю. Разнонаправленные исследования грязевого вулканизма на примере ряда грязевых вулканов Керченско-Таманской грязевулканической зоны. Материалы VII Российской молодёжной научно-практической Школы "НОВОЕ В ПОЗНАНИИ ПРОЦЕССОВ РУДООБРАЗОВАНИЯ" Москва, 2017г. с.51-55.
3. Белобородов Д.Е., Егоров Н.А., Краснова М.А. Исследование скоростей и затухания продольной волны в образцах сопочной брекчии Керченско-Таманских грязевых вулканов при воздействии высоких температур. Материалы Девятнадцатой международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о земле», ГЕОХИ РАН, ИФЗ РАН, ИГЕМ РАН. Москва. 24-28 сентября 2018г. «Издательство «Наука». С.36-37.
4. Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: Главмедиа. 2006. 176 с.

**БОНИНИТ-ТОЛЕИТОВАЯ АССОЦИАЦИЯ МЕЗОПРОТЕРОЗОЙСКИХ  
ОФИОЛИТОВ ВОСТОЧНОГО САЯНА: ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ ЛАВ,  
ДАЕК И КУМУЛЯТОВ**

*Беляев В.А.*

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

[belyaev\\_vasya@mail.ru](mailto:belyaev_vasya@mail.ru)

Аннотация. Изучен состав пород и минералов коровой части разреза надсубдукционных офиолитов Восточного Саяна. Выявлено преобладание бонинитовой серии и подчиненное развитие островодужной толеитовой среди лав и даек. Бонинитовая серия показывает бóльшие отношения несовместимых редких элементов (La/Yb, Th/Nb) и меньшие  $\epsilon\text{Nd}(T)$  по сравнению с толеитовой. Бонинитовая и толеитовая серии образовались в результате частичного плавления мантийного клина, модифицированного флюидами/расплавами субдуцирующей плиты на финальной стадии зарождения субдукции.

Ключевые слова: офиолиты, бониниты, зарождение субдукции, редкие элементы, изотопия Nd

**Boninite-tholeiite association in Mesoproterozoic Eastern Sayan ophiolites: geochemistry and mineralogy of lavas, dikes, and cumulates**

*Belyaev V.A.*

A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

[belyaev\\_vasya@mail.ru](mailto:belyaev_vasya@mail.ru)

Abstract. The composition of rocks and minerals from crustal section of the Eastern Sayan SSZ-type ophiolites was studied. It is found that boninite-series is widely developed and island arc tholeiite-series is subordinate in dikes and lavas. Boninite-series exhibits higher incompatible trace element ratios (such as La/Yb, Th/Nb) as well as lower  $\epsilon\text{Nd}(T)$  compared to tholeiite-series. The boninite-tholeiite association formed as a result of partial melting of mantle wedge fluxed by fluids/melts released from the subducting slab on terminal stage of subduction initiation.

Key words: ophiolites, boninites, subduction initiation, trace elements, Nd isotopes

Офиолиты Восточного Саяна с возрастом 1020 Ма представляют собой фрагменты офиолитового покрова, обдуцированного на Гарганский блок Тувино-Монгольского микроконтинента [1, 2, 3]. Предполагается, что эти офиолиты сформировались в Дунжугурской палео-островной дуге или ее преддуговой области, поскольку значительная часть лав и даек сложена породами бонинитовой серии, из которой также кристаллизовались основные и ультраосновные кумуляты [2, 4]. В данной работе для уточнения геодинамической обстановки формирования офиолитов рассмотрены породы

коровой части различных массивов: Дунжугурского (кумуляты, дайки, лавы), Ильчирского (метавулканыты, кумуляты), Оспинского (кумуляты).

Кумуляты представлены перидотитами, пироксенитами, габбро-норитами, габбро. Cr-шпинелиды из перидотитов и пироксенитов имеют варьирующую Cr# (40-80) и низкие содержания  $TiO_2$  (0.05-0.5%). Клинопироксен пироксенитов и габброидов представлен диопсидом с Mg# = 76-94,  $TiO_2$  = 0.02-0.3%, и  $Al_2O_3$  = 0.7-3%. Сходный состав имеют минералы из даек, лав, метавулканытов: в Cr-шпинелидах Cr# = 75-90,  $TiO_2$  = 0.05-0.2, Mg# в Crх составляет 80-95,  $TiO_2$  = 0.04-0.25%,  $Al_2O_3$  = 0.9-3.5%. Состав Crх и Cr-шпинелида соответствует составам минералов бонинитов и примитивных низко-Ti толеитов из преддуговых областей и офиолитов [5, 6, 7].

Кумуляты характеризуются вариациями MgO (9-42%) и низким содержанием  $TiO_2$  (<0.3%), Zr, Hf, HREE (0.2-1.3 ppm Yb). Характер спектра несовместимых элементов меняется от умеренно обедненного LREE в Оспинском массиве до преимущественно обогащенного LREE в Ильчирском и Дунжугурском массивах.

Дайки и лавы представлены низко-Si и высоко-Si (по классификации [8]) бонинитами ( $MgO > 8\%$ ,  $SiO_2 > 52\%$ ,  $TiO_2 < 0.5\%$ ) и андезитами бонинитовой серии ( $MgO < 8\%$ ). В подчиненном количестве обнаружены островодужные толеитовые базальты (IAT), содержащие 51-55%  $SiO_2$ , 5-9% MgO, 0.6-1.36%  $TiO_2$ . От толеитовой к бонинитовой серии наблюдается уменьшение содержаний Ti, HREE (0.5-2.85 ppm Yb), сопровождающееся обогащением наиболее несовместимыми элементами и увеличением отношений Th/Yb (0.2-2.4), Nb/Yb (0.3-3.1), La/Yb (1.2-8.4). На диаграмме Nb/Yb – Th/Yb [9] изученные лавы и дайки находятся выше последовательности MORB-OIB и соответствуют вулканитам островных дуг.  $\epsilon Nd(1020Ma)$  варьирует от -2.8 от +1.9 в бонинитовой серии, от +2.3 до +4.5 в толеитовой и обратно коррелирует с обогащением наиболее несовместимыми элементами. Близкие значения  $\epsilon Nd(T)$  свойственны габброидам (от -0.8 до +4.5) и обогащенным LREE пироксенитам (от -2.3 до -0.2), изученным в настоящей работе. Сходные изотопные характеристики, хотя и с меньшими вариациями, отмечены для лав, даек, габброидов бонинитовой серии Дунжугурского массива с  $\epsilon Nd(T)$  от -1 до +1.5 [3]. Геохимические особенности бонинитовой и толеитовой серий офиолитов Восточного Саяна, по аналогии с другими офиолитами [10], указывают на их выплавление из мантийного клина, модифицированного расплавами и/или флюидами из субдуцирующей плиты. Nd-изотопная и редкоэлементная систематика позволяет предположить участие в источнике двух компонентов: обедненного, близкого к деплетированной мантии с  $\epsilon Nd(T)$  около +8, и обогащенного, представляющего собой флюиды/расплавы субдуцировавших пелагических или турбидитовых осадков с  $\epsilon Nd(T)$  от -5 до -2.

Присутствие в офиолитах Восточного Саяна лав и даек бонинитовой и островодужной толеитовой серий и их кумулятов предполагает сходство с преддуговыми офиолитами, сформировавшимися при зарождении субдукции. Типичным примером такой обстановки является преддуговая область современной Идзу-Бонин-Марианской дуги, где начало субдукции сопровождалось излиянием преддуговых толеитовых MORB-подобных базальтов (FAB), сменившихся низко-Si и высоко-Si бонинитами и андезитами бонинитовой серии. Подобный механизм формирования предложен для многих надсубдукционных офиолитов с эволюцией магматизма от MORB или IAT к бонинитовому [8]. Офиолиты Восточного Саяна характеризуются отсутствием MORB или FAB-подобных базальтов, подчиненным развитием IAT и преобладанием бонинитовой серии. Эти

особенности позволяют предложить их формирование в преддуговой области на заключительных стадиях зарождения субдукции.

#### Литература:

1. Добрецов Н.Л., Конников Э.Г., Медведев В.Н., Складов Е.В. Офиолиты и олистостромы Восточного Саяна. В кн.: «Рифейско-нижнепалеозойские офиолиты Северной Евразии». Новосибирск. Наука. 1985. С. 34–58.
2. Кузьмичев А.Б. Тектоническая история Тувино-Монгольского массива: раннебайкальский, позднебайкальский и раннекаледонский этапы. М. Пробел-2000. 2004. 192 С.
3. Складов Е.В., Ковач В.П., Котов А.Б., Кузьмичев А.Б., Лавренчук А.В., Переляев В.И., Щипанский А.А. Бониниты и офиолиты: проблемы их соотношения и петрогенезиса бонинитов. Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 1. С. 163-180.
4. Belyaev V.A., Wang K.-L., Gornova M.A., Dril' S.I., Karimov A.A., Medvedev A.Ya., Noskova Yu.V. Geochemistry and origin of the Eastern Sayan ophiolites, Tuva-Mongolian Microcontinent (Southern Siberia). *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017. V. 8. P. 41-415.
5. Van der Laan S.R., Arculus R.J., Pearce J.A., Murton B.J. Petrography, mineral chemistry, and phase relations of the basement boninite series of Site 786, Izu-Bonin forearc. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. 1992. V. 125. P. 171-201.
6. Соболев А.В., Портнягин М.В., Дмитриев Л.В., Цамерян О.П., Данюшевский Л.В., Кононкова Н.Н., Шимизу Н., Робинсон П. Петрология ультрамафических лав и ассоциирующих пород массива Троодос, о. Кипр. *Петрология*. 1993. Т. 1. № 4. С. 379-412.
7. Portnyagin M.V., Danyushevsky L.V., Kamenetsky V.S. Coexistence of two distinct mantle sources during formation of ophiolites: a case study of primitive pillow-lavas from the lowest part of the volcanic section of the Troodos Ophiolite, Cyprus. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 1997. V. 128. P. 287-301.
8. Reagan M.K., and 27 others. Subduction initiation and ophiolite crust: new insights from IODP drilling. *International Geology Review*. 2017. V. 59. P. 1439-1450.
9. Pearce J.A. Immobile element fingerprinting of ophiolites. *Elements*. 2014. V. 10. P. 101-108.
10. König S., Münker C., Schuth S., Luguët A., Hoffmann J.E., Kuduon J. Boninites as windows into trace element mobility in subduction zones. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2010. V. 74. P. 684-704.

## АНАЛИЗ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ФОНА БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ КАК ОСНОВА ДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

*Беседина А.А., Остапчук А.А., Павлов Д.В.*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер  
Российской академии наук, Москва, Россия  
[besedina.a@gmail.com](mailto:besedina.a@gmail.com)

Аннотация. В работе предложен новый вариант оценки жесткости разломных зон с помощью кросс-корреляции компонент сейсмического шума на малых базах в диапазоне высоких частот. На основе данных мониторинга сейсмического фона эксгумированного участка Приморского разлома Байкальской рифтовой зоны проведена оценка как относительных вариаций, так и абсолютных значений жесткости. Построение системы измерений на малых базах позволяет в быстрые сроки провести оценку деформационных характеристик участка разломной зоны.

Ключевые слова: жесткость разломной зоны, микросейсмический фон, кросс-корреляционная функция, деформационные характеристики

## ANALYSIS OF MICROSEISMIC AMBIENT NOISE OF THE BAIKAL RIFT ZONE AS A BASIS OF DEFORMATION MONITORING

*Besedina A.N., Ostapchuk A.A., Pavlov D.V.*

Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,  
[besedina.a@gmail.com](mailto:besedina.a@gmail.com)

Abstract. In this paper, we propose a new method to evaluate of the stiffness of the fault zones using cross-correlation of seismic noise components at small aperture in the high-frequency range. Based on the seismic noise monitoring data of the exhumed section of the Primorsky fault of the Baikal rift zone, both relative variations and absolute stiffness values were estimated. The construction of a system of measurements with small aperture makes it possible, in a short time, to evaluate the deformation characteristics of the section of the fault zone.

Key words: fault stiffness, microseismic noise, cross-correlation function, deformation parameters

При решении ряда задач геомеханики для описания механических свойств разломов удобно пользоваться таким параметром как жесткость разлома, который в полной мере может описать поведение разлома на разных этапах эволюции [1]. В натуре для определения жесткости используют результаты сейсмических наблюдений. Например, применяется метод, основанный на анализе параметров каналовых волн, распространяющихся вдоль разломной зоны в тех случаях, когда источник расположен внутри разломной зоны [2]. Другой метод основывается на анализе динамических характеристик сейсмических волн, прошедших поперек разлома массива горных пород [3],



где жесткость оказывается обратно пропорциональна отношению амплитуд массовых скоростей смещения до и после разлома. В данной работе контроль такого чувствительного к изменению напряженно-деформированного состоянию параметра, как жесткость разломных зон проводится с помощью кросс-корреляции компонент сейсмического шума на малых базах в диапазоне высоких частот. Адаптация метода для оценки деформационных характеристик разломных зон проводилась ранее на примере участка разломной зоны Коробковского железорудного месторождения [4].

В качестве объекта исследования рассматривается эксгумированный участок Приморского разлома Байкальской рифтовой зоны, расположенного в зоне межплитной коллизии на северо-западном побережье оз. Байкал. Приморский разлом простирается более чем на 250 км вдоль западного побережья озера Байкал от устья реки Бугульдейки на юге до поселка Зама на севере [5]. В предшествующих исследованиях этой зоны обнаружены признаки многочисленных разномасштабных и разновозрастных косейсмических разрывов, что свидетельствовало о сейсмической активизации глубинных разрывов в исследуемом сегменте краевого шва Сибирского кратона, происходившей в неопротерозойский этап [6].



**Рисунок 1 – Общий вид эксгумированного участка Приморского разлома Байкальской рифтовой зоны на северо-западном побережье оз. Байкал. Прямой линией отмечена плоскость скольжения в разломе. Расположение измерительных точек показано стрелками.**

Для исследования деформационных характеристик участка разломной зоны проводился сейсмический мониторинг с помощью двух измерительных точек на расстоянии 95 м друг от друга (рис. 1). Измерительные каналы с чувствительностью 6.25 нм/отчет, состоящие из вертикального однокомпонентного геофона GS20-DX (10-500Гц), усилителя и АЦП E-440 (L-Card), размещались на горизонтальных площадках в зоне влияния разлома. Частота опроса составляла 10 кГц. Регистрация проводилась с 4 по 11 августа 2018 года.

При использовании корреляционных методов анализа шума сейсмический шум рассматривается как волновое поле, образованное произвольными равномерно распределенными источниками, усредненными по большому интервалу времени. В этом случае кросс-корреляционная функция шума между двумя станциями описывает функцию Грина среды между точками-приемниками. Для расчета функции источника использовался алгоритм, предложенный в [7]. Анализ кросс-корреляционных функций (ККФ) в разных частотных диапазонах позволяет оценить групповую скорость по максимам огибающих узкополосных сигналов. В нашем случае удалось выделить группы волн со скоростью распространения  $C_1=1300$  м/с (длина волны  $L_1=30$ м) и  $C_2=2400$  м/с (длина волны  $L_2=40$ м). Естественно предположить, что полученные параметры характеризуют именно локальную

область разлома – зону накопления наиболее интенсивных деформаций. Для оценки жесткости разлома необходимо иметь сведения о характерном размере нарушения сплошности, в качестве которого может выступать как ширина центральной зоны разлома (порядок метров), так и ширина зоны его влияния (сотни метров). Если предположить, что центральная зона разлома представляет собой область дезинтеграции толщиной  $L$ , которая и проявляется в виде моды поверхностных волн при анализе ККФ, то в нашем случае жесткость разлома  $k$  может быть оценена с помощью соотношения  $k = \rho C^2 / L$  [2], где  $\rho$  – плотность среды,  $C$  – скорость распространения волны. В предположении  $\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$ , получаем значения жесткости  $k_1 \approx 100 \text{ МПа/м}$  и  $k_2 \approx 300 \text{ МПа/м}$ . Согласно данным измерений жесткости трещин и разломов разных иерархических уровней характерные значения нормальной и сдвиговой жесткости для разлома длиной 250 км составляет  $k_n \approx 100 \text{ МПа/м}$  и  $k_s \approx 40 \text{ МПа/м}$  соответственно.

Для оценки относительных вариаций жесткости разлома использовался метод, основанный на оценке временной задержки между ККФ и относительной функцией Грина (ОФГ), которая получалась в виде накопления ККФ за все время регистрации [9]. Анализ временных вариаций параметров микросейсмического шума в теле разлома в течение недели показал, что вариация скорости составили 0.5%, что соответствует относительным вариациям жесткости до 1 %.

Применение метода кросс-корреляции компонент сейсмического шума на малых базах в диапазоне высоких частот позволило провести анализ деформационных характеристик участка Приморского разлома Байкальской рифтовой зоны и оценить, как относительные вариации, так и абсолютные значения жесткости. Возможность построения системы измерений на малых базах позволило в быстрые сроки провести оценку состояния среды.

*Проведение измерений выполнено в рамках государственного задания (проект № АААА-А17-117112350022-3). Разработка метода и анализ микросейсмических шумов выполнен при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (проект МК-2698.2017.5).*

#### **Литература:**

1. Ostapchuk A.A., Kocharyan G.G., Pavlov D.V., Kabychenko N.V. Fault shear stiffness as the key parameter determining fault behavior. AIP Conference Proceedings 2017. V. 1909. P. 020161.
2. Кочарян Г.Г. Геомеханика разломов. Москва. ГЕОС. 2016. 424 с.
3. Kostyuchenko V.N., Kocharyan G.G., Pavlov D.V. Strain characteristics of interblock gaps of different scales. Physical Mesomechanics. 2002. V. 5. N. 5–6. P. 21–38.
4. Besedina A.N., Ostapchuk A.A. Microseismic ambient noise analysis for estimation of the deformation characteristics of a fault zone. AIP Conference Proceedings. 2018. (в печати)
5. Остапчук А.А., Горбунова Э.М., Ружич В.В., Григорьева А.В., Ефремов В.В. Минералогические и механические свойства пород зоны интенсивных деформаций Приморского разлома Байкальской рифтовой зоны. Материалы IV Всероссийской конференции с международным участием "Триггерные эффекты в геосистемах". 2017. С. 260-266.
6. Ruzhich V.V., Kocharyan G.G., Travin A.V., Savelieva V.B., Ostapchuk A.A., Rasskazov S.V., Yasnygina T.A., Yudin D.S. Determination of the PT conditions that accompanied a seismogenic slip along a deep segment of the marginal suture of the Siberian craton. Doklady Earth Sciences. 2018. V. 481. Part 2.P. 1017–1020.
7. Bensen G.D., Ritzwoller M.H., Barmin P., Levshin A.L., Lin F. C., Moschetti M.P., Shapiro N.M., Yang Y. Processing seismic ambient noise data to obtain reliable broad-band surface wave dispersion measurements. Geophys. J. Int. 2007. V. 169, 1239–1260.
8. Brenguier F., Shapiro N.M., Campillo M., Ferrazzini V., Dupute Z., Coutant O., Nercessian A. Towards forecasting volcanic eruptions using seismic noise. Nature Geoscience. 2008. V. 1. P.126-130.

## ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ (НА ПРИМЕРЕ ЯРАКТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

*Бешенцев<sup>1</sup> Н.А., Лубсанов А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, г. Томск, Россия,

[nickbesh03@gmail.com](mailto:nickbesh03@gmail.com)

<sup>2</sup>Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

Аннотация. Статья посвящена разработке методически основ использования спутниковых данных для картографической оценки трансформации земной поверхности в результате нефтегазового недропользования. Определена инфраструктура месторождения, зафиксированы ареалы изменённой земной поверхности, обусловленные спецификой организации нефтегазового месторождения, установлены основные очаги факельного хозяйства. Выполнена метрическая оценка динамики месторождения и разработана методика его геоинформационного картографирования на базе пакета ArcGIS.

Ключевые слова: нефтегазоконденсатное месторождение, окружающая среда, ГИС, космоснимки, картографирование.

## GEOINFORMATIONAL ESTIMATION OF OIL AND GAS CONDENSATE FIELD ACCORDING SATELLITE DATA (ON THE EXAMPLE OF JARAKTIAN DEPOSIT, IRKUTSK REGION)

*Beshentsev<sup>1</sup> N.A., Lubsanov A.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Tomsky Polytechnic University, Tomsk, Russia,

[nickbesh03@gmail.com](mailto:nickbesh03@gmail.com)

<sup>2</sup>Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Abstract. The article is devoted to the development of methodological bases for the use of satellite data for mapping the transformation of the earth's surface as a result of oil and gas subsoil use. The infrastructure of the field is determined, the areas of the changed earth's surface are determined, determined by the specifics of the organization of the oil and gas field, and the main centers of the flare facilities are established. A metric evaluation of the field's dynamics was performed and a methodology for its geo-information mapping based on the ArcGIS package was developed.

Key words: oil and gas condensate field, environment, GIS, space images, mapping.

**Введение.** Разработка нефтегазового месторождения сопровождается воздействием на все компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, животный и растительный мир, поверхностные и грунтовые воды, почвенный покров. Оптимальным методом пространственно-временной оценки изменений компонентов природы в результате нефти и газодобычи является геоинформационное картографирование параметров и динамики

месторождения с использованием разновременных космических снимков [1]. В этой связи особую актуальность приобретает разработка методики картографической оценки воздействия нефтегазового месторождения на окружающую среду. В качестве объекта исследования мы выбрали молодое и динамично развивающееся Ярактинское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ). Оно расположено в 140 км к северо-востоку от г. Усть-Кут, в верхнем течении р. Нижней Тунгуски. В геологическом плане месторождение относится к Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции.

**Материал и методы исследований.** Для оценки динамики пространственных параметров месторождения использовалась серия разновременных спектрональных снимков Landsat 8. Источником геоинформации для картографирования месторождения послужила панхроматическая сцена (канал 8, длина волн 0,500-0,680 мкм) Landsat 8 с разрешением 15 м от 28.01.2017. Первичная обработка выполнена Геологической службой США (картографическая проекция UTM, эллипсоид WGS84) [2]. Для регистрации мест сжигания попутного газа источником геоинформации послужила панхроматическая сцена Landsat 8 в инфракрасном диапазоне (канал 10, длина волн 10,30-11,30 мкм). Векторизация параметров НГКМ представляет собой процесс автоматического или ручного прослеживания линии по ее изображению на растре и является основным средством создания векторных примитивов. Векторизация космического снимка осуществлялась в программной среде Easy Trace одним оператором при шаге векторизации 100 - 500 м.

Методика геоинформационной оценки месторождения представляет собой совокупность операций программной среды, включающих векторизацию преобразованных геосистем и последующую аналитическую обработку в программе ArcGIS (табл. 1).

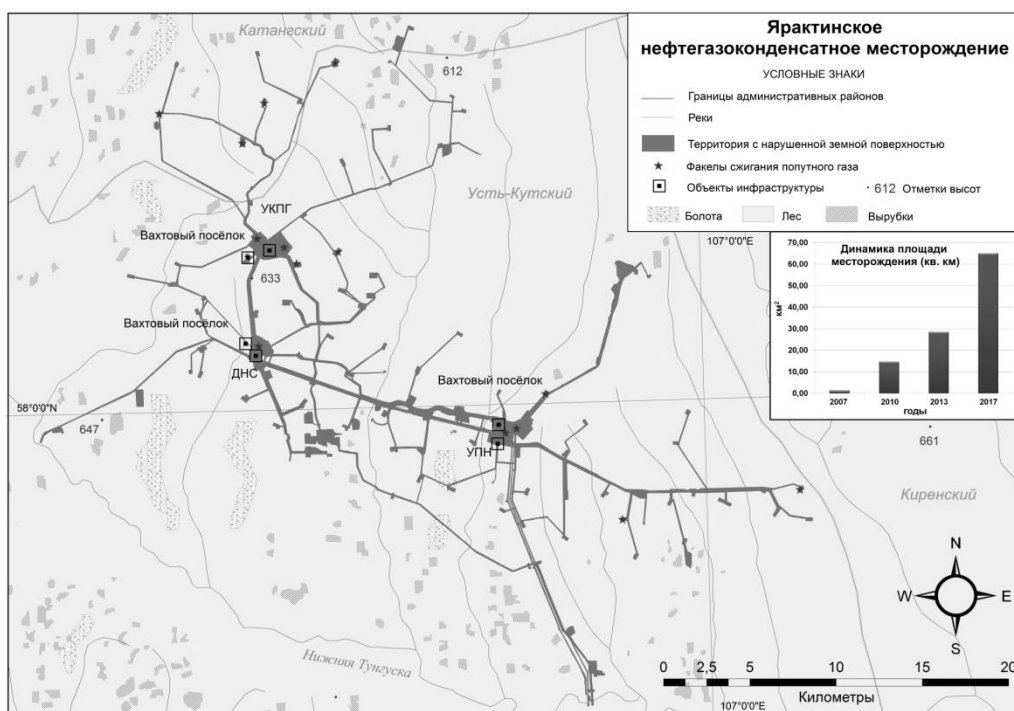
**Таблица 1. Методика геоинформационного картографирования НГКМ.**



**Результаты исследований и их обсуждение.** В пространственном аспекте НГКМ представляет собой линейно-узловую территориальную структуру, сформированную из кустовых площадок и трубопроводов. Узлами этой инфраструктуры являются установка комплексной подготовки газа (УКПГ), дожимная насосная станция (ДНС), установка подготовки нефти (УПН), вахтовый посёлок. Основными дешифровочными признаками являются разница в светлоте ненарушенных и преобразованных ландшафтов. Выбранный

канал обеспечивает надежную дифференциацию территорию и позволяет визуально выделить на фоне лесной и кустарниковой растительности полностью трансформированные ареалы земной поверхности (сведение растительности, выемка грунта).

Первая поисковая скважина на Ярактинской площади была заложена в 1969 г. В конце 1970 г. был получен первый фонтан нефти дебитом 100 м<sup>3</sup>/сутки. Эксплуатация Ярактинского НГКМ началась в 1992 году [2]. Совмещение разновременных снимков позволило выполнить пространственно-временную оценку динамики НГКМ. Если в 2007 г. площадь трансформированных ландшафтов составляла около 2 км<sup>2</sup>, то в 2017 г. она составила уже 64,9 км<sup>2</sup> (рис. 1), при этом площадь непретобразованной земной поверхности, но входящей в границы месторождения составляет около 160 км<sup>2</sup>.



**Рисунок 1 – Карта Ярактинского месторождения.**

Наибольшую трансформацию испытывают среднетаёжные лиственничные равнинные ландшафты, а также ландшафты южнотаёжные темнохвойные возвышенностей, в основном на дерново-карбонатных и дерново-подзолистых почвах [4]. В течение всего периода освоения на территории месторождения произведено около 220 сплошных вырубок размером от 0,05 км<sup>2</sup> до 1,081 км<sup>2</sup> общей площадью около 50 км<sup>2</sup>. Установлено, что наибольшая часть (боле половины) вырубленных участков представляет собой поляны размером 0,1-0,3 км<sup>2</sup>. Такие размеры оказывают минимальное влияние на поверхностный сток и не провоцируют развитие эрозионных процессов.

**Выводы.** Установлено, что активное развитие и эксплуатация месторождения началась после 2007 г. На этапе разработки месторождения основное воздействие осуществлялось посредством точечных разведочных скважин и линейных сейсмопрофилей, которые связаны с нарушением почвенного покрова, сведением леса. Основными экологическими последствиями нефтегазового недропользования являются

фоновые нарушения – вырубки леса, подтопление территории, ареалы нефтяного загрязнения, а также локальные – грунтовые дороги, кустовые площадки, коридоры коммуникаций. Результатом сведения больших площадей леса, особенно на возвышенностях может стать нарушение режима поверхностных и грунтовых вод. Кроме того, значительное фоновое загрязнение атмосферного воздуха обусловлено работой факельного хозяйства и утилизацией попутного газа. Разработанная методика позволяет оптимизировать все действия и операции по геоинформационной оценке воздействия нефти и газодобычи на окружающую среду и может быть использована для других территорий.

#### **Литература:**

1. Бешенцев А.Н. Картографический мониторинг природопользования. Геодезия и картография. – 2011. – №3. – С. 14–18.
2. Иркутская нефтяная компания <http://www.irkutskoil.ru/about/history/>
3. Libra <https://libra.developmentseed.org>
4. Михеев В.С., Ряшин В.А. Ландшафты юга Восточной Сибири [Карта] – М.: ГУГиК, 1977. – 4 листа.

**ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНОЕ И ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ  
МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД АНГАРСКОГО УЧАСТКА ТАТАРСКО-  
ИШИМБИНСКОЙ СУТУРЫ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА**

*Богданов Е.А., Матушкин Н.Ю., Кадильников П.И., Верниковская А.Е.*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

[BogdanovEA@ipgg.sbras.ru](mailto:BogdanovEA@ipgg.sbras.ru)

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Геолого-структурные исследования магматических пород из Рыбнинских офиолитов (MP?) и Скородумского мыса – деформированных монзонитов и трахибазальтов (NP?), а также гранитных пегматитов (PZ?) позволили установить структурные элементы vergentности юго-западного фрагмента Татарско-Ишимбинской сутуры. Петрографическое и геохимическое изучение позволяет отнести субщелочные средние и основные породы Ангарского участка этой сутуры к татарскому комплексу активной континентальной окраины.

Ключевые слова: Енисейский кряж, Татарско-Ишимбинская сutura, Рыбнинские офиолиты, трахибазальты, гранитные пегматиты

**GEOSTRUCTURAL AND PETROCHEMICAL STUDY OF MAGMATIC ROCKS  
OF THE ANGARA PART IN THE TATARKA-ISHIMBA SUTURE ZONE  
OF THE YENISEY RIDGE**

*Bogdanov E.A., Matushkin N.Yu., Kadilnikov P.I., Vernikovskaya A.E.*

A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia,

[BogdanovEA@ipgg.sbras.ru](mailto:BogdanovEA@ipgg.sbras.ru)

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. Structural geological study of magmatic rocks from Ribniy ophiolites (MP?) and Skorodumsky cape composed of deformed monzonites, trachybasalts (NP?) and granite pegmatites (PZ?) allowed establishing structural elements of vergence of the southwestern part of the Tatarka-Ishimba suture zone. Petrographic and geochemical study allows to correlate subalkaline intermediate and mafic rocks of the Angara part of this suture to the Tatarka active continental margin complex.

Key words: Yenisey Ridge, Tatarka-Ishimba suture zone, Ribniy ophiolites, trachybasalts, granite pegmatites

В пределах Татарско-Ишимбинской сутуры Енисейского кряжа [1] устанавливается несколько магматических комплексов, в состав которых входят основные породы. В исследуемом Ангарском участке проведены геолого-структурные и петрографо-геохимические исследования проявлений Рыбнинских офиолитов (MP) (разрез протяженностью около 10 км, прав. берег р. Ангары) и небольших тел субвулканических

основных пород и р-на Скородумского мыса (разрез протяженностью около 2 км, левый берег р. Ангары) [2].

В пределах Рыбнинского разреза в офиолитах установлены три тектонические пластины северо-восточного простирания. Западная пластина (ширина до 3 км) сложена преимущественно метабазами, смятыми в узкие линейные и изоклинальные складки СВ вергентности с крутопадающими (70-80°) осевыми плоскостями. Для этих пород характерен субмеридиональный кливаж, субсогласный осевым плоскостям складок. Центральная пластина (ширина 4 км) состоит из ограниченных дизъюнктивами субмеридионального простирания тектонических линз порфиroidных метагабброидов и метабазальтов. Падение сланцеватости:  $Az$  285-330°,  $\angle$  ~55°. Метагаббро сложены амфиболом (30 об.%), клинопироксеном (20 об.%), плагиоклазом (50 об.%), замещаемыми эпидотом, цоизитом и актинолитом (изменено до 10 об.%). Метабазальты западной и центральной пластин, состоят главным образом из амфибола – 40 об.%, плагиоклаза (55 об.%) и оливина (5 об.%). Породы имеют вкрапленники, представленные зональной магниальной роговой обманкой, по зернам которой развиваются вторичные минералы – актинолит и феррочермакит ( $Si^{4+} = 6.4-7.9$ ;  $\#Mg = 0.49-0.74$ ). Восточная пластина (ширина 3 км) сложена массивными и слабо рассланцованными метагаббро и метабазами. В трех исследуемых пластинах в метабазах устанавливаются характерные для офиолитов структуры подушечной отдельности. Геохимические характеристики исследуемых базальтов в пределах разреза Рыбнинских офиолитов соответствуют характеристикам N-MORB и E-MORB.

В районе Скородумского мыса, в восточной части исследуемого разреза, установлены два магматических тела трахибазальтов, ассоциирующие с монцонитами, характеризующихся общим стилем деформаций, выраженных в проявлении милонитизации (сланцеватость:  $Az$  130°,  $\angle$  70°). Трахибазальты сложены амфиболом (до 70 об.%): железистой роговой обманкой, ферропаргаситом, ферроэденимом ( $Si^{4+} = 6.3-7.2$ ;  $\#Mg = 0.34-0.49$ ;  $Fe^{3+} < 0.01$ ) плагиоклазом и биотитом (по 15 об.%), изменены – имеют нематолепидобластовую структуру. Монцониты – более деформированные породы, сложены калиевым полевым шпатом (до 70 об.%), биотитом (до 15 об.%), замещенным хлоритом, а также мусковитом (10 об.%) и кварцем (5 об.%). В западной части эти магматические породы имеют тектонический контакт с метапесчаниками. В последних установлены линзы гранитных пегматитов (мощность до 40 м), ориентированные согласно сланцеватости вмещающих пород ( $Az$  315-340°,  $\angle = 43-63^\circ$ ). Породы крупнозернистые (до 20-30 мм), сложены: кварцем (30 об.%), альбитом (25 об.%), мусковитом (25 об.%), микроклином (20 об.%), акцессорные минералы - апатит, ксенотим, уранинит, торит, ортит.

Трахибазальты р-на мыса Скородумский ( $SiO_2 = 46.1-49.6$  мас.%,  $K_2O+Na_2O = 1.96-3.54$  мас. %) относятся к породам известково-щелочной серии (содержание  $K_2O$  меняется от 1.02 до 1.86). Значение отношения  $(La/Yb)_n = 2.5$ , они не имеют или имеют небольшую аномалию Eu ( $Eu/Eu^* = 0.8$ ). Исследуемые трахибазальты характеризуются обеднением Ba, Sr, P, Ti и обогащением K, Rb, Th, La, U, Hf, Nb, Ta, Zr, Tb, Y.

Исследование магматических пород из двух разрезов Ангарского участка Татарско-Ишимбинской сутуры позволило установить структурные элементы вергентности юго-западного фрагмента Татарско-Ишимбинской сутуры с простиранием 0-20° в Рыбнинских офиолитах и субщелочных породах Скородумского мыса – до 50-70° в гранитных пегматитах. Изменение направленности структурных элементов этой сутуры связано



вероятно с продолжающимися деформациями в пределах Центрально-Ангарского террейна, вследствие его косо́й коллизии с Сибирским кратоном [1, 3]. Петрографическое и геохимическое изучение магматических пород Ангарского участка Татарско-Ишимбинской сутуры позволяет отнести базальты Рыбнинских офиолитов к породам N-MORB и E-MORB, а субщелочные средние и основные породы к татарскому комплексу активной континентальной окраины [4, 5, 6]. Дальнейшее геохронологическое изучение этих магматических пород, таким образом, является важным для расшифровки тектонической истории Татарско-Ишимбинской сутуры Енисейского кряжа.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ 18-35-00556, 18-05-00854*

### **Литература**

1. Vernikovskiy V.A., Vernikovskaya A.E., Kotov A.B., Sal'nikova E.B., Sal'nikova E.B., Kovach V.P. Neoproterozoic accretionary and collisional events on the western margin of the Siberian craton: new geological and geochronological evidence from the Yenisey Ridge. *Tectonophysics*. 2003. №375. P. 175–191.
2. Vernikovskiy V., Vernikovskaya A., Chernykh A. Neoproterozoic orogenic belts of the western margin Siberian Craton: petrology and tectonic evolution. CD-ROM Abstract Volume. IGC №31. 2000. Rio de Janeiro. Brazil.
3. Матушкин Н.Ю. Геология и кинематика Ишимбинской и Приенисейской зон разломов Енисейского кряжа. Дис. канд. геол.-мин. наук. Новосибирск. ИНГГ СО РАН. 2010. 206 с.
4. Верниковский В.А., Верниковская А.Е., Сальникова Е.Б., Бережная Н.Г., Ларионов А.Н., Котов А.Б., Ковач В.П., Верниковская И.В., Матушкин Н.Ю., Яснев А.М. Позднерифейский щелочной магматизм западного обрамления Сибирского кратона: результат континентального рифтогенеза или аккреционных событий? Доклады РАН. 2008. Т. 419. № 1. С. 90–94.
5. Романова И.В., Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю., Ларионов А.Н. Неопротерозойский щелочной и ассоциирующий с ним магматизм в западном обрамлении Сибирского кратона. *Геология и геофизика*. 2012. № 53. С. 1530–1555.
6. Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю., Метелкин Д.В., Кадыльников П.И., Ларионов А.Н. Геология, геохимия и U/Pb возраст габбро-долеритового комплекса Енисейского кряжа: значение для геодинамических реконструкций. Материалы научного совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)». 2016. С. 36–38.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОБОПОДГОТОВКИ БЕНТОНИТОПОДОБНЫХ ГЛИН ДЛЯ ОРГАНОМОДИФИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

*Бочарникова Ю.И., Боева Н.М.*

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН  
Москва, Россия  
[j.sharova@mail.ru](mailto:j.sharova@mail.ru)

Аннотация. Проведена успешная органомодификация бентонитоподобной глины Воронежской антеклизы. Для модификации было использовано поверхностно-активное вещество (ПАВ) – Arquard 2НТ-85. Разные варианты пробоподготовки дали отличные друг от друга результаты. Наименьший расход ПАВа наблюдался при подготовке суспензии глины без добавления активаторов. Самую полную органомодификацию удалось получить после предварительной подготовки суспензии с пирофосфатом натрия, который способствовал образованию устойчивой слабокоагулирующей суспензии. Наилучший результат был получен при добавлении 3 масс. % карбоната натрия и горячей деионизированной воды.

Ключевые слова: органомодификация, ПАВ, термический анализ, монтмориллонит, глина.

## SAMPLE PREPARATION OF BENTONITE-LIKE CLAY FOR ORGANOMODIFICATION ON THE EXAMPLE OF THE VORONEZH ANTECLISE DEPOSITE

*Bocharnikova Yu.I.<sup>1</sup>, Boeva N.M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Yu.I. Bocharnikova Institute of Geology of ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, [j.sharova@mail.ru](mailto:j.sharova@mail.ru)

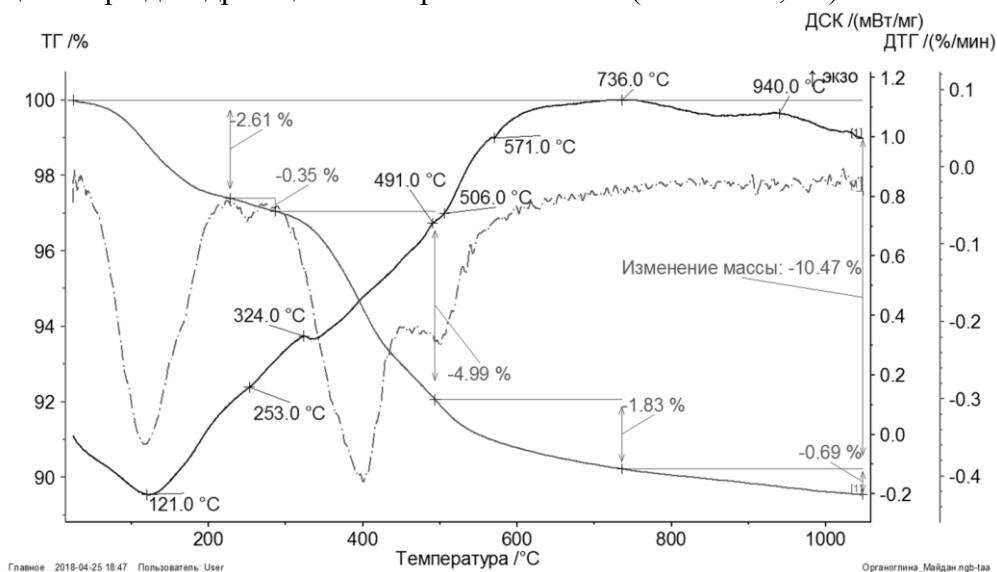
Abstract. Success organomodification were provided for bentonite-like clay of the Voronezh antecline. Surfactant Arquard 2НТ-85 were used. There are different results were received in vary sample preparation. Without activation compound consumption of surfactant were low. After pretreatment of suspension with sodium pyrophosphate was obtained fullest organomodification, which promoted the formation of sustainable weakly coagulating suspension. Adding 3 wt. % sodium carbonate and hot deionized water was optimal.

Органомодификацию монтмориллонита (ММТ) проводят чаще всего с целью получения наполнителя, имеющего высокое сродство к полимерам, а также для извлечения из водной среды неполярных или слабополярных загрязнителей. В обзорах публикаций исследователей отмечается, что применение органомодифицированных глин и получение на их основе веществ, обладающих уникальными свойствами, подробно изучается начиная с 80-х годов XX века [1, 2, 3]. Чаще всего модифицируют высококачественный природно-натровый бентонит, с содержанием монтмориллонита стремящимся к 100%. Ввиду

сложившихся в последние 2-3 года экономических условий, появилась необходимость поиска аналогов на основе широко распространенных отечественных глин.

В качестве объекта исследования для этой работы была использована бентонитоподобная глина Воронежской антеклизы. Химический состав, %: Na<sub>2</sub>O – 0.31, MgO – 1.58, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 13.26, SiO<sub>2</sub> – 69.52, K<sub>2</sub>O – 2.30, CaO – 0.78, TiO<sub>2</sub> – 0.84, MnO – 0.02, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5.30, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0.07, S – 0.05. Минеральный состав, %: монтмориллонит – 35, кварц – 14, гидрослюда – 14, биогенный аморфный кремнезем – 12, каоилит – 8, кристобалит – 6, полевые шпаты – 5, сульфаты – 4, акцессорные минералы – 1. Минеральный состав определялся комплексом методов: рентгенофазовым, рентгенофлуоресцентным, синхронно-термическим, петрографическими исследованиями в проходящем свете, а также сканирующей электронной микроскопией.

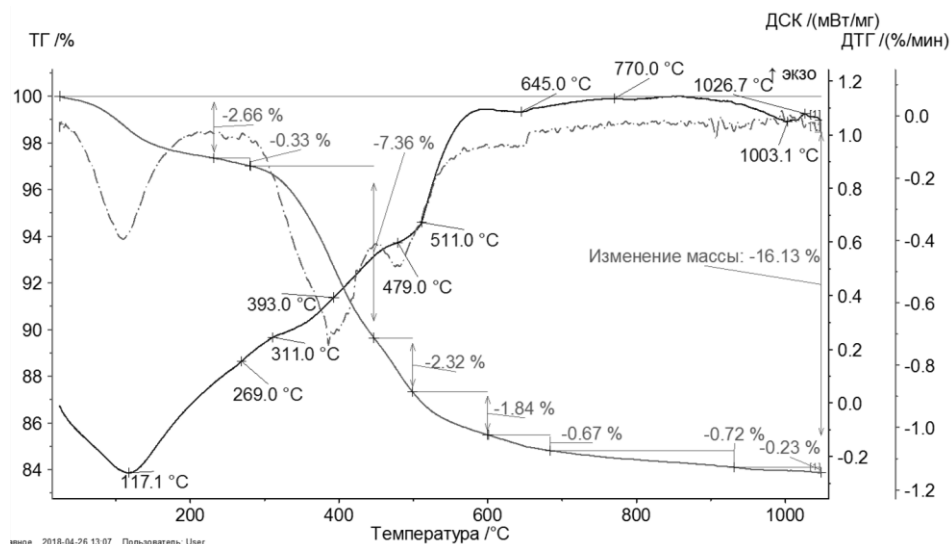
При попытке модифицировать ПАВом природную глину, мы получили расход ПАВа 4,62% от массы породы и 14% от массы ММТ. Суспензия быстро коагулировала, по данным термического анализа, воду вытеснить полностью не удалось (рис.1). Термический анализ проводится с целью определения количественных характеристик. Потери массы в интервале 324-491°C указывают на то, что ПАВ встроился в межслоевое пространство ММТ. Также важной характеристикой является величина потери при прокаливании. После сушки при 80-90°C в органоглине должно быть минимальное содержание молекулярной воды, выделяющейся при дегидратации в интервале 20-150°C (не более 2,5%).



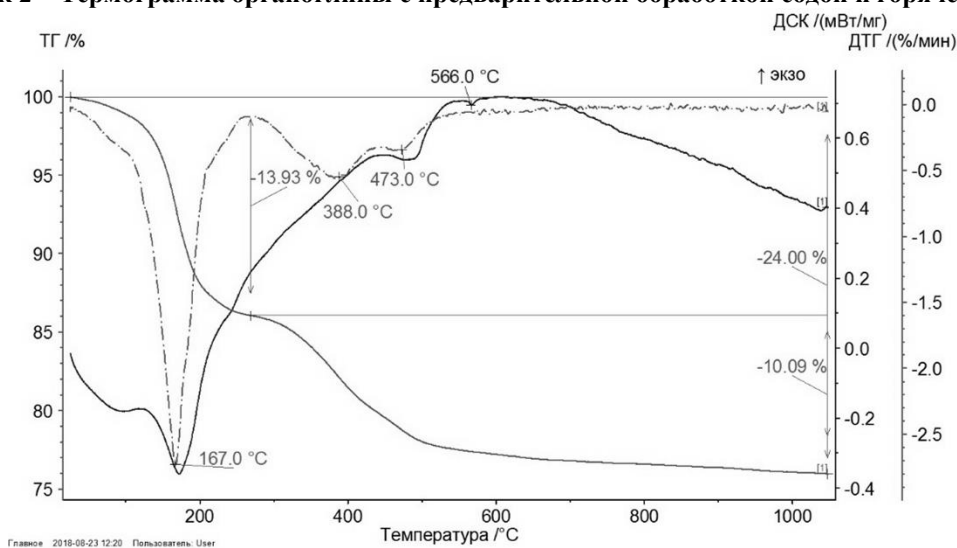
**Рисунок 1 – Термограмма органоглины на основе природного образца**

Добавление кальцинированной соды (карбонат натрия) в количестве 3,5% и деионизированной горячей воды с последующем перемешиванием в течение 40 мин и дальнейшим отстаиванием в течение 18 часов привело к распаду глины. Отстоявшуюся жидкость слили. В оставшуюся суспензию добавили раствор ПАВ (ЧАС - Arquard 2HT85) до гидрофобизации. От исходного количества глины масса ПАВа составила 5,663%, 17,6% от массы ММТ. Коагуляция прошла быстро и полностью. Полученный осадок промыли дважды от хлорид-ионов и высушили в сушильном шкафу при температуре 60-70 °C. По данным термогравиметрического анализа установлено, что потеря массы, приходящаяся на интервал удаления ПАВа, после обработки содой увеличилась почти вдвое (рис.2). Таким, образом, благодаря предварительному распаду глины межслоевые пространства ММТ стали доступнее для молекул ПАВ.

Обработанный пирофосфатом натрия образец глины гидрофобизировался с трудом при массе ПАВа 8,822 % от породы и 26,73% от массы ММТ (рис.3). Несмотря на то, что при обработке пирофосфатом натрия был достигнут полноценный роспуск глины, достаточной гидрофобности добиться не удалось. Потери массы при дегидратации 13,93% не соответствуют желаемым. Следовательно, обработка глины раствором соды в горячей воде при подготовке сырья к органомодификации является оптимальной.



**Рисунок 2 – Термограмма органической глины с предварительной обработкой содой и горячей водой.**



**Рисунок 3 – Термограмма органической глины с предварительной обработкой пирофосфатом натрия**

*Работа выполнена при финансовой поддержке госзадания ИГЕМ РАН № 0136-2016-0025.*

#### Литература:

1. Vazquez A., López M., Kortaberria G., Martín L., Mondragon I. Modification of montmorillonite with cationic surfactants. Thermal and chemical analysis including CEC determination. Applied Clay Science. 2008. 41. P. 24–36. <https://www.researchgate.net/publication/223571269>
2. Borisover M., Davis J. A. Adsorption of Inorganic and Organic Solutes by Clay Minerals. Natural and Engineered Clay Barriers. Developments in Clay Science, Vol. 6C. P. 33-70. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100027-4.00002-4>
3. Боева Н.М., Бочарникова Ю.И., Наседкин В.В., Белоусов П.Е., Демиденко К.В. (2013) Термический анализ – экспресс-метод оценки качественных и количественных характеристик природных и синтезированных органоглин. Российские нанотехнологии. 8(3–4), 54–57.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТЁКОЛ В СИСТЕМЕ $K_2O-B_2O_3-GeO_2$ - ПРИ ДАВЛЕНИИ ДО 9 ГПА.

*Бразжникова А.С.<sup>1</sup>, Королёва О.Н.<sup>2</sup>, Ращенко С.В.<sup>1,3</sup>, Романенко А.В.<sup>1,3</sup>, Захаров Б.А.<sup>1,4</sup>*

<sup>1</sup> Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Геолого-геофизический факультет, Новосибирск, Россия,

[a.brazhnikova@g.nsu.ru](mailto:a.brazhnikova@g.nsu.ru)

<sup>2</sup> Институт минералогии УрО РАН, Миасс, Россия

<sup>3</sup> Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>4</sup> Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия

Аннотация. Стёкла являются важным объектом с точки зрения материаловедения, а также могут рассматриваться в качестве моделей расплавов. В частности, германиевые стёкла считаются моделью высокобарических силикатных расплавов, в связи с чем исследование их поведения под давлением актуально для наук о Земле. Нами с помощью рамановской спектроскопии были исследованы стёкла состава  $30K_2O \cdot 70GeO_2$  и  $30K_2O \cdot 35B_2O_3 \cdot 35GeO_2$  при давлении до 9 ГПа. Полученные результаты позволили сделать вывод об изменении структуры стекла  $30K_2O \cdot 70GeO_2$  при давлении 4-5 и 8 ГПа, а стекла  $30K_2O \cdot 35B_2O_3 \cdot 35GeO_2$  – при давлении 3-4 ГПа.

Ключевые слова: стекло, германий, бор, координационное число, давление.

## STUDY OF $K_2O-B_2O_3-GeO_2$ GLASSES AT PRESSURES UP TO 9 GPa.

*Brazhnikova A.S.<sup>1</sup>, Koroleva O.N.<sup>2</sup>, Rashchenko S.V.<sup>1,3</sup>, Romanenko A.V.<sup>1,3</sup>, Zakharov B.A.<sup>1,4</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk National Research University, Department of Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia, [a.brazhnikova@g.nsu.ru](mailto:a.brazhnikova@g.nsu.ru)

<sup>2</sup>Institute of Mineralogy, Ural Branch of RAS, Miass, Russia

<sup>3</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>4</sup>G.K. Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract. Glasses are an important object in materials science, and can be considered as models of melts. In particular, germanium glasses are considered as a model of high-pressure silicate melts, and in so that their behavior under pressure is relevant for Earth sciences. We used Raman spectroscopy to study the glasses of  $30K_2O \cdot 70GeO_2$  and  $30K_2O \cdot 35B_2O_3 \cdot 35GeO_2$  compositions at pressures up to 9 GPa. The results obtained suggest that the structure of  $30K_2O \cdot 70GeO_2$  glass changes at 4-5 and 8 GPa, and  $30K_2O \cdot 35B_2O_3 \cdot 35GeO_2$  glass – at 3-4 GPa

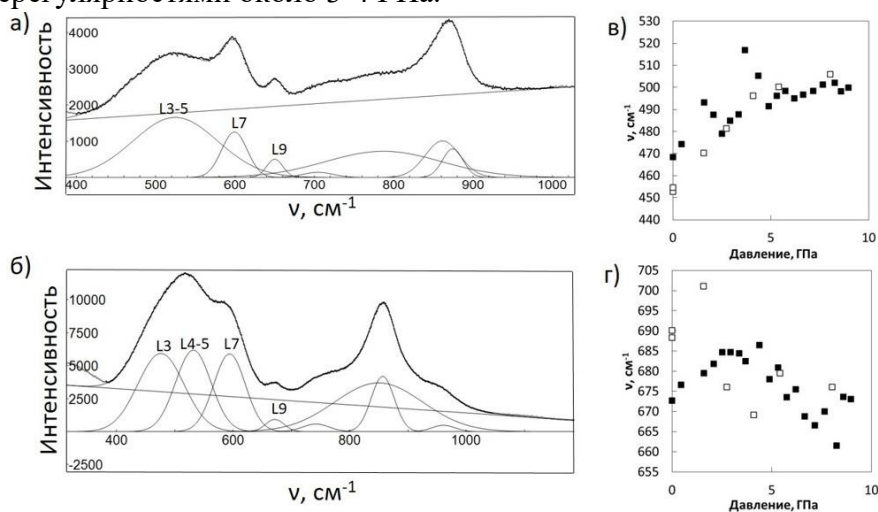
Key words: glass, germanium, boron, coordination number, pressure.

Ранее методом рентгеновской дифракции было изучено поведение стекла состава  $Li_2O-4GeO_2$  и расплава  $GeO_2$  при температуре 1273К. Переходы Ge из

четырёхкоординированной в шестикоординированную позиции наблюдались на давлениях 7-8 ГПа и 4-5 ГПа соответственно [1]. Фазовый переход В из трёхкоординированной в четырёхкоординированную позицию был отмечен при анализе стекла состава  $\text{La}_2\text{O}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{GeO}_2$  методом спектроскопии рентгеновского поглощения на давлении 4-7 ГПа [2].

Образцы состава  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 70\text{GeO}_2$  и  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 35\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 35\text{GeO}_2$  были изготовлены из химически чистых  $\text{GeO}_2$  (ОСТ 48-21),  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Первоначально реактивы в течении четырех часов прокалили при температуре  $100^\circ\text{C}$ , а затем отобрали в необходимых пропорциях. Расчет производился на 5 грамм стекла, образец  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 70\text{GeO}_2$  синтезировался из 2,043 грамм  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и 3,6075 грамм  $\text{GeO}_2$ , образец  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 35\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 35\text{GeO}_2$  синтезировался из 2,0512 грамм  $\text{GeO}_2$ , 2,3233 грамм  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и 1,3654 грамм  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Далее смесь перемешивали в ступке со спиртом и выдерживали  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 1,5$  часа при температуре  $100^\circ\text{C}$  в сушильном шкафу. Образцы были синтезированы в платиновом тигле в муфельной печи при температуре  $1200-1380^\circ\text{C}$  до полной гомогенизации расплава и его осветления. После расплав отливался на стальной пластине и охлаждался на воздухе. Для исследования при давлении использовались ячейка с алмазными наковальнями с диаметром рабочих площадок 840 мкм, гаскета с толщиной отпечатка  $\sim 80$  мкм и диаметром отверстий в 210 мкм. Образцы были погружены в порошок KBr. Спектры сняты на приборе Horiba Jobin Yvon HR800 лазером с длиной волны 488 нм.

Для образца состава  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 70\text{GeO}_2$  спектры были разложены одной линейной функцией и семью функциями Гаусса; спектры образца состава  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 35\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 35\text{GeO}_2$  описывались линейной функцией и восемью функциями Гаусса. Функция L3 описывает колебания связей Ge-O-Ge четырёхкоординированного германия в трехчленных кольцах, L4 – симметричное колебание связей Ge-O-Ge четырёхкоординированного германия, функция L5 – колебание Ge-O-Ge четырёх- и шестикоординированного германия, L7 – колебания колец тетраэдров  $\text{GeO}_4$  и октаэдров  $\text{GeO}_6$ , L9 – валентные колебания шестикоординированного германия. Изменение вклада колебаний L3-5 и L7 в общую площадь в зависимости от давления отмечают переходы на давлениях 4-5 ГПа и около 8 ГПа для образца состава  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 70\text{GeO}_2$  (Рис.1). В стекле состава  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 35\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 35\text{GeO}_2$  частоты колебаний L3 и L9 под воздействием давления демонстрируют обратимое смещение с нерегулярностями около 3-4 ГПа.



**Рисунок 1 – Разложение рамановских спектров стёкол состава  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 70\text{GeO}_2$  (а) и  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 35\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 35\text{GeO}_2$  (б). Смещение частот рамановских колебаний L3 (в) и L9 (г) стекла состава  $30\text{K}_2\text{O} \cdot 35\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 35\text{GeO}_2$  при повышении (закрытые квадраты) и снижении (открытые квадраты) давления**

### **Литература:**

1. Osamu Ohtaka, Hiroshi Arima, Hiroshi Fukui, Wataru Utsumi, Yoshinori Katayama, Akira Yoshiasa. Pressure-induced sharp coordination change in liquid germanate. *Physical Review Letters*. 2004. V. 92. №15, P. 155506
2. Camille Coussa-Simon, Christine Nartinet, Dominique de Ligny, Thierry Deschamps, Angela Trapananti, Bernard Champagnon. Permanent Ge coordination change induced by pressure in  $\text{La}_2\text{O}_3 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{GeO}_2$  glass. *The American Ceramic Society*. 2010. V93. № 9. P. 2726-2730

**ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ И ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ГРАНИТНЫХ ОБЛОМКОВ В КЕМБРИЙСКИХ КОНГЛОМЕРАТАХ  
БАЯНКОЛЬСКОЙ СВИТЫ СИСТИГХЕМСКОГО ПРОГИБА (ТУВА)**

*Бродникова Е.А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Новосибирск, Россия,

[brodnikovaelizaveta@mail.ru](mailto:brodnikovaelizaveta@mail.ru)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Россия

Аннотация. Начато изучение грубообломочных кембрийских отложений баянкольской свиты Систигхемского прогиба. Впервые получены петрографические и изотопно-геохимические характеристики, проведено U-Pb датирование цирконов методом LA-ICP-MS обломков гранитов в конгломератах этой свиты. Установлено в пределах питающей провинции несколько источников сноса поступления обломочного гранитного материала в бассейн седиментации баянкольской свиты - мезо-неопротерозойский ювенильный блок с проявлением гранитного магматизма на 630 млн лет и палеопротерозойский континентальный блок, где процессы гранитообразования протекали на рубеже 580 млн лет.

Ключевые слова: конгломераты, граниты, U-Pb датирование

**THE PETROGRAFIC, ISOTOPE AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF  
GRANITE FRAGMENTS IN THE CAMBRIAN CONGLOMERATES OF THE  
BAYANKOLSKAYA SUITE OF THE SISTIGHEMSKY DEFLECTION (TUVA)**

*Brodnikova E.A.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Russia, [brodnikovaelizaveta@mail.ru](mailto:brodnikovaelizaveta@mail.ru)

Abstract. Studying of pefitic cambrian deposits of bayankolsky suite of the Sistigkhemsky deflection is begun. Petrographic and isotope and geochemical characteristics are for the first time received, U-Pb dating of zircons by the LA-ICP-MS method of fragments of granites in conglomerates of this suite is carried out. Several sources of demolition of intake of detrital granite material to the pool of sedimentation of bayankolsky suite - the meso-neoproterozoic juvenile block with manifestation of granite magmatism on 630 million years and the paleoproterozoysky continental block where processes of a formation of granits proceeded at a boundary of 580 million years are established within the feeding province.

Key words: conglomerates, granites, U-Pb dating

В Центральной Туве по берегу р. Баян-Кол распространены кембрийские отложения баянкольской свиты (N51°37,4'67" E93°33,6'19" - N51°36,6'97" E93°33,7'72"). В ее состав входит конгломератовый горизонт, в котором в преобладающем количестве встречается



галька кислых интрузивных пород, а также эффузивных пород основного и среднего состава. Размер обломков варьируют от 10 до 50 см в диаметре, что указывает на незначительное расстояние от источников сноса до бассейна седиментации.

С целью реконструкции источников поступления гранитной гальки для кембрийских конгломератов баянкольской свиты было проведено их петрографическое, геохимическое и Sm-Nd изотопное изучение, U-Pb датирование методом LA-ICP-MS цирконов из них.

Среди гранитоидов из обломочной части конгломератов на основе петрографических и петрохимических исследований было выделены три литотипа:

**I литотип – лейкоплагиограниты.** Являются наиболее представительной группой, встречающейся среди обломочной части конгломератового горизонта. Состоят из кварца (30-40%), плагиоклаза (50-60%), биотита и мусковита. Биотит часто замещен хлоритом. Структура среднезернистая, гипидиоморфозернистая, встречаются разности с элементами микропегматитовой.

**II литотип – плагиограниты.** Сложены кварцем (20-35%), плагиоклазом (40-60%), и темноцветными минералами, такими как биотит и роговая обманка, которые часто замещены хлоритом и эпидотом. Характерно средне - крупнозернистое строение.

**III литотип – тоналиты.** Сложены кварцем (15-20%), плагиоклазом (40-60%), биотитом и роговой обманкой. По биотиту и роговой обманке развиваются вторичные минералы (хлорит, эпидот).

Признаков наложенных деформаций – будинирования, катаклаза или направленной ориентировки минеральных зерен не выявлено. Изученные кислые интрузивные породы сформировались без стрессовых воздействий при кристаллизации.

Согласно петрохимическим данным для гранитоидов конгломератового горизонта баянкольской свиты характерно низкое содержание  $K_2O$  и относительно высокое содержание  $Na_2O$ .

По геохимическим и изотопным характеристикам выделилось три группы гранитов, в которые в разных соотношениях входят и лейкоплагиограниты и тоналиты и плагиограниты. Это указывает на то, что граниты одной геохимической группы наиболее вероятно представляют разности единых магматических комплексов.

Для гранитов первой группы, представленной лейкогранитами отношение  $LREE/HREE = 0,558$ , а  $(La/Yb)_n$  отношение составляет  $0,879$ ,  $(Eu/Eu^*)_n$  равняется  $0,73$ , а  $(Gd/Yb)_n = 0,698$ . Что касается гранитов второй группы ( $LREE/HREE$ ) изменяется в пределах от  $0,459$  до  $0,491$ ,  $(La/Yb)_n$  от  $0,52$  до  $0,674$ ,  $(Eu/Eu^*)_n$  от  $0,692$  до  $0,748$ ,  $(Gd/Yb)_n = 0,755-0,783$ . Граниты третьей группы характеризуются наименьшими значениями отношения  $LREE/HREE$  относительно двух других групп. Оно варьирует от  $0,302$  до  $0,366$ .  $(La/Yb)_n = 0,288 - 0,443$ ,  $(Eu/Eu^*)_n$  отношение имеет близкие значения для всех проб от  $0,849$  до  $0,895$ ,  $(Gd/Yb)_n = 0,547 - 0,7$ .

При этом во вторую и третью группы попали как лейкограниты, так и плагиограниты и тоналиты. Это указывает на их образование в пределах одного тектонического блока. Граниты первой группы существенно отличаются по распределению РЗЭ от этих двух групп и образовались в других тектонических обстановках.

Граниты из галек и валунов конгломератов имеют близкие спектры распределения мультиэлементов. Четко устанавливаются Nb-Ta и Ti – минимумы, которые указывают на субдукционные характеристики метабазитового субстрата при подчиненном участии древнекорового материала при кристаллизации гранитоидного расплава. Исключение

составляют граниты 1 группы, геохимические характеристики которых указывают на их происхождение в пределах континентального блока.

Для гранитов из обломков конгломератового горизонта было проведено Sm-Nd изотопное изучение. Наблюдаются существенные различия в изотопных характеристиках гранитов первой группы и двух других. Граниты первой группы сформировались в пределах протерозойского континентального блока и на диаграмме основных мантийных компонентов попадают в область ЕМІ (субконтинентальная литосферная мантия). В свою очередь, вторая и третья группы образовались в пределах мезо-неопротерозойского блока ювенильной коры.

Изотопно-геохимические исследования дают следующие результаты для гранитов из обломков:  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0,7048 - 0,7057$ ,  $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_0 = 0,5114 - 0,5123$ . Наблюдаются различия в значении  $\epsilon\text{Nd}(t)$ . Для гранитов первой группы  $\epsilon\text{Nd}(t) = -8,2$ , а для гранитов второй  $\epsilon\text{Nd}(t)$  меняется от +7,4 до +8,6. Группа, имеющая отрицательное значение  $\epsilon\text{Nd}(t)$  характеризуется самым древним из всех полученных модельным возрастом, равным 2,4 млрд лет. Это подтверждает наше утверждение о формировании этих гранитов в пределах древнего палеопротерозойского континентального блока. На присутствие среди источников сноса пород палеопротерозоя так же указывают результаты датирования детритовых цирконов из вышележащей аласугской свиты. Для всех остальных проб гранитов, включая тоналит, характерен мезо-неопротерозойский возраст от 580 до 630 млн лет и ювенильное происхождение первоначальных магм.

В результате U-Pb датирования магматических цирконов методом лазерной абляции в университете Гонконга двух валунов лейкоплагиогранитов из конгломератового горизонта баянкольской свиты был установлен их возраст. Граниты первой группы – континентальной принадлежности имеют возраст в 588 млн лет, а граниты ювенильной природы - 632 млн лет.

Существующие на настоящий момент геохронологические данные для гранитных комплексов Тувы имеют в основном кембрийский – ордовикский возраст [1]. Выявлен лишь один гранитный массив с возрастом 562 млн лет. Гранитов в интервале 580-630 млн лет на данной территории не выявлено. Вероятнее всего источники крупных гранитных валунов скрыты под палеозойскими и мезозойскими осадками и не выведены на поверхность, или же полностью денудированы.

Таким образом, можно выделить среди источников поступления обломочного материала в бассейн седиментации отложений баянкольской свиты как минимум две гранитных массива: 1. Граниты с возрастом 580 млн лет древнего континентального блока  
2. Граниты с возрастом 630 млн лет мезо-неопротерозойского блока ювенильной коры

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ 18-05-00604.*

#### **Литература:**

1. Руднев С.Н. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озерной зоны Западной Монголии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. С.119-162

**РЕЗУЛЬТАТЫ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ НА ПАУЖЕТСКОМ  
ГЕОТЕРМАЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)**

*Букатов Ю.Ю.<sup>1</sup>, Феофилактов С.О.<sup>1</sup>, Нуждаев И.А.<sup>1</sup>, Денисов Д.К.<sup>1</sup>, Долбня Б.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия,  
[tomgf@mail.ru](mailto:tomgf@mail.ru)

<sup>2</sup> Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Петропавловск-  
Камчатский, Россия

Аннотация. По результатам профильных гравиметрических работ выделены структурные особенности Паужетского геотермального месторождения.

Ключевые слова: термальное поле, геотермальное месторождение, гравиметрия.

**THE RESULTS OF GRAVIMETRIC SURVEY IN PAUZHETKA GEOTHERMAL  
DEPOSIT (SOUTHERN KAMCHATKA)**

*Bukatov Yu.Yu.<sup>1</sup>, Feofilactov S.O.<sup>1</sup>, Nuzhdaev I.A.<sup>1</sup>, Denisov D.K.<sup>1</sup>, Dolbnya B.M.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Institute of Volcanology and seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia,  
[tomgf@mail.ru](mailto:tomgf@mail.ru)

<sup>2</sup> Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

Abstract. Profile gravity studies allow us to define specific structural characteristic features for Pauzhetska Geothermal Deposit.

Key words: thermal field, geothermal deposit, gravimetric.

Паужетско-Камбально-Кошелевский геотермальный (рудный) район находится на южной оконечности Камчатского полуострова. Здесь расположено первое в нашей стране разведанное и эксплуатируемое с 1966 г. Паужетское геотермальное месторождение. Месторождение и одноименная гидротермальная система относятся к вододоминирующему типу: в геологической структуре выделяется два водоносных горизонта на глубинах примерно 100-300 м (верхний горизонт) и 500-700 м (нижний) [1]. Разгрузка горячих вод на дневной поверхности происходит в пределах термальных полей: Южно-, Верхне-, Нижне- и Восточно-Паужетского.

На начальных этапах изучения месторождения выходы термальных источников «привязывались» к линейным разрывным тектоническим нарушениям [1]. Предполагалось, что поступление высокотемпературных гидротермальных растворов из нижнего водоносного горизонта и смешение их с водами верхнего горизонта происходит в пределах линейных открытых трещин.

В дальнейшем, на основании детального изучения керна новых глубоких скважин и геолого-геохимических исследований, были выделены приподнятые тектонические блоки (возможно, имеющие тектоно-магматическую природу) и показано, что именно с ними

связан подъем гидротерм из нижних горизонтов месторождения к дневной поверхности [2]. Эти выводы были обоснованы на примере центральной части Паужетской гидротермальной системы – района Верхне-, Нижне- и Южно-Паужетского термальных полей. Нами показано, что и Восточно-Паужетское термальное поле образовалось в структуре такого же блока [3].

В последние годы сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН проводятся дополнительные геологические и геофизические исследования на Паужетском геотермальном месторождении с целью решения ряда принципиальных вопросов. В комплекс методов вошли: площадные и профильные магнитометрические, гравиметрические и электроразведочные (методы ПС и ВЭЗ) работы; температурные съемки, микросейсмическое зондирование и бурение картировочных скважин.

По результатам гравиметрических работ для Паужетского геотермального месторождения построены графики распределения аномального гравитационного поля в редукции Буге. Профиля проходили через Южно-, Верхне- и Нижне-Паужетские термальные поля (профиль № 1), гору Березовая (профиль № 3), а также пересекали другие выделенные ранее геологические структуры (профиля № 2,4,5).

На графике аномального гравитационного поля по профилю № 1 выделяются две отдельные структуры: одна соответствует Верхне-Паужетскому термальному полю, вторая - горе Березовой. По мнению авторов [2] Верхне-Паужетское термальное поле приурочено к приподнятому тектоническому блоку, а гора Березовая является экстрезией кислого состава. Подводящий канал не вскрыт ни скважинами, ни естественными геологическими разрезами. Также на графике выделяется зона резкого перехода значений из положительных в отрицательные. Протяженность зоны в плане составляет 200 м, на дневной поверхности она соответствует участку, на котором периодически происходит прогрев грунтов. Так, в 2011 г. здесь было зафиксировано увеличение температуры приповерхностной толщи и выгорание растительности.

Профиль № 2 прошел через эксплуатационные скважины месторождения РЭ-2, РЭ-1, РЭ-7, РЭ-3. Участок скважины РЭ-1 характеризуется отрицательными значениями силы тяжести, наблюдается положительный максимум - в структурном плане он совпадает с "прямолинейным" тектоническим нарушением.

Профиль № 3 проходит от горы Березовая через тектоническое нарушение (предполагаемую границу экстрезии). В этой области на графике также наблюдаются отрицательные значения, а сама гора Березовая характеризуется положительными значениями силы тяжести в редукции Буге.

Профиля № 4 и № 5 расположены в южной части Паужетского геотермального месторождения. Профиль № 4 проходил от ГеоЭС на ЮВ и пересекает основные (выделенные ранее) геологические структуры. Протяженность профиля составила около 4 км. На графике выделяются: Верхне-Паужетское поле в виде положительных значений; тектонические нарушения в виде отрицательных и положительных значений.

На профиле № 5, проходящему с ЮЗ на ЮВ, отрицательными значениями поля силы тяжести выделяется зона разрывных тектонических нарушений, фиксируемая и на профиле № 4, что позволяет проследить ее пространственно.

В результате исследований авторами доклада получены дополнительные данные о строении Паужетского геотермального месторождения.

Авторы глубоко признательны всем участникам Южнокамчатско-Курильской экспедиции ИВиС ДВО РАН за содействие в проведении полевых исследований.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-35-00138).*

**Литература:**

1. Паужетские горячие воды на Камчатке. М.: Наука, 1965. 208 с.
2. Структура гидротермальной системы. Москва. Наука. 1993. 298 с.
3. Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., Букатов Ю.Ю., Нуждаев И.А., Нуждаев А.А. Новые данные о строении зоны разгрузки гидротерм в районе Восточно-Паужетского термального поля. Вулканология и сейсмология. 2017. № 5. С. 36-50.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СБОРА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Булавка Ю.А.<sup>1</sup>, Якубовский С.Ф.<sup>1</sup>, Майорова Е. И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь,

[u.bylavka@psu.by](mailto:u.bylavka@psu.by)

<sup>2</sup>ОАО «Нафтан», Новополоцк, Беларусь

Аннотация: в работе проведен анализ пористости и исследованы сорбционные свойства отходов сельскохозяйственной промышленности. Предложен эффективный сорбент для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на основе отходов растениеводства.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукт, сорбент, отходы сельского хозяйства

## USE OF AGRICULTURAL WASTE IN THE PRODUCTION OF SORPTION MATERIALS FOR OIL AND PETROLEUM PRODUCTS

*Bulauka Y.A.<sup>1</sup>, Yakubouski S.F.<sup>1</sup>, Mayorova K.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus, [u.bylavka@psu.by](mailto:u.bylavka@psu.by)

<sup>2</sup>OJSC «Naftan», Novopolotsk, Belarus

Abstracts: In the paper researches and sorption properties of wastes of agricultural industry are conducted. Sorbent for liquidation of oil and oil products spills is proposed.

Keywords: oil, oil product, sorbent, agricultural waste.

Только на белорусских сельскохозяйственных предприятиях скапливается около 1,5 млн. тонн непродуктивных отходов, от переработки злаковых культур, льнокостры, семян рапса и трав, которые в настоящее время, как правило, подлежат захоронению, сжиганию либо вовлечению в состав комбикормов. Однако более эффективное использование данных отходов в производстве нефтяных сорбентов, позволит увязать утилизацию целлюлозо- и лигнинсодержащих отходов с природоохранной деятельностью и ликвидацией аварийных ситуаций нефти и нефтепродуктов.

До настоящего времени многие промышленные предприятия, использующие различные нефтепродукты, сливают тонны неочищенных или недостаточно отчисленных промышленных, поверхностных и ливневых сточных вод в озёра, реки и моря. Подобные выбросы наносят непоправимый ущерб экологии, не меньшую опасность представляют аварийные разливы нефти и нефтепродуктов. Нефтепродукты, образуя на поверхности воды тонкую плёнку, а в толще воды находясь в эмульгированном либо растворённом виде, являясь ксенобиотиками, оказывают токсический эффект на объекты гидро- и биосферы. Ежегодно в мире в окружающую среду поступает от 5 до 10 млн. тонн нефтепродуктов (это составляет 5-7 % от всего добытого и переработанного сырья).

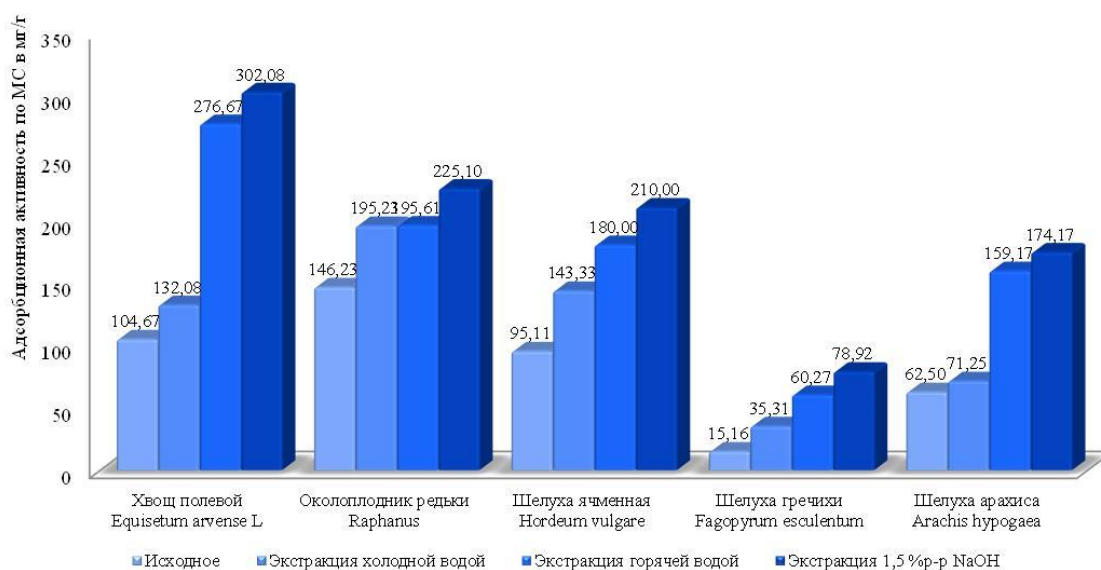
Увеличение объемов добычи нефти, её транспорта и переработки обуславливает актуальность выполнения исследований в области поиска эффективных сорбционных

материалов [1]. Для сохранения экологического равновесия объектов гидро- и биосферы используют различные технологии ликвидации нефтяных загрязнений, среди которых сорбционные методы занимают важное место [2].

Нами в качестве объекта исследования использовались различные образцы растительной биомассы: околоплодник редьки масличной, хвощ полевой, шелуха ячменя, шелуха гречихи и створки арахиса. При оценке эффективности сорбента руководствуются основными критериями: их емкостью по отношению к нефти относительно массы сорбента, степенью гидрофобности, плавучестью после сорбции и возможностью десорбции нефтепродукта, регенерации или утилизации сорбента и их стоимостью [3].

Эффективность поглощения нефти зависит от химического средства материала сорбента и поглощаемой жидкости и от структуры материала. Поглощение нефти происходит в результате быстрого смачивания поверхности сорбента нефтью, далее нефть проникает в пористую структуру материала, заполняет все пустоты под действием определённых сил [1].

Результаты анализа адсорбционной емкости по метиленовому синему (который благодаря своим линейным размерам и молярной массе косвенно характеризует сорбционную способность по отношению к нефтепродуктам и позволяет судить о содержании в сорбенте микропор с размерами эффективных диаметров 1,5...1,7 нм), определенные по ГОСТ 4453 для образцов фракции 0,25-1 мм представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1 - Адсорбционная активность по метиленовому синему**

Из анализируемых образцов максимальная адсорбционная емкость по метиленовому синему характерна для околоплодников редьки, шелухи ячменной и хвоща полевого как в нативном виде, так и после обработки водой и щелочью, что позволяет прогнозировать их высокую нефтеемкость. Установлено также, что:

- основываясь на данных анализа микроструктуры образцов на атомно-силовом микроскопе, исследуемые образцы относятся к объемно-пористым сорбентам, при этом пористость поверхности шелухи ячменной наиболее развита, что подтверждено экспериментально;

- при гидрофобизации поверхности 2% раствором соляной кислоты и полиметилсилоксановой жидкостью наилучшие показатели установлены при обработке 2%

НСI, вероятно удаление гемицеллюлозы, приводит к уменьшению гидроксильных групп и водородных связей сорбента с водой;

– тяжелые нефтепродукты поглощаются всеми образцами значительно эффективнее, нежели легкие, что обусловлено увеличением энергии адгезионной связи;

– экономически эффективная сорбционная способность сорбентов в нативном необработанном свыше 3,0 г/г установлена для хвоща полевого и шелухи ячменной;

– на примере шелухи ячменной сорбционная способность у остатка после экстракции щелочью увеличивается в 4,2 раза по нефти, в 4,8 раза по вакуумному дистилляту, в 3,2 раза по дизельному топливу, в 3,4 раза по керосину;

– оптимальный температурный диапазон применения сорбентов на основе отходов сельского хозяйства при поглощении нефти от минус 5 до 40 °С;

– наиболее эффективный гранулометрический состав сорбента характерен для фракции 0,25-1 мм;

– из всех изучаемых образцов отходов сельского хозяйства наилучшие показатели по сорбционной способности установлены для шелухи ячменной. Наиболее высокая нефтеемкость до 13 г/г установлена при обработке 1,5% водным раствором NaOH, однако наиболее целесообразный способ с экономической точки зрения – обработка холодной водой, при этом нефтеемкость составляет около 9 г/г.

– значения нефтеемкости исследуемых образцов не уступают показателям некоторых промышленных сорбентов на основе торфа («Белнефторб - экстра», «Питсорб», «Турбоджет», «Сибсорбент», «Экограннефторф» и др.).

Анализ сорбционной способности показал, что исследуемые материалы, пригодны для сбора проливов нефти и нефтепродуктов как в нативном виде, так и остаток, подвергнутый обработке [3]. Сорбенты на основе растительных материалов могут рассеиваться при очистке различных загрязненных поверхностей вручную, механическими или пневматическими устройствами, далее собранный конгломерат может подвергаться извлечению нефти компрессионными методами. Насыщенные углеводородами сорбенты, после механического отжима, могут быть использованы в качестве топливных брикетов с повышенной теплотворной способностью, либо подвергаться биологическому разложению или сжиганием [4].

Производство сорбентов с использованием отходов сельскохозяйственной промышленности, благодаря экологической чистоте, широкой сырьевой базе, достаточной нефтеемкости при низкой стоимости, позволит расширить ассортимент нефтяных сорбентов, снизить нагрузку на окружающую среду и получить экономический эффект.

#### Литература:

1. Веприкова Е.В., Терешенко Е.А. Особенности очистки воды и нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей. Журнал Сибирского федерального университета. 2010. №3. С. 285-303.
2. Артемов А.В., Пинкин А.В. Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений // Вода: химия и экология. 2008. № 1. С. 19- 25
3. Майорова Е. И., Булавка Ю.А. Ликвидация нефтяных загрязнений с помощью целлюлозосодержащих сорбирующих материалов. IX Евразийский экономический форум молодежи Eurasia green. Тезисы работ участников международного конкурса научно-исследовательских проектов молодых ученых и студентов. -2018. С. 46-47.
4. Якубовский С.Ф., Булавка Ю. А., Майорова Е. И. Получение сорбента для сбора нефти и нефтепродуктов при их разливах путем утилизации отходов агропромышленного комплекса // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. - 2017. № 11. С. 84-89.



## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ЯМР-ИССЛЕДОВАНИЙ

*Бурухина А.И.<sup>1</sup>, Шумская М.И.<sup>2</sup>, Чернова Е.С.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

[aleksandra.buruh@mail.ru](mailto:aleksandra.buruh@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

Аннотация. В работе были исследованы тяжелые нефти месторождений Западно-Сибирской провинции с различными физико-химическими характеристиками. Исследования плотности, вязкости, группового и фракционного состава нефтей коллекции проводились стандартными геохимическими методиками лабораторного анализа. Данные о содержании метано-нафтеновых, нафтено-ароматических и смолисто-асфальтовых компонентов в нефтях и их температурных фракциях были также получены методом ЯМР-релаксометрии и согласуются с данными адсорбционно-жидкостной хроматографии и ИК-спектрометрии.

Ключевые слова: физико-химические характеристики, групповой состав, ЯМР-релаксометрия

## PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF HEAVY OILS ACCORDING TO THE RESULTS OF GEOCHEMICAL AND NMR RESEARCHES

*Burukhina A.I.<sup>1</sup>, Shumskayte M.Y.<sup>2</sup>, Chernova E.S.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [aleksandra.buruh@mail.ru](mailto:aleksandra.buruh@mail.ru)

<sup>2</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

Abstract. The article presents researches of heavy oils with different physic-chemical properties from the reservoir of the West Siberian province. Studies of density, viscosity, group and fractional composition of oils were carried out by standard geochemical methods of laboratory analysis. Data on the content of methane-naphthenic, naphthenic-aromatic and resinous-asphalt fractions in oils and their temperature fractions were also obtained by NMR-relaxometry method. They correspond to the data of adsorption-liquid chromatography and IR spectrometry.

Key words: physic-chemical properties, group composition, NMR-relaxometry

Изучение геохимии углеводородных флюидов является важным направлением исследований геологии и нефтегазоносности осадочных бассейнов. Физико-химические свойства, в частности, являются неотъемлемым элементом в рамках региональных и локальных работ по поиску и разведке, добыче, транспортировке и переработке нефти.

В качестве объектов исследования были выбраны поверхностные пробы нефтей (10 проб) Ямальской, Гыданской, Пур-Тазовской и Фроловской областей. Пробы отобраны из юрско-меловых отложений с диапазона глубин от 888 до 3370 м.

Стандартное аналитическое исследование нефтей проводилось по единой схеме, принятой в лаборатории геохимии нефти и газа ИНГГ СО РАН, которая соответствует мировым методикам их изучения [1, 2].

Измерение плотности осуществлялось вибрационным методом с помощью прибора ВИП-2МР сертифицированного по [3]. Определение кинематической вязкости производилось с помощью вискозиметров Пинкевича при температурах 20 и 60°C [4]. Фракционный состав и температура начала кипения нефтей, а также фракции, выкипающие выше и ниже 200°C, были получены простой атмосферной перегонкой с однократным испарением на аппарате для определения фракционного состава нефтепродуктов ПЭ-7510 [5]. Определение группового состава нефтей включало в себя совместное использование метода адсорбционной жидкостной хроматографии для фракций нефтей, выкипающих при температуре выше 200°C, и ИК-спектроскопии для фракций, выкипающих ниже 200°C [1]. Групповой состав нефтей, фракций до и после 200°C был также исследован на ЯМР-релаксометре «МСТ-05». Полученные характеристики нефтей представлены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-химические характеристики исследованных проб

№ пробы	Месторождение	Интервал отбора	Фракционный состав, %		Плотность, г/см <sup>3</sup>	Вязкость динамическая (20°C), МПа·с	Групповой состав на нефть, %			
			до 200°C	после 200°C			УВ		Смолы и асфальтены	
							Me-Nn	Nn-Ar		
1	Геохимия	Новопортовское	1970 - 1976	13	87	0,8656	15,77	67,54	19,59	12,87
	ЯМР							67,99	17,34	14,66
2	Геохимия	Бованенковское	3341 - 3370	-	-	0,9208	-	71,81	15,55	12,65
	ЯМР							71,36	15,05	13,58
3	Геохимия	Новопортовское	1876 - 1884	14	86	0,8680	8,06	72,78	22,92	4,31
	ЯМР							69,90	22,69	7,41
4	Геохимия	Новопортовское	2054 - 2069	21	79	0,8574	10,43	67,80	26,08	6,13
	ЯМР							73,94	19,66	6,39
5	Геохимия	Геофизическое	1830 - 1837	-	-	0,9089	21,02	56,48	33,75	9,77
	ЯМР							59,26	30,43	10,30
6	Геохимия	Восточно-Мессояхское	2208 - 2214	14	86	0,8636	4,09	68,48	23,42	8,10
	ЯМР							77,36	17,33	5,31
7	Геохимия	Ванкорское	1673 - 1680	-	-	0,9054	66,25	59,95	24,49	15,56
	ЯМР							48,52	32,92	18,56
8	Геохимия	Салымское	2794 - 2830	34	66	0,8153	3,11	77,67	19,40	2,93
	ЯМР							76,30	20,45	3,26
9	Геохимия	Правдинское	2785 - 2945	26	74	0,8632	6,51	49,81	37,08	13,11
	ЯМР							41,03	49,73	9,24
10	Геохимия	Заполярье	2816 - 2828	39	61	0,8184	2,28	-	-	-
	ЯМР							90,37	4,13	5,50

По значениям плотности пробы коллекции делятся на средние (№ 8, 10), тяжелые (№ 1, 3, 4, 6, 9) и битуминозные (№ 2, 5, 7). Результат исследования вязкости нефтей разброс от 2,28 МПа·с до 66,25 МПа·с. Пробы средней плотности (№ 8, 10) закономерно характеризуются незначительной динамической вязкостью, как и проба Восточно-Мессояхского месторождения со средней плотностью (№ 6). Маловязкими являются две пробы Новопортовского и Правдинского месторождений средней плотности (№ 3, 9),

повышенной вязкости – две пробы Новопортовского месторождения средней плотности (№ 1, 4) и одна битуминозная нефть Геофизического месторождения (№ 5). К высоковязким нефтям относятся две битуминозные пробы Бованенковского и Ванкорского месторождений (№ 2, 7) [6].

Ввиду высокой плотности нефтей, фракционный состав проб не слишком разнообразен и характеризуется преимущественным содержанием фракции, выкипающей после 200С – от 61% у нефтей № 8, 10 до приблизительно 100% у нефтей № 2, 5, 7, для которых получить фракцию, выкипающую до 200С не удается.

Групповой состав проб более разнообразен. В составе нефтей средней плотности преобладают насыщенные Me-Nn УВ (77,67%), содержание Nn-Ag УВ в несколько раз ниже, а смолисто-асфальтовых компонентов – следовые. Нефти № 1, 3, 4, 6, 9 также характеризуются преобладанием в составе Me-Nn УВ (49,81-72,78%), количество смол (19,59-37,08%) и смолисто-асфальтовых компонентов (4,31-13,11%) варьируется в широком диапазоне. Для нефтей № 5, 7 содержание Me-Nn УВ в среднем закономерно ниже, а ароматических и смолисто-асфальтовых выше, чем для тяжелых нефтей и нефтей средней плотности. Однако, самая тяжелая битуминозная нефть коллекции с вязкостью 43,55 МПа·с при 60°С (№ 2) описывается преобладанием насыщенных УВ (71,81%) и приблизительно равным содержанием ароматических и смолисто-асфальтовых компонентов (15,55% и 12,65%, соответственно), что можно объяснить ее высокой парафинистостью.

Различия в физико-химических характеристиках нефтей обусловлено целями исследования – сравнение данных геохимических и ЯМР-измерений. На начальном этапе исследований экспресс метод ЯМР-релаксометрии позволяет без значительных временных затрат определить основные закономерности группового состава нефтей. Положительные результаты метод показал и при определении состава нефтяных фракций. В дальнейшем планируется провести совместную интерпретацию геохимических и ЯМР-измерений плотности, вязкости и фракционного состава нефтей коллекции, а также произвести измерения при различных температурных режимах.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00112*

#### **Литература:**

1. Абрютин Н.Н., Абушаева В.В., Арефьев О.А. и др. Современные методы исследования нефтей: справочно-методическое пособие/ Под ред. Богомолова А.И. и др. Ленинград. Наука. 1984. 431с.
2. Yang C., Brown C. E., Hollebone B., Yang Z., Lambert P., Feildhouse B., Landriault M., Wang Z. Chemical fingerprints of crude oils and petroleum products. Canada. Environ. Forensics. 2017. Chapter 4. pp 209-465.
3. ГОСТ Р 57037-2016. Нефтепродукты. Определение плотности, относительной плотности и плотности в градусах API цифровым плотномером. Москва. Стандартинформ. 2016. 14 с.
4. ГОСТ 33-2000. Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости. Москва. Изд-во стандартов. 2008. 20 с.
5. ГОСТ 2177-99. Нефтепродукты. Метод определения фракционного состава. Москва. Изд-во стандартов. 2006. 24 с.
6. Распоряжение Минприроды России. Методические рекомендации по применению классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов. Москва. Минприроды России. 32 с.

**ТЕЛЛУРИДЫ В РУДАХ МАЛМЫЖСКОГО ЗОЛОТО-МЕДНОПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, НИЖНЕЕ ПРИАМУРЬЕ**

*Буханова Д.С.*

Институт Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия,  
[dasha-snejinka@yandex.ru](mailto:dasha-snejinka@yandex.ru)

Аннотация. В работе представлены результаты детального исследования руд Малмыжского золото-меднопорфирового месторождения, в результате которых было установлено присутствие минералов класса теллуридов и селенидов: гессит, науманнит, курилит, калаверит, фазы состава Ag–Te–Se и Ag–Bi–Se; сопчеит, котульскит, меренскит; алтаит, клаусталит, кавазулит, тетрадимит, цумоит, бабкинит; колорадоит; голдфилдит. Разнообразие теллуридов и селенидов в порфировых системах свидетельствует об их важном генетическом значении.

Ключевые слова: Малмыжское месторождение, теллуриды и селениды.

**TELLURIDES IN THE ORES OF MALMYZH GOLD-COPPER PORPHYRY DEPOSIT, LOWER AMUR**

*Bukhanova D.S.*

Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia,  
[dasha-snejinka@yandex.ru](mailto:dasha-snejinka@yandex.ru)

Abstract. The paper presents the results of a detailed study of the Malmyzh gold-copper-porphyry deposit ores. As a result was detected the presence of telluride and selenide class minerals: hessite, naumannite, kurilite, calaverite, mineral phases of Ag–Te–Se and Ag–Bi–Se compositions; sopcheite, kotulskite, mariinskite; altaite, clausthalite, kawazulite, tetradymite, tsumoite, babkinite; coloradoite; goldfieldite. A variety number of tellurides and selenides in porphyry systems indicates the important genetic significance of this minerals.

Key words: Malmyzh copper-gold porphyry deposit, tellurides and selenides.

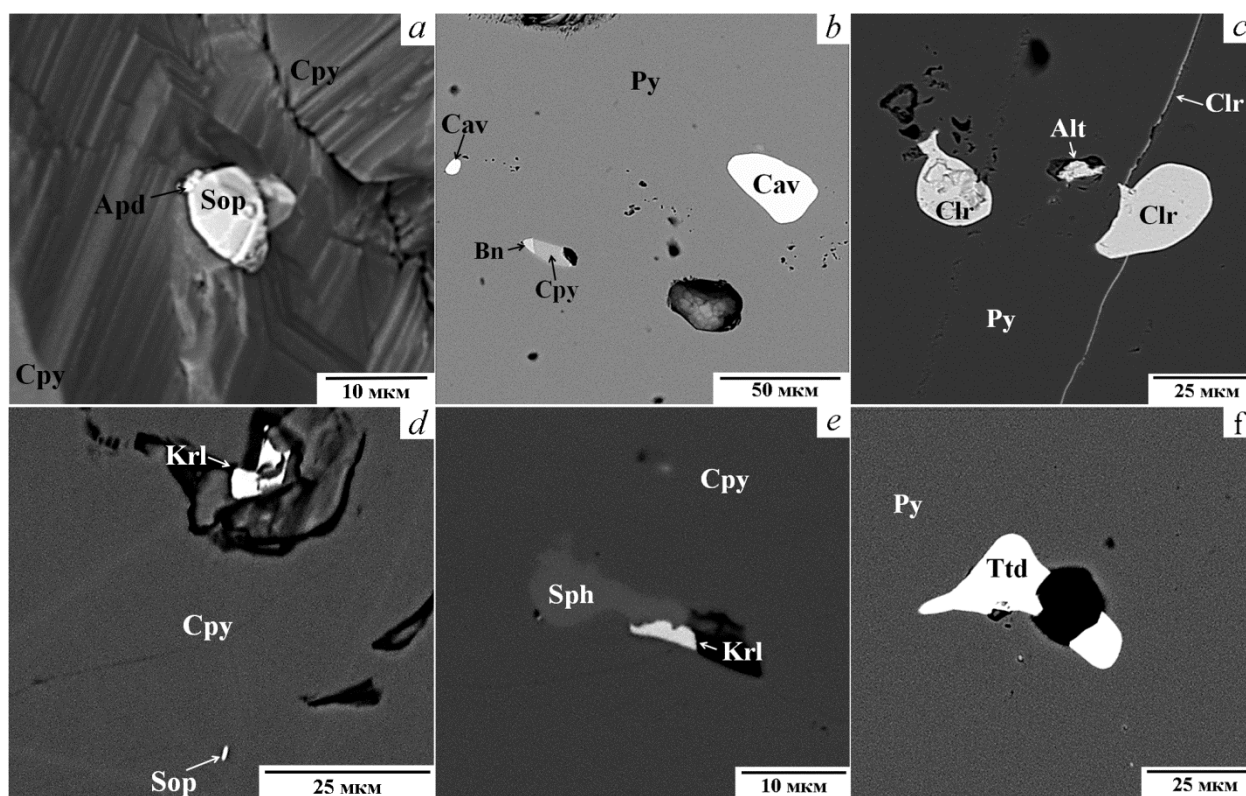
Теллуриды составляют существенную часть рудной Au-Ag эпитеpмальной минерализации месторождений, где их выделяют в особый Au-Te тип [5, 8 и др.]. Часто такая богатая Te минерализация связана с породами щелочного и субщелочного состава [7] и выделяется в отдельный эпитеpмальный тип месторождений, связанных с субщелочным магматизмом [4]. Для такого типа минерализации характерны интенсивные метасоматические преобразования вмещающих пород (окварцевание, серицитизация), часто отмечается несколько генераций золота и серебра, а также теллуридов и селенидов Au-Ag и Pb-Bi составов.

Благороднометальное оруденение (Au, Ag, PGE) типично для месторождений порфирового типа [9]. Согласно модели порфировой системы [9], Au-Ag минерализация

локализуется как непосредственно в основном рудном штокверке, так и за его пределами. Во втором случае она находится, в основном, в составе высокосульфидизированных (high sulfidation) и промежуточно-сульфидизированных (intermediate sulfidation) типов эпитермальной минерализации, а также субэпитермальных карбонат-полиметаллических рудах [6].

Малмыжское золото-меднопорфировое месторождение расположено в северо-восточной части Средне-Амурской депрессии в 80 км от г. Комсомольск на Амуре. Оно локализовано на площади Журавлевского террейна – раннемелового синсдвигового турбидитового бассейна в северо-западном крыле складки западнее Центрального Сихотэ-Алинского разлома. В геологическом строении здесь принимают участие осадочные терригенные отложения нижне- и верхнемелового возраста, прорванные верхнемеловыми интрузиями и дайками диорит-гранодиоритового состава, перекрытые четвертичными рыхлыми образованиями.

Проведено детальное исследование руд и вмещающих их метасоматитов Центрального участка месторождения в аналитическом центре ИВиС ДВО РАН с применением оптической аппаратуры и сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega-3 с энергетическим спектрометром Oxford Instruments X-Max 80 mm<sup>2</sup>.



**Рисунок 1 – Характер выделений теллуридов Малмыжского месторождения (изображения в обратно-рассеянных электронах). Примечание: халькопирит (Cpy), арсенопалладинит (Apd), сопчеит (Sop), пирит (Py), калаверит (Cav), борнит (Bn), колорадоит (Clr), алтаит (Alt), куриллит (Krl), сфалерит (Sph), тетрадимит (Ttd).**

На месторождении изучены: общие минералогические особенности, распределение благороднометалльной минерализации, установлена непосредственная связь с магматизмом и участие высокотемпературных гидротермальных растворов в формировании руд [1-3]. Среди рудных минералов доминируют сульфиды, представленные

в виде тонко-дисперсных вкрапленников, крупнозернистых выделений, гнездовых обособлений, жилков и значительных скоплений в редких жилах (в том числе стволовых), представлены пиритом и халькопиритом, реже борнитом.

Детальное исследование руд Малмыжского золото-меднопорфирового месторождения выявило в них присутствие минералов класса теллуридов и селенидов (рис. 1): минералы благороднометальной ассоциации Ag-Au – гессит ( $\text{Ag}_2\text{Te}$ ), науманнит ( $\text{Ag}_2\text{Se}$ ), куриллит ( $\text{Ag}_8\text{Te}_3\text{Se}$ ), калаверит ( $\text{AuTe}_2$ ), фазы состава Ag-Te-Se и Ag-Bi-Se; минералы ассоциации PGE – сопчеит ( $\text{Ag}_4\text{Pd}_3\text{Te}_4$ ), котульскит ( $\text{PdTe}$ ), меренскит ( $\text{PdTe}_2$ ); минералы ассоциации Pb-Bi – алтаит ( $\text{PbTe}$ ), клаусталит ( $\text{PbSe}$ ), кавазулит ( $\text{Bi}_2(\text{Te,Se,S})_3$ ), тетрадимит ( $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ ), цумоит ( $\text{BiTe}$ ), бабкинит ( $\text{Pb}_2\text{Bi}_2(\text{S,Se})_3$ ); колорадоит ( $\text{HgTe}$ ); голдфилдит ( $\text{Cu}_{10}\text{Te}_4\text{S}_{13}$ ).

Разнообразие теллуридов и селенидов диагностируемых в различных золото-меднопорфировых системах [6] – фактор, свидетельствующий об их важном генетическом значении. Пространственная локализация минералов группы теллуридов и селенидов, непосредственно, в основных рудных медных штоках указывает на наложение эпитермальной минерализации на поздних этапах формирования порфировых систем.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00520.*

#### **Литература:**

1. Буханова Д.С. Вторичные изменения вмещающих пород медно-порфирового месторождения Малмыж, Дальний Восток России. Материалы XII региональной молодежной научной конференции «Природная среда Камчатки». 2013. С. 15-28.
2. Буханова Д.С. Минералогические особенности руд золото-меднопорфирового месторождения Малмыжское, Нижнее Приамурье. Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит. 2016. С. 281-284.
3. Буханова Д.С., Плечов П.Ю. Условия формирования Au-Cu-порфирового месторождения Малмыжское, Хабаровский край (по данным исследования флюидных включений). Вестник КРАУНЦ: Науки о Земле. 2017. Т. 34. №. 2. С. 61-71.
4. Волошин А.В., Чернявский А.В., Войтеховский Ю.Л., Савченко Е.Э. Минералы системы Bi-Te-S Панареченского эпитермального Au-Ag месторождения. Труды Фермановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2010. №. 7. С. 29-35.
5. Коваленкер В.А., Сафонов Ю.Г., Наумов В.Б. Русинов В.Л. Эпитермальное золото-теллуридное месторождения Кочбулак (Республика Узбекистан). Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39. №2. С. 127-152.
6. Николаев Ю.Н., Бакшеев И.А., Прокофьев В.Ю., Нагорная Е.В., Марущенко Л.И., Сидорина Ю.Н., Калько И.А. Au-Ag минерализация порфирово-эпитермальных систем Баимской зоны (Западная Чукотка, Россия). Геология рудных месторождений. 2016. Т. 58. №. 4. С. 319-345.
7. Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M. et al. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Rev.* 1998. V. 13. P. 7-27.
8. Lindgren W. Succession of minerals and temperatures of formation in ore deposits of magmatic affiliations. *Trans. Am. Inst. Mining & Metall. Eng.* 1937. V. 126. P. 356-376.
9. Sillitoe R.H. Porphyry copper systems. *Economic geology*. 2010. V. 105. №. 1. P. 3-41.

**ВОЗРАСТ И ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
БАЙКАЛО-МУЙСКОГО ПОЯСА И УДИНО-ВИТИМСКОЙ ЗОНЫ  
(ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ ПОЯС):  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  ДАННЫЕ**

*Ванин В.А.<sup>1</sup>, Иванов А.В.<sup>1</sup>, Татаринов А.В.<sup>2</sup>, Горовой В.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Институт Земной Коры СО РАН, г. Иркутск,

[Vanin\\_geo@mail.ru](mailto:Vanin_geo@mail.ru)

<sup>2</sup> Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ

Аннотация. В работе приводятся данные  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  датирования серицита в пиритах из месторождений, расположенных в Байкало-Муйском поясе (Ирокинда, Урях и Юбилейное) и Удино-Витимской зоне (Озерное) Центрально-Азиатского складчатого пояса. При  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  датировании прожилково-вкрапленных золоторудных зон рудопроявления Озерное получено значение возраста  $329 \pm 19$  млн лет, а пять датировок из месторождений жильного типа Ирокинда, Юбилейное и кварцевых жил из месторождения Урях попадают в интервал 295-265 млн лет. Благодаря проведенным исследованиям в совокупности с уже опубликованными данными, удалось установить, что формирование золоторудной минерализации происходило в два этапа. На первом этапе (карбон) произошло формирование золотоносной прожилково-вкрапленной и вкрапленной минерализации, на втором этапе (пермь) сформировался золотоносный жильный тип минерализации.

Ключевые слова: Байкало-Муйский пояс, Удино-Витимская зона,  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  датирование, золоторудное поле Мукодек, месторождения Ирокинда, Юбилейное, Озерное, Урях.

**AGE AND STAGES OF FORMATION OF GOLD DEPOSITS OF THE BAIKAL-MUYA  
BELT AND THE UDINO-VITIM ZONE (CENTRAL ASIAN OROGENIC BELT):  $^{40}\text{Ar}$ -  
 $^{39}\text{Ar}$  DATA**

*Vanin V.A.<sup>1</sup>, Ivanov A.V.<sup>1</sup>, Tatarinov A.V.<sup>2</sup>, Gorovoi V.A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Institute of the Earth Crust SB RAS, [Vanin\\_geo@mail.ru](mailto:Vanin_geo@mail.ru)

<sup>2</sup>Geological institute SB RAS

Abstract. Results of  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  dating of pyrite-encapsulated sericite are provided in the study. Pyrite-encapsulated sericite was taking from Irokinda, Yubileinoe and Uryakh deposits of the Baikal-Muya belt and Ozernoe deposit of the Udino-Vitim zone of the Central Asian orogenic belt. The data obtained from the vein-disseminated Ozernoe deposit yielded an age of  $329 \pm 19$  Ma, whereas five dates for the vein-type gold deposits Irokinda, Yubileinoe and Uryakh fall into an interval of 295-265 Ma. According to our study and previously published papers we distinguish that gold deposits formed during two stages. At the first stage (Carboniferous) the vein-disseminated and disseminated gold mineralization was originated and at the second stage (Permian) the gold-bearing veins were formed.

Key words: Baikal-Muya belt, Udino-Vitim zone,  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  dating, Mukodek gold field, Irokinda, Yubileinoe, Ozernoe.

Настоящее сообщение посвящено результатам  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  датирования ряда месторождений, расположенных в Байкало-Муйском поясе и Удино-Витимской зоне Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП). Ранее в работе [1] были опубликованы данные К-Аг датирования, на месторождениях, расположенных в обрамлении Сибирского кратона, результаты которых свидетельствуют о позднепалеозойском времени формирования рудных объектов. Кроме того, в работе [2] были опубликованы данные  $^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$  датирования серицита из месторождения Урях, со значениями  $275 \pm 6$  млн лет. Нашими исследованиями удалось расчленить позднепалеозойскую эпоху и установить, как минимум двухэтапное формирование рудной минерализации на территории ЦАСП. Эталонном для данных исследований, по нашему мнению, является золоторудное поле Мукодек. На этом рудном поле распространены как жильный, так и прожилково-вкрапленный типы оруденения. Рудные зоны приурочены к разрывному нарушению, проходящему через породы неопротерозойского возраста – габбро и плагиограниты таллаинского комплекса и вулканиты ушмуканской толщи. Они же и являются рудовмещающими [3].

Геолого-структурными методами и  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  датированием серицита в пиритах, отобранных из рудных зон [4] установлено, двухэтапное формирование золоторудной минерализации рудных зон. Возраст, полученный для прожилково-вкрапленного типа оруденения, составил  $321 \pm 1.9$  млн лет, а возраст полученный для жильного типа оруденения –  $284 \pm 15$  млн лет.

Приблизившись к пониманию «сценария» формирования золоторудных зон на мелком по своим запасам золоторудном поле Мукодек, становится очевидным сценарий развития рудных зон и на более крупных объектах Байкало-Муйского пояса ЦАСП.

Так при  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  датировании пиритов из месторождений жильного типа располагающихся в Байкало-Муйском поясе получены значения возраста  $265 \pm 33$  млн лет для месторождения Юбилейное,  $276 \pm 13$  млн лет для месторождения Ирокинда. Для кварцевых жил из месторождения Урях получен возраст  $287 \pm 7$  млн лет. Стоит отметить, что значения, полученные нами по месторождению Урях, надежно сходятся со значениями опубликованными в работе [2]. Кроме того, были продатированы и серицит-содержащие пириты, отобранные на золото-полиметаллическом месторождении Озерное, расположенного в Удино-Витимской металлогенической зоне Баргузино-Витимского супертеррейна. Оно характеризуется прожилково-вкрапленным и вкрапленным типами оруденения и, как оказалось, имеет возраст  $329 \pm 19$  млн лет.

Полученные датировки указывают на то, что формирование золоторудных зон на месторождениях, расположенных на территории Байкало-Муйского пояса и Баргузино-Витимского супертеррейна, происходило как минимум в два этапа. Эти этапы фиксируются как геолого-структурными, так и изотопно-геохронологическими  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  исследованиями. На первом этапе (330–320 млн лет) произошли метаморфогенетические преобразования пород в зонах рудоконтролирующих разломов с образованием вкрапленной и прожилково-вкрапленной золотоносной минерализации. После чего, сформировавшиеся метасоматиты, подверглись пластическим деформациям с образованием среднemasштабных складчатых структур. На втором этапе (265–284 млн лет) сформировались золотоносные кварцевые и кварц-карбонатные жилы.

*Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 16-35-60033*



## Литература

1. Ванин В.А., Чугаев А.В., Демонтерова Е.И., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М. Геологическое строение золоторудного поля Мукодек, Северное Забайкалье и источники вещества (Pb-Pb и Sm-Nd данные). Геология и геофизика. 2018. №9 (в печати).
2. Чугаев А.В., Носова А.А., Абрамов С.С., Чернышев И.В., Бортников Н.С., Ларионов Ю.О., Гольцман Г.В., Вольфсон А.А. Раннепермский этап формирования золоторудных месторождений Северо-Восточного Забайкалья: изотопно-геохронологические (Rb-Sr и  $^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$ ) данные по Уряхскому рудному полю. ДАН. 2015. № 6. Т. 463. С. 700
3. Кучеренко И.В. Позднепалеозойская эпоха золотого оруденения в докембрийском обрамлении Сибирской платформы. Известия АН СССР. Серия геологическая. 1989. №6. С. 90–102.
4. Ivanov A.V., Vanin V.A., Demonterova E.I. Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Gorovoy V.A. Application of the 'no fool's clock' to dating the Mukodek gold field, Siberia, Russia. Ore Geology Reviews. 2015. V. 69. P. 352–359.

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА Fe-Mn  
КОРОК ОТРАЖАЮЩИЕ КАЙНОЗОЙСКИЕ ЭТАПЫ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ  
АКТИВИЗАЦИИ ГАЙОТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СЕГМЕНТА ТИХОГО  
ОКЕАНА**

*Вельдемар А.А.<sup>1</sup>, Михайлик П.Е.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия

[veldemar@fegi.ru](mailto:veldemar@fegi.ru)

<sup>2</sup>Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Аннотация. Рассмотрено распределение отдельных химических элементов по минеральным фазам в Fe-Mn корке гайота Говорова. Показано, что концентрирование ванадия и кадмия мараганцевой фазой фиксирует плиоценовый этап вулcano-тектонической активизации, проявленной на Магеллановых горах.

Ключевые слова: Fe-Mn корки, фазовый анализ, вулcano-тектоническая активизация, Магеллановы горы, Тихий океан.

**GEOCHEMICAL FEATURES OF Fe-Mn CRUSTS COMPOSITION REFLECTING  
CENOZOIC VOLCANIC STAGES ACTIVATION OF THE NORTH-WEST PART OF  
THE PACIFIC OCEAN GUYOTS**

*Veldemar A.A.<sup>1</sup>, Mikhailik P.E.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

[veldemar@fegi.ru](mailto:veldemar@fegi.ru)

<sup>2</sup>Far East State University, Vladivostok, Russia

Abstract. The distribution of individual chemical elements in the mineral fractions of the ferromanganese crust from the Govorov Guyot is considered. It is shown that vanadium and cadmium is concentrated by the manganese fraction and reflexes the Pliocene rejuvenated stage at the Magellan seamounts.

Key words: Fe-Mn crusts, sequential leaching experiment, rejuvenated stage, Magellan Seamounts, Pacific Ocean.

Интерес к вулcano-тектоническим активизациям северо-западной части Тихого океана не ослабевает уже более 50 лет. Их изучение помогает познать особенности формирования и развития океана, которые находят своё отражение в гидрологических, седиментационных и климатических изменениях среды.

В начале 90-х годов прошлого столетия на плосковершинных плато юрско-меловых гайотов Магеллановых гор были обнаружены и опробованы конусные вулканические постройки. Для оценки интенсивности развития выявленных форм рельефа был предложен показатель определяющий количество построек на 1 тыс. км<sup>2</sup>. Наиболее широко конусы и

купола развиты на гайотах в западной части Магеллановых гор: Говорова и Коцебу – более 22 на 1 тыс. км<sup>2</sup>. Исследование каменного материала с этих построек, полученного при драгировании и неглубоком бурении, показало, что они сложены лавовыми потоками щелочных базальтов, шлаковыми лавобрекчиями, туфами и туффитами. Биостратиграфический и К-Аг методы указывают на широкий возрастной диапазон, изменяющийся от позднемелового до плиоценового [1, 2]. Эти датировки хорошо коррелируются с известными вулканотектоническими событиями позднего мела и кайнозоя, проявившимися в пределах тихоокеанского кольца.

Таким образом, перед нами встала задача определения степени влияния вулканотектонических активизаций на формирование вещественного состава Fe-Mn корок Магеллановых гор.

Материалом для исследования послужил образец Fe-Mn корки (08Д51-1) поднятой на гайоте Говорова в рейсе 6-06 НИС «Геленджик» в 2008 г. Корка сложена четырьмя слоями, имеющими установленные временные интервалы: слой I-1 – палеоцен; слой I-2 – эоцен; слой II – миоцен; слой III – плиоцен-четвертичный. В работе проанализирован самый молодой слой.

Исследования валового химического состава методами масс-спектрометрии не выявили отклонений от средних содержаний элементов в корках этого региона. Поэтому в последнее время для более четкой диагностики вещества формирующего железомарганцевые образования (ЖМО) нами применяется методика изучения распределения элементов в основных (четырёх) минеральных фазах ЖМО [4]. Это достигается методом последовательного селективного выщелачивания [7].

Содержание главных макроэлементов (10) и микроэлементов (42), а также их процентное соотношение в четырех минеральных фазах близко ЖМО Тихого океана [7, 8] и свидетельствуют о гидрогенном происхождении Fe-Mn корки гайота Говорова.

Однако около 75 % ванадия и 90 % кадмия в Fe-Mn корке содержится в марганцевой фазе, что отличается от распределения этих элементов в гидрогенных корках различных областей Мирового океана, которое характеризуется преобладанием ванадия и кадмия в железистой фазе. Проведенные исследования распределения элементов по минеральным фазам гидротермальных Fe-Mn корок Северо-Фиджийской котловины показали, что около 90% ванадия и кадмия содержится в марганцевой фазе [8]. Таким образом, преобладание этих элементов в марганцевой фазе Fe-Mn корок гайота Говорова, вероятно, указывает на дополнительный привнос этих элементов на уже сформировавшуюся рудную корку. Такой эффект был отмечен при формировании валового состава корок гайота Сет (подводные горы Маркус-Уэйк), который выражается в экстремально высоких концентрациях ртути (до 4120 нг/г) [5], а также корок гайота Детройт, в которых были обнаружены пластины гидротермального золота и повышенные концентрации меди в нижних слоях корок [3]. Было показано, что эти особенности химического состава корок обусловлены вулканотектоническими активизациями в северо-западном сегменте Тихого океана. Следовательно, преобладание ванадия и кадмия в марганцевой фазе гидрогенных Fe-Mn корок, вероятно, свидетельствует о влиянии гидротерм на формирование их валового химического состава.

Таким образом, проявление вулканотектонических активизаций на гайотах северо-западной части Тихого океана влияют на характер распределения элементов не только в валовой пробе, но и в минеральных фазах Fe-Mn корок.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ 18-17-00015*

Благодарности:

Каменный материал и первичная информация были предоставлены сотрудником АО «Южморгеология» доктором геолого-минералогических наук Мельниковым М.Е.

**Литература:**

1. Мельников М.Е., Подшувейт В.Б., Пуляева И.А., Невретдинов Эр. Б. Среднемиоценовые вулканические постройки на гайоте Дальморгеология (Магеллановы горы, Тихий океан). Тихоокеанская геология. 2000. Т. 19, № 5. С. 38-46.
2. Мельников М.Е., Плетнев С.П., Анохин В.М., Седышева Т.Е., Иванов В.В. Вулканические постройки на гайотах Магеллановых гор (Тихий океан). Тихоокеанская геология. 2016. Т. 35, № 6. С. 46-53.
3. Михайлик Е.В., Ханчук А.И., Михайлик П.Е., Баринов Н.Н., Зарубина Н.В. Первая находка видимого золота в железомарганцевых корках Тихого океана. ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК. 2013. Т. 449, № 5. С. 574-578.
4. Михайлик П.Е., Ханчук А.И., Михайлик П.Е., Зарубина Н.В., Блохин М.Г. Распределение редкоземельных элементов и иттрия в гидротермально-осадочных Fe-Mn корок Японского моря по результатам фазового анализа. Геология и геофизика. 2017. Т. 58, № 12. С. 1928-1943.
5. Михайлик П.Е., Ханчук А.И., Михайлик Е.В., Иванов М.В., Рашидов В.А., Зарубина Н.В., Блохин М.Г., Баринов Н.Н., Плетнев С.П. Аномально высокое содержание ртути в гидротермальных железомарганцевых корках гайота Сет (СЗ Пацифика). Геология и геофизика. 2018. Т. 59, № 3. С. 275-285.
6. Byrne R.H. Inorganic speciation of dissolved elements in seawater: the influence of pH on concentration ratios //Geochem. Trans., 2002. V.3, № 2. P. 11-16.
7. Koschinsky A., Halbach P. Sequential leaching of marine ferromanganese precipitates: genetic implications. Geochim. Cosmochim. Acta, 1995 V. 59. P. 5113–5132.
8. Koschinsky A., Hein J. R. Acquisition of elements from seawater by ferromanganese crusts: Solid phase associations and seawater speciation. Mar. Geol., 2003. V. 198. P. 331–351.

**ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИЙ ГАМОВСКИЙ БАТОЛИТ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ  
ПРИМОРЬЕ): ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ВОЗРАСТНЫЕ  
ДАТИРОВКИ**

*Вельдемар А.А., Вовна Г.М., Мишкин М.А.*

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия,  
[veldemar@fegi.ru](mailto:veldemar@fegi.ru)

Аннотация. Геологические структуры юго-западного Приморья входят в состав притихоокеанского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса, выделяемого в качестве Бурья-Ханкайского супертеррейна [1]. Проведенные в последние годы в западном Приморье исследования [2, 3] показали широкое распространение позднепалеозойских гранитоидов, которые слагают единый Гамовский батолит, охватывающий и сопредельные территории Китая и Кореи, что позволяет относить его к крупнейшим батолитам восточного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса. Целью проведенных исследований было выявление основных геохимических особенностей позднепалеозойских гранитоидов Гамовского батолита.

Ключевые слова: батолит, гранитоиды, южное Приморье, магматизм

**LATE PALEOZOIC GAMOV BATHOLITH (SOUTH WESTERN PRIMORYE):  
GEOCHEMICAL FEATURES AND AGE DATING**

*Veldemar A.A., Vovna G.M., Mishkin M.A.*

Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia, [veldemar@fegi.ru](mailto:veldemar@fegi.ru)

Abstract. The geological structures of the south-western Primorye are part of the near-oceanic segment of the Central Asian fold belt, identified as the Bureya-Khanka superterrane [1]. Studies conducted in recent years in western Primorye [2, 3] have shown widespread Late Paleozoic granitoids that compose a single Gamov batholith covering the adjacent territories of China and Korea, which makes it one of the largest batholiths of the eastern segment Central Asian fold belt. The purpose of the studies was to identify the main geochemical features of the Late Paleozoic granitoids of the Gamov batholith.

Key words: batholith, granitoids, southern Primorye, magmatism

В районе исследования распространены позднепермские гранитоиды Гамовского батолита, который протягивается и на сопредельные территории Кореи и Китая. Его общая площадь составляет около 5000 км<sup>2</sup> [4, 3, 2]. В силу тектонической нарушенности и перекрытия более поздними образованиями, батолит обнажается разрозненными фрагментами. Комплекс прорывает, ороговиковывает, участками гранитизируя, решетниковскую и барабашскую свиты верхней перми и перекрывается верхнетриасовой тальминской толщей [4].

В составе пород Гамовского гранитоидного батолита выделяются три фазы. Первая – габбро, габбродиориты. Вторая – кварцевые диориты и гранодиориты. К третьей фазе отнесены граниты, плагиограниты и лейкограниты [4]. Между породами первой и второй фаз наблюдаются рвущие контакты. Выделенные разновидности пород в составе второй и третьей фаз связаны между собой постепенными переходами [4].

Породы трех фаз характеризуются содержаниями  $\text{SiO}_2$ : 50-61 мас.% - 1 фаза, 62-72 мас.% - 2 фаза, 74-76 мас.% - 3 фаза. По сумме  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  преобладают породы нормального ряда. На диаграмме  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$  породы 1 фазы попадают в поля габбро, монцогаббро, диоритов; 2 фазы – кварцевых диоритов, тоналитов, гранодиоритов, трондьемитов, гранитов; 3 фазы – лейкогранитов.

Согласно классификации Фроста с соавторами [5] породы Гамовского батолита относятся преимущественно к магнезиальным, за исключением пород третьей фазы, известковым и известково-щелочным, умеренно- и высокоглиноземистым [6] образованиям.

Спектры распределения РЗЭ пород Гамовского батолита характеризуются обогащением легкими редкоземельными элементами (LREE)  $(\text{La}/\text{Yb})_N = 2,44-32,92$  и присутствием отрицательной Eu аномалии  $(\text{Eu}/\text{Eu}^*=0,35-0,84)$ , что типично для гранитов, образующихся за счет коровых сиалических источников.

Гранитоиды Гамовского комплекса значительно обогащены крупноионными литофилами (LILE) - Cs, Rb, Ba, K и высокозарядными элементами (HFSE) - Th и U. На мультиэлементной диаграмме наблюдаются резкие минимумы Ta, Nb, P, Ti, Ba и Sr.

На диаграммах Уолена [7] и Маеда [8] граниты Гамовского батолита отвечают гранитам S и I типов. Согласно современным представлениям, граниты S типа формируются при плавлении осадочных коровых пород. Формирование гранитов I типа может происходить двумя путями: первый – плавление магматических субстратов, второй – предполагает участие корово-мантийного взаимодействия [9].

На вариационных диаграммах Харкера для пород Гамовского батолита наблюдается корреляционная зависимость петрогенных элементов от концентрации  $\text{SiO}_2$ , что отражает процессы смешения двух магм – основной и кислой [10]. Это подтверждается на диаграмме  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2 - \text{CaO}$  [11], где точки составов пород лежат в поле разностей, образованных при смешении корового и мантийного материала.

Радиологические K/Ar датировки в петротипе (п-ов Гамова) по биотиту и амфиболу соответствуют 251 и 252 млн лет [4]. Определения китайских геологов U/Pb методом на сопредельных территориях дают возраст 254 млн лет, что соответствует позднепермскому времени [4]. Последние U-Pb изотопные исследования цирконов (метод SHRIMP-II) [2] установили, что возраст Гамовского массива составляет  $260 \pm 2$  млн лет, что подтверждает ранее полученный позднепермский возраст.

#### Литература:

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток. Дальнаука. 2006. Кн. 1. 572 с.
2. Крук Н.Н., Голозубов В.В., Касаткин С.А. и др. Гранитоиды Гамовского интрузива: геологическая позиция, вещественный состав, возраст и индикаторная роль в геологической эволюции Южного Приморья. Геология и геофизика. 2015. Т.56. №12. С. 2134-2152
3. Ханчук А.И., Вовна Г.М., Киселёв В.И. и др. Первые результаты U-Pb-геохронологических исследований пород гранулитового комплекса Ханкайского массива Приморья (метод LA-ICP-MS). Докл. РАН. 2010. Т. 434. № 2. С. 212-215
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение).

- Лист (L-(52), 53; (K-52, 53) — оз. Ханка. Объяснительная записка. Под ред. С.В. Коваленко. СПб. Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2011. 684 с.
5. Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*. 2001. V.42. №11. P. 2033-2048
  6. Maniar P., Piccoli P. Tectonic discrimination of granitoids. *The geological Society of America Bulletin*. 1989. V.101. №5. P.635-643
  7. Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 1987. V.95. P. 407-419
  8. Maeda J. Opening of the Kuril basin deduced from the magmatic history of Central Hokkaido, North Japan. *Tectonophysics*. 1990. V.174. № 3/4. P. 235-255
  9. Туркина О.М., Ножкин А.Д., Баянова Т.Б. Источники и условия образования раннепротерозойских гранитоидов юго-западной окраины Сибирского кратона. *Петрология*. 2006. Т. 14. № 3. С. 282-303
  10. Складов Е.В. Интерпретация геохимических данных. Москва. Интермет Инжиниринг. 2001. 288 с.
  11. Sylvester, P.J.. Post-collisional strongly peraluminous granites. *Lithos*. 1998. V. 45. P. 29-44.

**СИНТЕТИЧЕСКИЕ АНАЛОГИ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ АВЕРЬЕВИТА И ЯРОШЕВСКИТА, ИХ СИНТЕЗ И СВОЙСТВА**

*Владимирова В.А.<sup>1</sup>, Сийдра О.И.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург, Россия  
[Vladimirovav.sbk.1998@yandex.ru](mailto:Vladimirovav.sbk.1998@yandex.ru)

<sup>2</sup>Центр наноматериаловедения, Кольский научный центр, Апатиты, Россия

Аннотация. Синтетические структурные аналоги природных минералов аверьевита и ярошевскита были получены в процессе высокотемпературного синтеза методом газотранспортных реакций в тройной системе  $\text{CuCl}_2\text{-V}_2\text{O}_5\text{-CuO}$ . Важным аспектом кристаллической структуры синтетического аверьевита является образование из ионов меди правильной симметричной сетки кагомэ. Для таких структур отмечаются уникальные магнитные свойства, обусловленные образованием фрустрированных решеток и приводящие к появлению эффекта спиновой жидкости.

Ключевые слова: аверьевит, ярошевскит, оксоцентрированные тетраэдры, сетка кагомэ, магнитные свойства.

**SYNTHETIC ANALOGS OF NATURAL MINERALS OF AVERIEVITE AND YAROSHEVSKITE, THEIR SYNTHESIS AND PROPERTIES**

*Vladimirova V.A.<sup>1</sup>, Siidra O.I.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, [vladimirovav.sbk.1998@yandex.ru](mailto:vladimirovav.sbk.1998@yandex.ru)

<sup>2</sup>Center for Nanomaterial Science, Kola Science Center, Apatity, Russia

Abstract. Synthetic structural analogs of natural minerals of the averievite and yaroshevskite have been received in the course of high-temperature synthesis by method of gas transmission reactions in the threefold  $\text{CuCl}_2\text{-V}_2\text{O}_5\text{-CuO}$  system. Important aspect of crystal structure of the synthetic averievite is education from ions of copper of the correct symmetric grid kagome. For such structures the unique magnetic properties caused by formation of frustrated lattices and leading to emergence of effect of spin liquid are noted.

Key words: averievite, yaroshevskite, oxocentered tetrahedra, kagome grid, magnetic properties.

Мобильная энергетика и возобновляемые источники энергии входят в перечень направлений-приоритетов научно-технического развития страны. Разработка мобильных аккумуляторных устройств и портативных батарей с меньшими затратами энергии являются приоритетными научными направлениями химии, физики, материаловедения, кристаллографии и кристаллохимии. Одним из таких перспективных для использования материалов, благодаря своей кристаллической структуре, является природный минерал



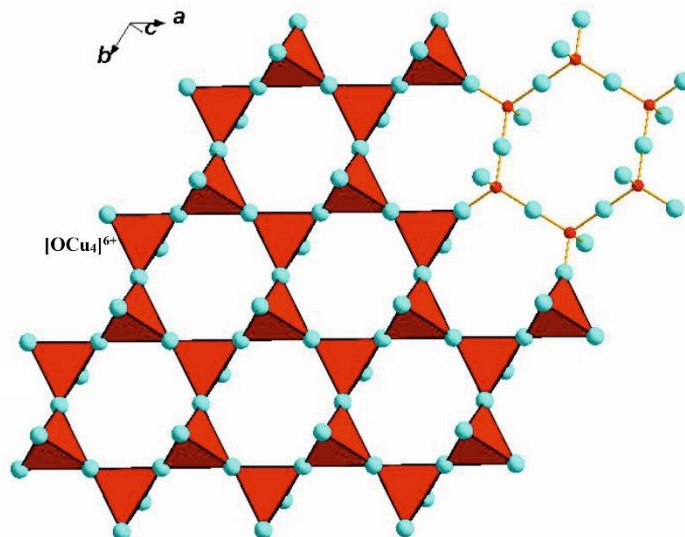
аверьевит  $[\text{Cu}_5\text{O}_2](\text{VO}_4)_2 \cdot n\text{MCl}_x$  ( $M=\text{Cu}, \text{Cs}, \text{Rb}, \text{K}$ ), открытый на вулкане Толбачик в 1998 году [1]. К данному классу химических соединений относится также природный минерал ярошевскит  $\text{Cu}_9\text{O}_2(\text{VO}_4)_4\text{Cl}_2$ , открытый на Толбачике в 2013 году [3]. Основной целью данной работы является получение синтетических соединений в тройной системе  $\text{CuO}-\text{V}_2\text{O}_5-\text{CuCl}_2$ , а также последующее изучение их свойств.

В результате высокотемпературного синтеза методом газотранспортных реакций с соотношением исходных реагентов 2:1:3, был получен синтетический структурный аналог аверьевита  $\text{Cu}^{2+}_5\text{O}_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 2(\text{Cu}^+\text{Cl})$  без щелочных металлов. Смесь нагревалась до  $600^\circ\text{C}$ , выдерживалась при данной температуре 5 часов, остужалась до  $550^\circ\text{C}$  со скоростью  $4^\circ\text{C}/\text{ч}$ , и охлаждалась до комнатной температуры со скоростью  $6^\circ\text{C}/\text{ч}$ . Отобранный кристалл нового синтетического соединения был изучен на дифрактометре *Bruker APEX DUO*. Кристаллическая структура была уточнена в программе *SHELX* в пространственной группе  $P-3m1$ ,  $a=6.406(4) \text{ \AA}$ ,  $c=8.403(5) \text{ \AA}$ ,  $R_1=4.6\%$ . Результаты микрозондового анализа синтезированных кристаллов позволяют записать формулу следующим образом:  $(\text{Cu}^+, \text{Cu}^{2+})_{7,345}\text{V}_{1,865}\text{O}_{10,063}\text{Cl}_{1,872}$ .

Кристаллы синтетического ярошевскита  $\text{Cu}_9\text{O}_2(\text{VO}_4)_4\text{Cl}_2$  были получены в процессе высокотемпературного синтеза методом газотранспортных реакций в тройной системе  $\text{CuCl}_2-\text{V}_2\text{O}_5-\text{CuO}$ , в соотношении 10:1:6. Отобранный кристалл синтетического аналога ярошевскита был изучен на дифрактометре *Bruker APEX DUO*. Кристаллическая структура была уточнена в программе *SHELX* в пространственной группе  $P-1$ :  $a=6.472(4) \text{ \AA}$ ,  $b=8.343(6) \text{ \AA}$ ,  $c=9.206(7) \text{ \AA}$ ,  $\alpha=105.177^\circ$ ,  $\beta=96.215^\circ$ ,  $\gamma=107.642^\circ$ ,  $R_1=4.8\%$ . Кристаллическая структура представляет собой цепочки из тетраэдров  $[\text{OCu}_4]^{6+}$ , соединенных по вершине  $(\text{Cu})^{2+}$ , и окружающих их тетраэдров  $[\text{VO}_4]^{3-}$ . Кристаллы синтетического ярошевскита характеризуются призматическим габитусом и темно-синим цветом кристаллов.

Кристаллическая структура аналога аверьевита представляет собой пористый каркас из слоев  $[\text{Cu}^{2+}_5\text{O}_2]^{6+}$ , слои окружены ванадатными тетраэдрами по принципу «грань-к-границы» [2]. Данный каркас имеет широкие каналы, вытянутые вдоль оси  $c$ , имеющие свободный диаметр  $6,406 \text{ \AA}$ . В структуре природного минерала в данных каналах располагаются хлоридные комплексы с щелочными металлами и двухвалентной медью, в то время как в синтетическом аналоге располагаются комплексы  $\text{Cu}^+\text{Cl}$ . Одним из наиболее интересных аспектов кристаллической структуры синтетического аналога аверьевита является наличие широких каналов в пористом каркасе, что позволяет предположить возможность ионообменных реакций с другими комплексами. Синтетический аналог аверьевита является плохорастворимым соединением, а также устойчивым в воде при кипячении. Выполнены ионообменные эксперименты и получены кристаллы  $\text{Cu}^{2+}_5\text{O}_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 2(\text{K}^+\text{Cl})$ . Также планируется выполнить ряд ионообменных экспериментов с  $\text{Li}$  для применения такой структуры в аккумуляторах и батареях с минимальной потерей энергии.

Катионы меди  $\text{Cu}^{2+}$  в кристаллической структуре синтетического аналога аверьевита образуют правильные симметричные сетки *кагомэ*. Для таких структур отмечаются исключительные магнитные свойства, обусловленные образованием фрустрированных решеток и приводящие к появлению эффекта спиновой жидкости [4]. Исследования магнитных свойств в данный момент выполняются.



**Рисунок 1 - Правильная симметричная сетка кагомэ из слоев  $[\text{Cu}^{2+}_5\text{O}_2]^{6+}$  в структуре синтетического аверьевита.**

Итак, экспериментально получены синтетические аналоги природных минералов аверьевита и ярошевскита. В результате ионообменных экспериментов изучена пропускная способность широких каналов в структуре синтетического аналога аверьевита, тем самым на начальном этапе оценен характер изоморфизма меди с другими металлами. В дальнейшем будут изучены магнитные свойства посредством измерения магнитного момента и магнитной восприимчивости синтетических аверьевита и ярошевскита. Исследования продолжаются, осваиваются новые методы и оборудование.

*Работа выполняется при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-17-10085. Рентгеновские исследования выполнены на оборудовании ресурсного центра СПбГУ «Рентгенодифракционные методы исследования»*

#### **Литература:**

1. Вергасова Л.П., Старова Г.Л., Филатов С.К., Ананьев В.В. Аверьевит  $\text{Cu}_5(\text{VO}_4)_2 \cdot n\text{Mx}$  – новый минерал вулканических эгсгалтий. Доклады Российской Академии Наук. 1998. Т. 359. С. 804-807.
2. Кривовичев С. В., Филатов С.К. Кристаллохимия минералов и неорганических соединений с комплексами анионоцентрированных тетраэдров. Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета. 2001. 200 с.
3. Pekov I.V., Zubkova N.V., Zelenski M.E., Yapaskurt V.O., Polekhovskiy Yu.S., Fadeeva O.A., Pushcharovskiy D.Yu. Yaroshevskite,  $\text{Cu}_9\text{O}_2(\text{VO}_4)_4\text{Cl}_2$ , a new mineral from the Tolbachik volcano. Mineralogical Magazine. 2013. V. 77. P. 107-116.
4. Shores M.P., Nytko E.A., Bartlett B.M., Nocera D.G. A structurally perfect  $S=1/2$  Kagome antiferromagnet. Journal of the American Chemical Society. 2005. V. 127. P. 13462-13463.

## ПЕТРОЛОГИЯ МИАСКИТОВЫХ И АГПАИТОВЫХ СИЕНИТОВ МАССИВА АРТЮШКИ.

*Возняк А.А.<sup>1</sup>, Носова А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный институт им. М. В. Ломоносова, Москва

[vozniak@mail.ru](mailto:vozniak@mail.ru)

<sup>2</sup> Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва

Аннотация. В этой работе авторы провели петрографическое, геохимическое и изотопно-геохимическое описание пород сиенитового массива Артюшки (Восточно-Европейская платформа), в ходе которого были обнаружены две генетически близкие разности пород: миаскитовые Amph-Cpx сиенит-порфиры и агпаитовые Grt-Cpx щелочные сиенит-порфиры. В результате исследования были установлены причины перехода агпаитовых пород в миаскитовые – ассимиляция вмещающих пород и смешение с более ранним щелочно-карбонатным расплавом на начальных стадиях кристаллизации.

Ключевые слова: сиениты; щелочные сиениты; Восточно-Европейская платформа; коровая контаминация;

## PETROLOGY OF MIASKITIC AND AGPAITIC SYENITES (ARTUSHKI MASSIF).

*Vozniak A.A.<sup>1</sup>, Nosova A.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Moscow State University of M.V. Lomonosov, Moscow, [vozniak@mail.ru](mailto:vozniak@mail.ru)

<sup>2</sup> Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Biochemistry RAS, Moscow

Abstract. In this article authors present petrographic, geochemical and isotopic research of Artushki Massif syenites (East-European platform). As a result two genetically close types of rocks were found: miaskitic Amph-Cpx syenites and agpaitic Grt-Cpx alkali syenites. Transition between these rocks types is caused by crustal contamination and mixing with alkali-carbonate magma.

Key words: syenites; alkali syenites; East European platform; crust contamination

Вопрос о том, какие механизмы являются определяющими для возникновения значительного разнообразия пород в сиенитовых комплексах, в частности переход от миаскитовых к агпаитовым сиенитам и появление карбонатитов является до сих пор спорным вопросом. В частности, исследователи выделяют следующие механизмы: глубокая кристаллизационная дифференциация, ассимиляция коровых пород, появление несмесимости в раславах и флюидах, а также изменение окислительно-восстановительных условий и давления [1,5]

Изученные нами субщелочные и щелочные породы массива Артюшки в юго-восточной части Восточно-Европейского кратона позволяют рассмотреть некоторые вопросы фракционирования субщелочных и щелочных расплавов и обсудить петрологические причины их совместного появления.

Изучаемый нами сиенитовый массив Артюшки является небольшим комплексом в Воронежской области, располагающийся на южной окраине Пачелмского авлакогена и имеет возраст  $522 \pm 3$  млн. лет [8]. Комплекс представлен дайками и штоками сиенит-порфиров и щелочных сиенит-порфиров, с падением под углами  $20^\circ$ -  $60^\circ$ . Тела не выходят на поверхность и вскрыты серией скважин. Мощность отдельных тел 0.1–34.2 м. Дайки и штоки прорывают метапесчаниково-сланцевые отложения воронцовской серии палеопротерозоя [8].

В ходе детального петрологического изучения нами были выделены два типа пород, наименее подвергшихся фенитизации: Amph-Cpx сиенит-порфиры и Grt-Cpx щелочные сиенит-порфиры.

**Amph-Cpx сиенит-порфиры** В качестве основных породообразующих минералов-вкрапленников в Amph-Cpx сиенитах выступают плагиоклазы ( $X_{An} - 0.26 - 0.42$ ), амфиболы паргасит-ферропаргаситового ряда ( $\#Mg$  0.3-0.5,  $TiO_2$ -1.5 вес%), диоксид-геденбергиты ( $\#Mg$  -0.5-0.6), основная масса сложена сростаниями КПШ, плагиоклаза и амфибола.

Для **Grt-Cpx щелочных сиенит-порфиров** основными минералами вкрапленников являются высокотитанистый гранат андрадит-гроссулярового ряда ( $X_{Andr} - 0.8$ -0.4  $TiO_2$  до 4.3 вес%), диоксид-геденбергиты ( $\#Mg$  -0.5-0.6), и эгирин-авгит ( $X_{Aug}$  0.2-0.4), гаюин и плагиоклаз ( $X_{An} - 0.2$ -0.3), обрастающий каймой Ва-КПШ. Основная масса сложена сростаниями альбита, клинопироксена и КПШ, в интерстициях кристаллизуется нефелин, анальцим, содалит и Zr-содержаний эгирин.

Две этих разновидности имеют довольно близкую геохимическую специфику и изотопный состав, что позволяет предположить их генетическую связь. Ниже рассмотрим возможные причины перехода из более агпаитовых щелочных сиенит-порфиров к более миаскитовым сиенит-порфирам.

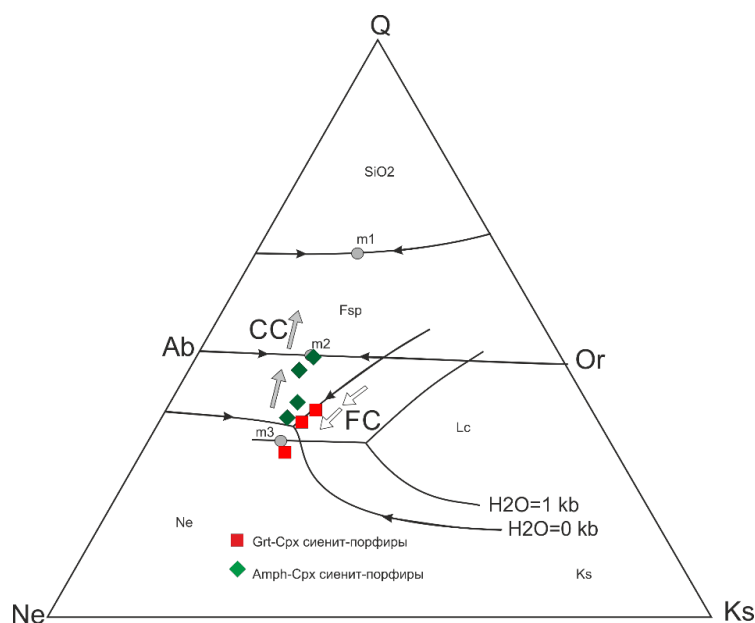
Роль фракционной кристаллизации в формировании пород довольно трудно установить из-за значительных процессов авметасоматоза, развитых повсеместно. Однако петрографическое изучение вкрапленников показывает близость обеих пород на начальных стадиях кристаллизации (исключая кристаллизацию амфибола), что позволяет сделать предположение о изначальном существовании двух близких по химическому составу расплавов, из которых происходила кристаллизация ранних минералов. Вероятно, разница их составов возникла не на начальном этапе их формирования.

Ксенолиты коровых пород часто встречаются при изучении всех пород комплекса Артюшки [8]. Sm-Nd система и ряд других геохимических индикаторов зафиксировали возможную коровую контаминацию, особенно примечательна корреляция SSI коэффициента, отражающего возможность расплава кристаллизовать нефелин либо кварц [6] с  $\epsilon Nd$ . Это указывает на то, что изменение состава расплава в сторону  $SiO_2$ -пересыщенных жидкостей за счет контаминации коровым материалом могла контролировать эволюцию расплавов, в частности переход из нефелин-нормативных в кварц-нормативные. Как было показано в [2] для простой изотермической модели в Q - Ne - Ks системе, если контаминация фонолитовой жидкости гранитным веществом происходит в условиях при T ниже полевошпатового минимума ( $865^\circ C$  при 1 kb  $H_2O$ ), то жидкость полностью кристаллизуется на Ab-Or линии, а при дальнейшем добавлении контаминанта происходит появление  $SiO_2$ -насыщенной жидкости, уменьшение количества полевого шпата и сдвиг его состава в сторону обогащения Or. На диаграмме Q - Ne - Ks положение

точек Grt-Cpx сиенит-порфиров близко к линии эволюции феолитового расплава в сухой системе, тогда как точки Amph-Cpx сиенит-порфиров образуют тренд в сторону поля кварца (рис. 1). Это может указывать, что в петрогенезисе массива Артюшки участвовали два расплава, один из которых (Amph-Cpx сиенит-порфиров) испытал значительную коровую контаминацию, в отличие от второго (Grt-Cpx сиенит-порфиров), для которого этот процесс не был значимым.

В ходе изучения Grt-Cpx щелочных сиенит-порфиров нами был обнаружен микроксенолит обладающий щелочно-карбонатной агпаитовой спецификой ( $\text{SiO}_2$  -42 вес%;  $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  -12.4 вес%;  $\text{CaO}$  13.3 вес%)

Это включение представляет собой, вероятно, ранее кристаллизовавшийся более примитивный щелочно-карбонатный расплав, смешение с которым также могло быть причиной смещения состава расплава Grt-Cpx сиенит-порфиров в сторону более агпаитных составов.



**Рисунок 1 – Породы массива Артюшки на диаграмме кварц (Q) - нефелин (Ne) - кальсит (Ks). Соотношения ликвидусных фаз при  $P_{\text{H}_2\text{O}} = 1$  кБар, m1 - гранитная, m2 - сиенитовая, m3 - феолитовая магмы, по [4], в сухой системе по [7], нормативные составы пород рассчитаны по [3], тренды фракционной кристаллизации (FC) и коровой контаминации (CC) по [6]**

#### Литература:

1. Andersen T., Elburg M., Erambert M. The miaskitic-to-agpaitic transition in peralkaline nepheline syenite (white foyaite) from the Pilanesberg Complex, South Africa. *Chemical Geology*. 2017. Т. 455. С. 166-181.
2. Foland K. A. et al. Formation of cogenetic quartz and nepheline syenites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1993. Т. 57. №. 3. С. 697-704.
3. Hamilton D. L., MacKenzie W. S. Nepheline Solid Solution in the System  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{SiO}_2$ . *Journal of Petrology*. 1960. Т. 1. №. 1. С. 56-72.
4. Henderson C. M. B. Feldspathoid stabilities and phase inversions—a review. *Feldspars and Feldspathoids*. Springer, Dordrecht, 1984. С. 471-499.
5. Marks M. A. W., Markl G. A global review on agpaitic rocks. *Earth-Science Reviews*. 2017. Т. 173. С. 229-258.
6. Motoki A. et al. Geochemical evolution of the felsic alkaline rocks of Tanguá and Rio Bonito intrusive bodies, State of Rio de Janeiro, Brazil. *São Paulo UNESP, Geociências*. 2010. Т. 29. С. 291-310.
7. Schairer J. F., Bowen N. L. Preliminary report on equilibrium-relations between feldspathoids, alkali-feldspars, and silica. *Eos, Transactions American Geophysical Union*. 1935. Т. 16. №. 1. С. 325-328.
8. Скрябин В.Ю., Савко К.А., Скрябин М.В., Терентьев Р.А. Кембрийская магматическая активизация Восточно-Европейской платформы. *Доклады Академии Наук*. 2015. 463. 5. С. 581-586.

**СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ВОДАХ ОСУШЕННОГО  
ВЕРХОВОГО БОЛОТА В БАССЕЙНЕ РЕКИ ГАВРИЛОВКА (ЗАПАДНАЯ  
СИБИРЬ)**

*Воистинова Е.С., Харанжевская Ю.А.*

СибНИИСХиТ - филиал СФНЦА РАН, Томск, Россия

[elenvoistinova@yandex.ru](mailto:elenvoistinova@yandex.ru)

Аннотация. В работе представлены результаты исследования содержания органического углерода в водах осушенного верхового болота. Показано, что концентрация  $C_{\text{орг}}$  в водах осушенного болота превышает в водах естественного на 13 %. Отмечено, что ведущими факторами, определяющими содержание  $C_{\text{орг}}$  в водах осушенного болота являются температура торфяной залежи, сумма активных температур приземного слоя воздуха за предшествующие 30 дней до отбора проб и уровень болотных вод.

Ключевые слова: осушительная мелиорация, верховое болото, органический углерод

**CONTENT OF DISSOLVED ORGANIC CARBON IN DRAINED RAISED BOG  
WATER IN GAVRILOVKA RIVER BASIN (WESTERN SIBERIA)**

*Voistinova E.S., Kharanzhevskaya Yu.A.*

Siberian Research Institute of Agriculture and Peat - branch of SFSCA RAS, Tomsk, Russian Federation, [elenvoistinova@yandex.ru](mailto:elenvoistinova@yandex.ru)

Abstract. The paper presents the results of a study of DOC content in drained raised bog water. It is shown that concentration of DOC in drained raised bog water exceeds in bog water of natural by 13%. It is noted that leading factors determining content of DOC are temperature of peat deposit, sum of active temperatures of surface air layer for previous 30 days before sampling and bog water level.

Key words: drainage melioration, raised bog, dissolved organic carbon

Болота играют важную роль в функционировании биосферы. Накапливая углерод в торфяной залежи, болота сохраняют его в течение тысячелетий. Однако динамическое равновесие болотных экосистем может быть нарушено под влиянием внешних воздействий, таких как осушительная мелиорация, проведение которой вызывает активизацию трансформационных процессов при понижении уровней болотных вод и ускоряет процесс разложения торфа. Все это сопровождается поступлением органических веществ в болотные воды, что имеет огромное геохимическое значение, так как отражает характер и интенсивность процессов минерализации торфяной залежи. Поэтому нами в работе проводятся исследования содержания органического углерода в водах осушенного сосново-кустарничково-сфагнового верхового болота в бассейне реки Гавриловка (левый приток реки Икса, бассейн Средней Оби).

В 70-80-е годы XX века на северо-восточных отрогах Васюганского болота были проведены масштабные осушительные мелиорации. Верховое болото в бассейне реки Гавриловка (часть Бакчарского болота, северо-восточные отроги Васюганского болота) было осушено с целью гидролесомелиорации. Мелиоративные работы были начаты в 1983 году Томской машинно-мелиоративной станцией. Осушение осуществлялось сетью открытых каналов. Расстояние между осушительными каналами составляет 150-160 м, планируемая ширина 1-2 м, глубина до 1 м [1]. В настоящее время осушенное болото не используется, отмечается снижение водопрпускной способности каналов вследствие их зарастания и заторфовывания.

Методика исследований включала в себя отбор проб воды в соответствии с ГОСТ 31861-2012, ГОСТ 17.1.5.04-81. Для отбора проб воды с помощью торфяного бура создавалась скважина глубиной 1 м. Воды отбирались специально подготовленным пробоотборником с глубины 30-50 см с апреля по сентябрь в 2015-2017 гг. Определение  $C_{орг}$  выполнялось в аккредитованном лабораторно-аналитическом центре СибНИИСХИТ - филиал СФНЦА РАН по Тюрину с фотометрическим окончанием (СТП 0493925-008-93). Наблюдения за режимом болотных вод проводились с помощью автономного дифференциального датчика давления (САМ, ИМКЭС СО РАН). Атмосферные осадки измерялись с использованием датчика Davis Rain Collector II 7852M, температура торфяной залежи и воздуха измерялась датчиком DS18B20. Измерения проводились с интервалом 4 часа в круглогодичном режиме.

Гидрохимические исследования включали сравнение показателей химического состава вод осушенного болота (N56°53'25,8" E82°40'50,9") с аналогичным естественным участком Бакчарского болота (N56°58'24,3" E82°36'41,2") в бассейне реки Ключ – правого притока реки Бакчар.

Для выявления факторов, определяющих содержание органического углерода в водах осушенного верхового болота, использовался метод главных компонент (факторный анализ), основанный на вычислении векторов и собственных значений ковариационной матрицы исходных данных и построением графиков «каменистой осыпи» и распределения в пространстве факторных нагрузок.

Как показали проведённые исследования, воды осушенного верхового болота мало минерализованные (ультрапресные) кислые содержат в большом количестве органические соединения. Углерод поступает в болотные воды в составе гуминовых и фульвокислот, карбоновых кислот, фенолов, органических фосфатов, ароматических и парафиновых углеводородов, и других органических соединений. Среднее содержание органического углерода в водах осушенного верхового болота составляет 67,04 мг/л, что на 13 % выше в водах естественного верхового болота. В многолетней динамике органического углерода наблюдается некоторое уменьшение концентрации  $C_{орг}$  в 2016 году и незначительное увеличение в 2017 году. Более высокие концентрации определены в 2015 году.

Во внутригодовой динамике содержания  $C_{орг}$  более низкие концентрации определены в весенний период при разбавлении болотных вод талыми водами и увеличение концентраций в конце периода вегетации в августе-сентябре. За весь период наблюдений концентрация  $C_{орг}$  в водах осушенного верхового болота превышала содержание в водах естественного болота на 1,4 – 34 %, что во многом обусловлено более низким уровнем болотных вод. Так по данным за апрель - сентябрь 2015-2017 гг. на осушенном болоте был отмечен средний уровень болотных вод -27 см ниже средней поверхности болота, тогда как на естественном болоте -18 см. Амплитуда колебаний и на осушенном и на естественном

болоте составила 34 см. Сезонная динамика в целом характеризуется синхронностью колебаний уровней болотных вод с естественным болотом.

Для выявления основных факторов, определяющих содержание органического углерода в водах осушенного верхового болота нами была построена общая факторная модель. Исходная таблица данных включала в себя показатели и характеристики водного и теплового режима осушенного болота, гидрометеорологические параметры исследуемой территории, концентрацию органического углерода в 2015-2017 гг.

Факторный анализ содержания органического углерода в водах осушенного верхового болота позволил выделить 3 основных фактора, которые на 84,06 % описывают изменчивость исходных данных в этот период. Первый фактор описывает 50,71 % суммарной дисперсии. Наибольшую отрицательную нагрузку на него имеют температура торфяной залежи (-0,97), сумма активных температур приземного слоя воздуха за предшествующие 30 дней до отбора проб (-0,95), температура воды (-0,94), сумма активных температур за 2 недели (-0,90), температура приземного слоя воздуха (-0,78), а положительную - уровень болотных вод (0,70).

В формировании первого фактора участвует большая часть изменяющихся параметров. Поэтому первый фактор можно рассматривать как ведущий, формирующийся под влиянием температуры торфяной залежи, суммы активных температур приземного слоя воздуха за 30 дней, уровня болотных вод. Сочетание этих параметров определяет скорость и интенсивность процессов минерализации растительных остатков и торфа на осушенном болоте.

Второй фактор определяет 16,94 % изменчивости системы. Параметром, имеющим наибольшую положительную нагрузку на второй фактор, являются количество атмосферных осадков в день отбора проб воды. Третий фактор описывает 16,41 % общей изменчивости и отражает режим увлажнения исследуемой территории. Высокие отрицательные факторные нагрузки на третий фактор имеют количество атмосферных осадков за 2 недели (-0,71), количество атмосферных осадков за 30 дней (-0,69).

Факторная модель естественного верхового болота схожа с моделью осушенного болота. Три главных фактора обеспечивают 88,19 % суммарной дисперсии. Первый фактор описывает 58,86 % изменчивости исходных данных. Высокие факторные нагрузки имеют температура торфяной залежи (-0,98), температура воды (-0,97), сумма активных температур воздуха за предшествующие 30 дней (-0,96) и 2 недели (-0,91), уровень болотных вод (0,87). Однако факторная нагрузка, связанная с динамикой уровней болотных вод, имеет более высокие значения, что говорит о большем влиянии этого параметра на изменчивость концентраций органического углерода в водах естественного болота.

Поэтому можно сделать вывод, что осушительная мелиорация, проведённая в бассейне реки Гавриловка, вызывает увеличение содержания органического углерода в болотных водах при сохранении общих закономерностей функционирования болотной экосистемы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00376 мол\_a*

#### **Литература:**

1. Геологический отчёт о детальной разведке торфяного месторождения «Васюганское» (участок № 5 у с. Красный Бакчар) Бакчарского района, Томской области. Книга 1. Горький. 1985.310 с.



**МИНЕРАЛЬНО-ФАЗОВЫЙ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТВЕРДОЙ  
ФАЗЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА (НА  
ПРИМЕРЕ Г. ТОПКИ, КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

*Володина Д.А.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия  
[volodina.da2014@yandex.ru](mailto:volodina.da2014@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена изучению взаимосвязи пылевой нагрузки, минерального и гранулометрического состава проб твердой фазы снежного покрова, а также сравнению полученных результатов с составом пыли, отобранной с электрофильтров вращающихся печей цементного завода, для оценки воздействия крупного предприятия по производству цемента на окружающую среду. В составе проб твердой фазы снега были обнаружены минеральные фазы, содержащиеся в основных компонентах сырьевой смеси для производства цемента и выбрасываемой пыли. Размер частиц твердой фазы снега соответствует размеру измельченного цемента и сырьевых материалов.

Ключевые слова: загрязнение, снежный покров, городская среда, Топки, цементный завод

**MINERAL-PHASE AND GRANULOMETRIC COMPOSITION OF THE SOLID PHASE  
OF THE SNOW COVER IN THE ZONE OF THE INFLUENCE OF THE CEMENT  
FACTORY (ON THE EXAMPLE OF TOPKI TOWN, KEMEROVO OBLAST)**

*Volodina D.A.*

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia  
[volodina.da2014@yandex.ru](mailto:volodina.da2014@yandex.ru)

Abstract. The article is devoted to the study of the relationship between the dust load, the mineral and granulometric composition of the snow cover, and the comparison of the results with the composition of the dust collected from the electrofilter of the cylindrical roaster of the cement plant to assess the impact of a great cement manufacturing enterprise on the environment. In the samples with a significant content of the solid phase of snow, substances found in the main components of the raw mix for cement production were found. The particle size of the solid phase of snow corresponds to the size of crushed cement and raw materials.

Key words: contamination, snow cover, urban environment, Topki town, cement factory

В настоящее время происходит активное развитие разных отраслей промышленности, которые оказывают воздействие на компоненты окружающей среды. Снежный покров используется многими исследователями для оценки техногенного воздействия на окружающую среду в окрестностях предприятий и жилых комплексов [1, 3], так как является природным планшетом-накопителем загрязняющих веществ из-за

продолжительного залегания и способности накапливать и сохранять в себе загрязняющие вещества.

Цель данной работы – изучение взаимосвязи пылевой нагрузки, гранулометрического и минерально-фазового состава проб, отобранных в окрестностях цементного завода, а также сравнения полученных результатов с составом пробы пыли с электрофильтров для оценки воздействия цементного завода на окружающую среду

**Методика исследования.** В феврале 2016 г. был проведен отбор проб снежного покрова в окрестностях цементного завода в г. Топки. Точки отбора проб снега были расположены по векторной системе согласно главенствующему направлению ветра (юго-западное). Всего с данной территории было отобрано 15 проб. Фоновым районом была выбрана местность в 53 км от г. Топки, где было отобрано 10 проб. Работы по отбору и подготовке проб снежного покрова выполнены согласно методическим рекомендациям [4, 5]. Объект исследования - твердая фаза снега, представляющая собой твердые частицы, осевшие из атмосферы на снежный покров.

Минерально-фазовый состав был определен методом рентгеновской дифрактометрии в трех пробах, отобранных на расстоянии 0,5; 1,2; 2,3 км от цементного завода, а также в пробе пыли с электрофильтров. Гранулометрический состав трех проб определен с помощью просеивания через сита размерностью 0,25-0,5; 0,125-0,25; 0,1-0,125; 0,04-0,1 и менее 0,04 мм. Для выполнения гранулометрического состава вес каждой пробы составлял 1 г.

Расчет пылевой нагрузки был произведен по формуле:  $P_n = \frac{P_0}{S \cdot t}$ , где  $P_0$  - масса твердой фазы снега, мг;  $S$  – площадь шурфа, м<sup>2</sup>;  $t$  – количество суток от начала снежостава до дня отбора проб. С помощью принятой градации [5] с дополнениями [2] по среднесуточной пылевой нагрузке, определялся уровень загрязнения и экологической опасности территории.

**Результаты и их обсуждение.** По результатам рентгеновской дифрактометрии было установлено, что наибольший вклад в пылевую нагрузку исследуемой территории вносят составляющие основных сырьевых компонентов сырьевой смеси для производства клинкера - кристаллические фазы кальцита (62,3-88,8%) и кварца (3,5-14,4%). Минералы кальцита  $CaCO_3$  и кварца  $SiO_2$ , являются порообразующими минералами известняка – основного компонента сырьевой смеси для производства портландцементного клинкера. При обжиге клинкера часть соединений кальция (силикаты, алюминаты и алюмоферриты) формируются не только в виде минералов кристаллической структуры, но и часть их входит в стекловидную фазу [6]. Данные минералы являются преобладающими во всех проанализированных пробах твердой фазы снегового покрова, а также в пробе пыли с электрофильтров. Браунмиллерит также вносит существенный вклад в пылевую нагрузку (4,9-6,5%). Величина пылевой нагрузки, степень загрязнения, процентное содержание минералов представлены в таблице.

Результаты гранулометрического анализа показали, что при производстве цемента размер частиц материала после измельчения сырьевых материалов и цемента колеблется от 0 до 0,1 мм, при этом преобладающее количество частиц размером от 0,04 до 0,1 мм составляет в среднем 80 % [6]. Размер частиц исследованных проб изменяется от 0 до 0,5 мм, при этом преобладающее количество частиц приходится на фракцию от 0,04 мм до 0,1 мм (от 80 % до 95 %), что соответствует размеру измельченных сырьевых материалов и цемента.

**Таблица. Пылевая нагрузка, содержание и минеральной и аморфной фаз пробах твердой фазы снега, отобранных в северо-восточном направлении от цементного завода и в пробе пыли с электрофильтра**

	Расстояние от труб цементного завода, км			
	0,5	1,2	2,3	Пыль с электро-фильтра
Величина пылевой нагрузки, мг/м <sup>2</sup> ·сут	4 616 (очень высокая*)	1 244 (очень высокая)	174 (низкая)	-
Содержание кальцита CaCO <sub>3</sub> , %	83,7	62,3	88,8	68,4
Содержание кварца SiO <sub>2</sub> , %	6,6	3,5	4,8	14,4
Содержание хатрурита Ca <sub>3</sub> SiO <sub>5</sub> , %	-	29,3	-	-
Содержание браунмиллерита Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	-	4,9	6,5	-
Содержание альбита Na[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ], %	6,3	-	-	7,7
Содержание мусковита KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub> , %	3,4	-	-	-
Содержание микроклина K[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ], %	-	-	-	7
Содержание портландита Ca(OH) <sub>2</sub> , %	-	-	-	1,3
Содержание сильвина KCl, %	-	-	-	1,1
Содержание минеральной фазы, %	86,2	82,8	83,4	79,8
Содержание аморфной фазы, %	13,8	17,2	16,6	20,2

Примечание: \* – градация [5] с дополнениями [2] по среднесуточной пылевой нагрузке, «-» – не обнаружено

Таким образом, по результатам проведенных исследований проб твердой фазы снега и пыли с электрофильтров можно сделать вывод о том, что в составе проб со значительным содержанием твердой фазы снега были обнаружены вещества, содержащиеся в основных компонентах сырьевой смеси для производства цемента. Анализ фракционного состава показал, что размер частиц твердой фазы снега соответствует размеру измельченного цемента и сырьевых материалов. Выбросы цементной пыли опасны для здоровья человека и приводят к заболеванию органов дыхания, поэтому рекомендуется установить дополнительное пылеулавливающее оборудование для сокращения количества выбросов цементной пыли в атмосферу.

#### Литература:

1. Бортникова С.Б., Рапута В.Ф., Девятова А.Ю., Юдахин Ф.Н. Методы анализа данных загрязнения снегового покрова в зонах влияния промышленных предприятий (на примере г. Новосибирска). Геоэкология. 2009. № 6. С. 515–525
2. Касимов Н. С., Кошелева Н. Е, Власов Д. В., Терская Е. В. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы. Вестник Московского Университета, Серия География. 2012. № 4. С. 14–24.
3. Рапута В. Ф., Турбинский В. В., Олькин С. Е., Хмелев В. А., Ярославцева Т. В., Щербатов А. Ф. Исследование пылевого загрязнения территорий выбросами цементного производства в г. Искитим Новосибирской обл. Материалы науч.-практ. конф. "Региональные экологические проблемы". Барнаул. Изд-во АлтГТУ. 2013.
4. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. М.: Госкомгидромет, 1991. 693 с.
5. Саэт Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. Москва. Недра. 1990. 335 с.
6. Цемент и известь. Под ред. П. Кривенко. Киев. 2008. 480 с.

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ И ОБ УСЛОВИЯХ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ  
ВЕРХНЕНЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ ЛЕССОВОЙ ФОРМАЦИИ  
НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ.**

*Вольвах А.О., Вольвах Н.Е., Маликов Д.Г., Пронина И.А.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия  
[sizikova@igm.nsc.ru](mailto:sizikova@igm.nsc.ru)

Аннотация. Приведены новые данные по изучению верхненеоплейстоценовой лессово-почвенной последовательности стратотипического разреза Ложок Новосибирского Приобья. Результаты высокочастотного гранулометрического состава и магнитной восприимчивости показали усиление активности среды в течение последних 130000 лет. Вместе с данными о химическом составе они позволили наметить несколько периодичных палеоклиматических событий, выраженных в увлажнении климата.

Ключевые слова: лессово-почвенная последовательность, лесс, поздний неоплейстоцен, Западная Сибирь, палеогеография.

**NEW DATA ON STRUCTURE AND DEPOSITION OF LATE PLEISTOCENE LOESS  
FORMATION OF NOVOSIBIRSK OB' REGION.**

*Volvakh A.O., Volvakh N.E., Malikov D.G., Pronina I.A.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia  
[sizikova@igm.nsc.ru](mailto:sizikova@igm.nsc.ru)

Abstract. The new data of studying of the Upper Neopleistocene of the loess-palaeosol sequence of the Lozhok stratotype section in the Novosibirsk Ob region are given. The results of the high frequency grain-size distribution and the magnetic susceptibility shows intensification of the environmental activity during the last 130000 years. In cooperation with the data of chemical composition this allowed us to suggest several periodical palaeoclimatic events expressed in humidifying of the climate.

Keywords: loess-paleosol sequence, loess, Late Pleistocene, West Siberia, paleogeography.

В Новосибирской области широко развиты покровные отложения лессовой формации. Наиболее распространены верхненеоплейстоценовые отложения. Разрез Ложок является стратотипическим разрезом лессово-почвенной формации Новосибирского Приобья этого временного интервала [1]. В разные годы он всесторонне изучался многими исследователями. Появление новых методов исследований, которые позволяют получать новые и более детальные данные о гранулометрических и петромагнитных свойствах лессовой толщи, вызвали необходимость продолжить изучение данного разреза. Это ляжет в основу восстановления условий палеосреды, в которой происходило осадконакопление изучаемых отложений, что в свою очередь является неотъемлемой частью для реконструкций прошлого климата и для прогноза будущего.

В строении разреза участвуют практически все стратиграфические горизонты позднего неоплейстоцена Западной Сибири [1]. В нем отсутствует суминская палеопочва, баганский лёсс залегает непосредственно на ельцовском лёссе. Все 3 горизонта соответствуют МИС-2 [1]. Из искитимского педокомплекса (МИС-3) представлена только профиль нижней палеопочвы. Ее гумусовый горизонт перекрыт оглееным прослоем, нижняя и верхняя граница которого криотурбированы. Над оглееным прослоем отмечается тонкий прослой, обогащенный песком и гравием. Ниже наблюдается тулинский лёсс (МИС-4), лежащим на отложениях бердского педокомплекса (МИС-5). В разрезе, помимо профилей нижнебердской (МИС-5е) и верхнебердской (МИС-5 с) палеопочв, распространенных на юге Западной Сибири, в 2018 году на глубине 5,8 – 6,0 м отмечены признаки слабо развитого почвообразования. Они представлены в виде слабо гумусированных полос и отдельных пятен, сконцентрированных на одном уровне по простиранию разреза. Представлен суглинком светло-коричневым, но темнее, чем выше и ниже лежащие лёссовидные суглинки, плотным, карбонатным, пористым, с мелкими угольками, по нижней границе слоя отмечается редкое ожелезнение по корнеходам и редкий карбонатный псевдомицелий. На данном этапе мы не можем однозначно связывать данный слой с почвенными образованиями подстадии МИС-5а, которая в Новосибирской области слабо фиксируется. Ранее этот прослой фиксировался в описаниях Волкова И.А. [2], но не выделялся в отдельный горизонт. Дальнейшие исследования, в первую очередь, датирование разреза OSL-методом, позволит установить связь этого прослоя с потеплением стадии МИС-5а. В основании разреза развит профиль мощной (с гумусовым горизонтом до 70 см в расчистке) нижнебердской почвы (МИС-5е), сформировавшейся в последнее Казанцевское межледниковье [1].

Сопоставление данных впервые проведенных детального (интервал отбора образцов 2 см) гранулометрического состава и частотно-зависимой магнитной восприимчивости показало тенденцию усиления динамики среды в течение позднего неоплейстоцена. Значения коэффициента U-ratio, позволяющего свидетельствовать о силе ветрового потока, являвшегося главным фактором в осадконакоплении изученных лёссовидных суглинков [3], также увеличиваются в этом интервале. Применение комплексного метода исследования позволяет минимизировать возможно ошибки отдельных методов. Полученные данные дополняют результаты, полученные по элементным отношениям Ba/Sr, Sr/Ca, Mg/Sr, Mg/Ca, являющимися индикаторами иссушения/увлажнения палеоклимата. В горизонтах баганского, ельцовского и тулинского лёссов отмечается несколько пиков увлажнения, которые, возможно, связаны с глобальными среднечастотными колебаниями климата. Запланированное детальное датирование даст возможность установить возраст этих событий и выявить региональную периодичность изменения условий среды.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Новосибирской области в рамках научного проекта № 18-45-543007 и частично проекта № 16-05-00371.*

#### **Литература:**

1. Зыкина В.С., Зыкин В.С. Лёссово-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене. Новосибирск: «Гео». 2012. 477 с.
2. Волков И.А. Позднечетвертичная субаэральная формация. - М.: Наука, 1971. – 254 с.
3. Сизикова А.О., Зыкина В.С. Морфоскопия песчаных кварцевых зерен и микростроение верхнеплейстоценовых лёссов юга Западной Сибири, разрез Ложок // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, №1, 2014, с. 41-50

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕНЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ  
СУБАЭРАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ Р. ЕНИСЕЙ  
У С. НОВОСЕЛОВО, СЕВЕРО-МИНУСИНСКАЯ ВПАДИНА.**

*Вольвах А.О., Маликов Д.Г., Вольвах Н.Е., Савельева П.Ю.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия  
[sizikova@igm.nsc.ru](mailto:sizikova@igm.nsc.ru)

Аннотация. Приведено геологическое описание 12-метровой субаэральной толщи 70-90 метровой террасы долины р. Енисея у с. Новоселово. Возраст отложений установлен как средне-верхнеплейстоценовый, что подтверждается наличием остатков каменоложской почвы в нижней части разреза, время формирования которой соответствует казанцевского межледниковью и стадии МИС-5е изотопно-кислородной кривой. Проведено предварительное сопоставление выделенных слоев с горизонтами стратиграфической схемы Средней Сибири.

Ключевые слова: лессово-почвенная толща, поздний неоплейстоцен, Средняя Сибирь

**GEOLOGICAL STRUCTURE OF LATE PLEISTOCENE SUBAERIAL DEPOSITS OF  
R. ENISEI LEFT BANK NEAR NOVOSELOVO, NORTH-MINUSINSK BASIN**

*Volvakh A.O., Malikov D.G., Volvakh N.E., Saveleva P.U.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia  
[sizikova@igm.nsc.ru](mailto:sizikova@igm.nsc.ru)

Abstract. Geological description of 12-m subaerial strata of 70-90 m Enisei terrace near Novoselovo is given. The age of these deposits is estimated as Middle-Late Neopleistocene. It is confirmed by a presence of Kamenolozhskaya paleosol remains in lower part of the section, age of its formation correlates with the Kazantsevo interglacial or MIS-5e oxygen isotope stage. Preliminary correlation of determined layers with layers of stratigraphic scheme of the Middle Siberia is done.

Keywords: loess-paleosol sequence, Late Pleistocene, Middle Siberia.

На современную береговую отмель Красноярского водохранилища ниже по течению с. Новоселово (Красноярский край) постоянно вымывается большое количество остатков крупных млекопитающих. В фауне преобладают остатки *Equus* sp. (45,6%), также высок процент остатков *Bison priscus* (19,9%) и *Mammuthus primigenius* (11,4%). По характеристике фауны (соотношению костей и общему видовому составу) данный материал не может быть соотнесён с материалом палеолитических стоянок, известных в этом районе [1] и более соответствует естественному захоронению аллювиального типа [2]. Для установления возраста фауны нами получены <sup>14</sup>C-датировки по двум костям мамонта: 16710±110 л.н. (СОАН-9549) и 20490±170 л.н. (СОАН-9550). С целью поиска костеносных слоёв и реконструкции условий среды в период обитания фауны изучен разрез покровных

отложенный левобережья р. Енисей в 1,5 км на юго-запад от устья р. Чегерак. В абразионном обрыве 70-90 м террасы вскрываются субаэральные отложения:

Слой 1 (0–0,65 м) - профиль современной черноземной почвы, состоящий из гумусового, переходного и иллювиального горизонтов.

Слой 2 (0,65–1,1 м) – лессовидный суглинок легкий опесчаненный светло-коричневато-серый, сильно карбонатный, неслоистый, граница в виде клиньев. Столбчатая отдельность. В этом слое и до гл. 5 м в разрезе встречались современные ледовые жилы.

Слой 3 (1,1–3,3 м) объединяет отложения нескольких этапов слабо развитого почвообразования. Состоит из 5 прослоев коричневого опесчаненного суглинка, карбонатного, с корнеходами, мощностью 20-25 см. В их основании отмечаются рыхлые карбонатные конкреции до 1-1,5 см и редкое ожелезнение по корнеходам. Прослой нарушены мерзлотными процессами, представлены в виде отдельных фрагментов, разделенных тонкими клиньями с материалом вышележащего горизонта. В 3-м прослое (2,0 – 2,15 м) в верхней части отмечаются отдельные сильно денудированные фрагменты гумусированного суглинка коричневого более темного, корнеходы окрашены органическим веществом, на глубине 2,1 м конкреции гипса до 0,5 см. Прослой разделены карбонатными суглинками опесчаненными с волнистой слоистостью, обусловленной чередованием светло-коричневато-серых и светло-розовато-коричневых более оглиненных слоев. С 2,23 м встречается редкое ожелезнение по корнеходам, на 3,05 м - волнистая ожелезненная полоса (0,5 см); 2,8-2,85 м - линза со щебнем и крупнозернистым песком, сильно карбонатная, образование которой, связано с активизацией склоновых процессов. Слои в стенке имеют столбчатую отдельность.

Слой 4 (3,3–4,0 м) - суглинок лессовидный коричневатый-серый, карбонатный, ожелезнение по корнеходам и в виде пятен до 1 см, редкий марганцовистый крап, верхние 10 см слоя сильно оглеены серого цвета, неслоистый. На 3,6 – 3,65 м и 3,95 – 4,0 м светло-розовато-коричневые прослой суглинка с плотными карбонатными конкрециями до 0,5 см. На глубинах 4,05-4,1 м; 4,3–4,45 м; 4,7–4,8 м; 4,9–5,15 м – концентрация плотных карбонатных конкреций до 0,5 см. Слоистость неясная волнистая.

Слой 5 (5,6–6,1 м) - суглинок розовато-коричневый, карбонатный. Верхняя и нижняя границы в виде клиньев, мерзлотный клин до 6,7 м. На 6,15 м - нора землероя 13х6 см.

Слой 6 (6,1–6,9 м) - суглинок лессовидный светло-серовато-коричневый, карбонатный, отдельные прослой светло-розово-коричневые мощностью 0,5–1,0 см.

Слой 7 (6,9 – 7,9 м) – суглинок лессовидный светло-коричневато-серый, карбонатный, с корнеходами, редкий псевдомицелий, редкое ожелезнение по корнеходам, глеевые пятнышки. Слоистость неясная субпараллельная волнистая. На 7,45 – 7,55 м – светло-розово-коричневый прослой с ожелезнением.

Слой 8 (7,9–8,25 м) – суглинок лессовидный розовато-светло-коричневый, карбонатный (псевдомицелий и твердые конкреции до 0,5 см), корнеходы. Верхняя граница волнистая, нижняя волнистая с ожелезнением, с отдельными диагональными мерзлотными клиньями-затеками до глубины 8,6 м.

Слой 9 (8,25 – 9,1 м) – чередование лессовидных суглинков светло-коричневато-серых и светло-розовато-коричневых карбонатных. Ожелезнение по корнеходам, редкие глеевые пятна. Слоистость неясная волнистая. В нижней части слоя концентрация твердых карбонатных конкреций до 1 см. На 8,45 – 8,7 м – глеевый прослой – суглинок опесчаненный серый с зеленоватым оттенком, карбонатный, сильно ожелезнен по корнеходам, по нижней границе – горизонтальное ожелезнение. Прослой маркируется по всему обрыву.

Слой 10 (9,1 – 9,3 м) - пестроцветный горизонт, представленный суглинками серыми оглеенными, светло-коричневыми, светло-коричневато-серыми, светло-розовато-

коричневыми. Карбонатный, с карбонатными рыхлыми конкрециями. Нижняя граница неровная, крупно волнистая, срезает верхнюю часть нижележащего горизонта.

Слой 11 (9,3 – 9,9 м) – профиль погребенной почвы. Гумусовый (А) горизонт – суглинок тяжелый опесчаненный темно-коричневый, некарбонатный, с корнеходами черного цвета, мелкие угольки, твердые карбонатные конкреции до 1,5 см. Верхняя граница размывта, нижняя – в виде мерзлотных клиньев-затеков различного размера, древовидных, диагональных, до 2,25 м. Иллювиальный горизонт - суглинок опесчаненный розово-коричневый, карбонатный псевдомицелий. Норы землероев  $d < 10$  см на 9,35–9,5 м; 9,8–9,9 м; 10,4; 10,6 м, заполнены материалом гор.А. Нижняя граница волнистая, диагональные тонкие клинья-затеки до глубины 10,2 м. Мощность 30 см.

Слой 12 (9,9 – 12,0 м) – суглинок лессовидный опесчаненный светло-серо-коричневый, карбонатный, редкое ожелезнение по порам, мелкие угли. На глубинах 10,0 – 10,2 м, 10,7 – 10,75 м, 10,95 – 11,05 м концентрация гипсовых конкреций до 1,5 см. Тонкие светло-розовато-коричневые слойки, нарушенные мерзлотными процессами.

По морфотипическим признакам строения профиля слоя 11, интенсивности проявления почвообразовательных процессов, его положению в разрезе, среднеплейстоценовому возрасту погребенной террасы, он, вероятно, соотносится с каменоложской почвой Средней Сибири, сформировавшейся в казанцевское время и выделенной в Куртакском археологическом районе [3], является хорошо диагностируемым почва-маркером последнего межледниковья. В стенке обрыва изученной террасы ее гумусовый горизонт сохранился частично в одном месте, по-видимому, во время формирования являвшимся западиной. Казанцевский возраст слоя 11 определяет возраст вышележащих отложений как верхнеплейстоценовый. Нижележащие слои имеют субгоризонтальное залегание, вышележащие слои согласно современному склону падают на северо-восток. Верхнечетвертичные покровные отложения детально описаны комплексными исследованиями в Куртакском археологическом районе, расположенном в расширении долины Енисея ниже с. Новоселово [3]. Предварительно слой 2 разреза Новоселово соотносится с сартанскими трифоновскими слоями, слой 3 – со временем формирования куртакского педокомплекса (каргинский интерстадиал), слои 4-10 с субаэральными образованиями чанинской толщи, внутри слоев отмечается несколько эпизодов криогенеза. Явно выраженных следов сухоложского педокомплекса в изученном разрезе на данный момент не установлено, по-видимому, он был денудирован. Отложения слоя 12 сформировались в среднем неоплейстоцене. Сартанский возраст фауны соотносится со временем формирования слоя 2 и возможно верхней части слоя 3. Отложения этого возраста в Новоселовском районе были также развиты на затопленных I–IV террасах Енисея [4], не исключено, что костный материал выносится прибойной деятельностью в результате перемива субаэральных отложений низких террас или их аллювия. В изученном разрезе остатки фауны обнаружены не были.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-35-00118 и гос. задания № 0330-2016-0017.*

#### **Литература:**

1. Абрамова З.А. Палеолит Енисея. Кокоревская культура. Новосибирск: Наука, 1979. 199 с.
2. Маликов Д.Г. Крупные млекопитающие среднего-позднего неоплейстоцена Минусинской котловины, стратиграфическое значение и палеозоогеография. Дисс. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск, 2015. 227 с.
3. Дроздов Н.И., Чеха В.П., Хазартс П. Геоморфология и четвертичные отложения Куртакского георхеологического района (Северо-Минусинская впадина). Красноярск: РИО КГПУ. 2005. 112 с.
4. Цейтлин С.М. Геология палеолита Северной Азии. Москва: Наука. 1979. 286 с.



**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЗРЕЗА ЧЕРНОУСОВ ЛОГ – НОВОГО  
МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПОЗДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА  
В МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЕ**

*Вольвах Н.Е., Маликов Д.Г., Вольвах А.О., Савельева П.Ю.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[volvakh@igm.nsc.ru](mailto:volvakh@igm.nsc.ru)

Аннотация. Дано краткое описание геологического строения и палеофаунистического материала из нового местонахождения млекопитающих позднего неоплейстоцена Минусинской котловины. Местонахождение связано с отложениями небольшой реки. В местонахождении обнаружены остатки 5 видов крупных млекопитающих. На основании стратиграфических данных возраст местонахождения предварительно определен как вторая половина позднего неоплейстоцена.

Ключевые слова: мамонтовая фауна, поздний неоплейстоцен, Минусинская котловина, Енисей

**GEOLOGY STRUCTURE OF CHERNOUSOV LOG SECTION - NEW SITE OF LATE  
NEOPLEISTOCENE MAMMALS IN THE MINUSINSK DEPRESSION**

*Volvakh N.E., Malikov D.G., Volvakh A.O., Saveleva P.U.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract. The brief description of the geological structure and the palaeofauna material from a new site of Late Neoleistocene mammals of Minusinsk depression is given. The site is related to depositions of the small river. In the site remains of the five species of large mammals was found. Based on stratigrafic data, the age of the site is predetermined as the second half of the Late Neopleistocene.

Key words: mammoth fauna, Late Neopleistocene, Minusinsk depression, Yenisei River

Территория Минусинской котловины богата остатками представителей плейстоценовой макротериофауны. Наибольшее количество местонахождений крупных млекопитающих сосредоточены в Северо-Минусинской впадине, однако в основном они представлены палеолитическими стоянками [1], реже встречаются пещерные тафоценозы [3] и аллювиальные местонахождения [2]. Каждый из этих типов тафоценозов имеет свои особенности в сравнении с другими. Поэтому, чтобы получить полное представление о составе ископаемой фауны желательнее привлекать данные из большого количества местонахождений разного генезиса.

В настоящем сообщении приведены данные о новом местонахождении остатков крупных млекопитающих позднего неоплейстоцена. Местонахождение обнаружено и изучено авторами весной 2018 года. Разрез находится на левом берегу р. Енисей в пределах Северо-Минусинской впадине, в 10,3 км севернее села Первомайское, в 500 м от моста

через Черноусов лог на трассе Р-257, Республика Хакасия (Координаты N54°40'25,29" E90°45'28,35").

Черноусов лог прорезает участок денудационно-аккумулятивной равнины с абсолютными отметками 260-340 м и глубиной расчленения 100-110 м. Приустьевая часть Черноусова лога в настоящее время является одноименным заливом, образованном при затоплении Красноярского водохранилища. В долине сохранились аллювиальные террасы, сопоставляемые по возрасту с V, VI, VII террасами р. Енисей. Коренной цоколь террасы на данном участке находится на уровне дна лога с отметкой 238 м. Надпойменная терраса Черноусова ручья имеют высоту 5-7 м.

Разрез террасы имеет следующее строение (сверху вниз):

1. (0 - 0,8 м) – профиль современной почвы. Гумусовый горизонт (0-0,3 м) – суглинок легкий опесчаненный темно-коричнево-черный, среднепористый, уплотнен, карбонатный (глубина вскипания с 0,1 м, карбонатный уровень выражен в виде четкой 10-см белесой полосы). Граница в виде больших затеков до глубины 0,7 м. Переходный горизонт (0,3 – 0,55 м) – суглинок темно-коричневого цвета, плотный, пористый, карбонатный. Граница в виде мелких клинышков до глубины 0,6 м. Иллювиальный горизонт (0,55 – 0,8 м) – суглинок тяжелый коричневого цвета, плотный, слабопористый, карбонатный. Граница ровная.
2. (0,8 – 1,4 м) – переслаивание светло-серых легких супесей с серовато-коричневыми суглинками. Оба суглинка плотные, пористые, карбонатные. Мощность серых слоев 1-4 см, коричневых – 4-8 см. Слой разбит тонкими вертикальными трещинами шириной до 1,5 см до глубины 1,4 м. На глубине 1,1-1,3 м – прослой песка ср/зерн., серого, рыхлого, карбонатного, прослой иногда выклинивается. Норы землероев, заполненные материалом гумусового горизонта слоя 1, D до 10 см. Граница волнистая.
3. (1,35 – 1,5 м) – слой объединяет 2-4 гумусированных прослоя темно-коричневого цвета с серым оттенком, в виде тонких (4-6 см) слоев суглинка опесчаненного, плотного, пористого, карбонатного, разделены между собой суглинком опесчаненным светло-коричневато-серым, плотным, слабопористым, карбонатным. Верхние и нижние границы прослоев в виде мелких клинышков. Нижняя граница в виде клиньев до глубины 1,65 м.
4. (1,5 – 1,7 м) – суглинок опесчаненный светло-коричневато-серый, плотный, пористый, карбонатный, неслоистый. В основании – прослой песка ср/зерн. серого, полимиктового, карбонатного, мощностью до 10 см. Граница неровная, переход по цвету.
5. (1,7 – 2,05 м) – гумусированный слой – суглинок опесчаненный темно-коричнево-серый, плотный, пористый, карбонатный. Верхняя граница неровная в виде зазубрин, нижняя граница в виде языков-затеков до 2,3 м.
6. (2,05 – 2,1 м) – суглинок опесчаненный светло-серо-коричневый, плотный, пористый, карбонатный. 10 м восточнее в стенке этот слой имеет мощность 40 см, с линзами песка светло-зеленовато-серого, разно/зерн., полимиктового, карбонатного, в верхней части слоя – субпараллельная косая слоистость с мощностью слоев 1-1,5 см. Включения дресвы и щебня. Граница в виде мелких клиньев. В слое присутствует крупная нора (диаметром около 30 см), заполненная материалом из этого же слоя, по цвету схожим с верхней частью слоя, смешанным с песком и мелкообломочным материалом. Из норы получены костные остатки мелких млекопитающих и птицы.
7. (2,1 – 2,35 м) – погребенная почва. Суглинок опесчаненный серовато-коричневый, плотный, пористый, карбонатный, с корнеходами. Нижняя граница неровная в виде клиньев.
8. (2,35 – 2,4 м) – суглинок легкий опесчаненный светло-коричневый, уплотнен, пористый, карбонатный. Нижняя граница неровная.
9. (2,4 – 3,4 м) – суглинок светло-коричневый, плотный, пористый, карбонатный, корнеходы прокрашены органическим веществом. На глубине 2,5 м и 2,7 м – линзы песка

светло-зеленовато-серого разно/зерн., полимиктового, рыхлого, карбонатного, мощностью до 1 – 3 см.

На глубине 2,8 – 2,85 м – прослой это же песка, мощность изменяется по латерали до 40 см. С 2,85 м – чередование прослоев светло-серого суглинка со светло-коричневым и светло-коричневыми с красноватым оттенком. Все суглинки плотные, пористые, карбонатные. Мощность светло-серых до 1,5 см, светло-коричневых 2-6 см, красноватых до 3 см. Слой ожелезнен. Слоистость волнистая. Включения мелких углей до 5 см. На глубинах 2,35 м, 3,0 м и 3,3 м отмечены крупные мерзлотные клинья.

10. (3,4 – 4,0 м) - переслаивание суглинка легкого опесчаненного светло-коричневатого-серого, плотного, слабопористого, карбонатного, с сизоватым оттенком. Отмечаются линзы песка разнозернистого, полимиктового, светло-зеленовато-серого с рыжеватым оттенком, ожелезненного, карбонатного. По границам прослоев сконцентрировано ожелезнение.

Предположительно, отложения 0-1 м сформированы при преобладании эоловых процессов, гумусированные прослой представляют собой слабообразованные почвы, сформировавшиеся в гидроморфных условиях на пойменных (2,35-3,4 м) отложениях. С глубины 3,4 м в разрезе лежат русловые отложения. Наличие мерзлотных клиньев свидетельствует о нескольких перерывах в осадконакоплении и о проявлении криогенных процессов.

Костные остатки крупных млекопитающих встречаются единично ниже разреза до залива Черноусов на левом берегу Красноярского водохранилища. Непосредственно в обнажении костные остатки крупных млекопитающих пока не обнаружены. На основании сохранности костного материала, а именно наличия марганцевых дендритов на поверхности кости и отсутствия следов корневой системы характерных для материалов из субаэральных осадков, мы предполагаем, что костные остатки крупных млекопитающих происходят из руслового аллювия слоя 10 разреза.

Видовое разнообразие материала в местонахождении относительно велико, костные остатки (8 шт.) принадлежат 5 видам крупных млекопитающих: *Mammuthus primigenius*, *Equus* sp. (2 формы), *Bison priscus*, *Saiga tatarica*, *Ovis ammon*. Материал по мелким млекопитающим находится в стадии обработки.

Среди представленных видов млекопитающих наибольшее стратиграфическое значение имеют остатки *Mammuthus primigenius* и *Saiga tatarica*. Присутствие в местонахождении остатков сайгака указывает на то, что время формирования местонахождения может быть отнесено к позднему неоплейстоцену, поскольку ранее этого времени вид не отмечен на территории Минусинской котловины [2]. По присутствию в фауне местонахождения Черноусов лог остатков мамонта можно предполагать, что возраст фауны не моложе чем возраст фауны из местонахождений Новоселово аллювиальное, Кожухово 2, грот Проскурякова и Малая сыя, где так же отмечен *Mammuthus primigenius* [2,3]. На основании этого мы предполагаем, что остатки крупных млекопитающих местонахождения Черноусов лог имеют каргинский, либо ранне сартанский возраст.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-35-00118.

#### Литература:

1. Абрамова З.А., Астахов С.Н., Васильев С.А., Ермолова Н.М., Лисицын Н.Ф. Палеолит Енисея. Л.: Наука. 1991. 158 с.
2. Маликов Д.Г. Крупные млекопитающие среднего-позднего неоплейстоцена Минусинской котловины, стратиграфическое значение и палеозоогеография. Дисс. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск. 2015. 227 с.
3. Оводов Н.Д. Древние звери Хакасии. Астроархеология – естественно-научный инструмент познания протонаук и астральных религий жречества древних культур Хакасии. Красноярск. 2009. С. 189-199.

**ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ФЛЮИДОУПОРОВ РИФОГЕННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ  
ФРАНСКО-ФАМЕНСКОГО ВОЗРАСТА В ПРЕДЕЛАХ МУХАНОВО-  
ЕРОХОВСКОГО ПРОГИБА**

*Вязовкина А.О.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

<sup>2</sup>ПАО «Самаранефтегеофизика», Самара, Россия

[vz-anastasia@mail.ru](mailto:vz-anastasia@mail.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены геолого-геофизические критерии выделения органогенных построек и покрышек залежей органогенного типа. На основании данных глубокого бурения проведена стратификация разреза франско-турнейских отложений. Проанализированы условия формирования биогермных образований франско-фаменского возраста и покрышек. Построена серия корреляционных схем, через различные зоны Муханово-Ероховского прогиба (МЭП) и карта толщин отложений малевского горизонта. В результате составлена карта перспективных зон поисков залежей, приуроченных к ловушкам рифогенного типа с учетом надежности покрышки и нанесенными постройками, выявленными в результате сейсморазведочных работ.

Ключевые слова: рифы, флюидоупоры, геологоразведочные работы, *неантиклинальные* ловушки, Муханово-Ероховский прогиб

**ASSESSMENT OF RESERVOIR CAP ROCKS RELIABILITY OF FRASNIAN-  
FAMENNIAN REEFOGENIC DEPOSITS WITHIN MUCHANOVO-EROHOVSKY  
DEFLECTION**

*Vyazovkina A.O.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Samara State Technical University, Samara, Russia, [vz-anastasia@mail.ru](mailto:vz-anastasia@mail.ru)

<sup>2</sup>PJSC «Samaraneftegeophisica», Samara, Russia

Abstract. The article considers geological-geophysical criteria of organogenic buildups allocation and caprocks of organogenic type deposits allocation. On the basis of the data of deep drilling the stratification section of Frasnian- Tournaisian deposits was carried out. Conditions of Frasnian-Famennian biogerm bodies formation and tires are analyzed. A series of correlation schemes intersecting different zones Muchanovo-Erohovsky deflection and a map of sediment thickness Malevsky horizon were constructed. As a result the map of prospects of searches of deposits, timed to traps of reefogenic type concerning reliability of a caprock with the put constructions revealed as a result of seismic works is drawn up.

Key words: reefs, caprocks, geological exploration, non-anticlinal traps, Muchanovo-Erohovsky deflection

Актуальность изучения ловушек неантиклинального типа обусловлена необходимостью прироста запасов нефти на текущем этапе высокой степени разведанности начальных суммарных ресурсов Самарской области. До недавнего времени считалось, что в карбонатных отложениях верхнего девона, на рассматриваемой территории, продуктивным является только пласт Дл заволжского надгоризонта. Остальная часть карбонатов верхнего девона (отложения франского и фаменского ярусов) считалась менее перспективной. В связи с обнаружением залежей углеводородов (УВ) в пласте Д3фам фаменского яруса, приоритетной задачей для дальнейших геологоразведочных работ (ГРР) стало изучение карбонатных отложений верхнего девона на предмет выявления биогермных образований и изучения зон развития покрышек, играющих определяющую роль в сохранении залежей нефти в отложениях франского и фаменского ярусов.

Поиск ловушек рифогенного типа на территории Самарской области является важной задачей. Ловушки данного типа как правило характеризуются высокими дебитами (табл. 1).

**Таблица 1. Сравнение притоков полученных в залежах, связанных с ловушками рифогенных и структурных типов**

Объект	Пласт	Тип ловушки	Высота залежи, м	Максимальный дебит по нефти, т/сут
1	Д3фам	структурная	10.5	40
2	Д3фам	рифогенная	28	507.5
3	Дл	рифогенная	55.5	265
4	Д3фам	рифогенная	17	602
5	Дл	рифогенная	26	1261.4
6	Д3фам	структурная	5.2	36
7	Д3фам	структурная	4.9	55
8	Дл	рифогенная	14	225
9	Д3фам	структурная	11	86.2

На основе увязки данных бурения и сейсморазведки МОГТ проведена стратификация временного разреза и определены интервалы поиска построек седиментационного типа, которые по характерному набору параметров волнового поля, выявлены на временных разрезах сейсмических профилей. На основании анализа волнового поля на временных разрезах профилей МОГТ-3Д установлено широкое развитие построек седиментационного типа. На основании различий в морфологии, степени выраженности в структурных этажах и влиянии их на толщину облекания можно разделить рифогенные залежи на три группы [3]. Контуры выявленных построек рифогенного типа были увязаны со сводными структурными построениями по отражающим горизонтам турнейского яруса (C1t), фаменского яруса (D3fm), тиманского горизонта (D3tm), и картой изопахит интервала D3tm-C1t.

Надёжной покрышкой для залежей нефти в пласте Дл заволжского надгоризонта является терригенно-карбонатная пачка малевского возраста [4,5]. В классическом разрезе горизонт сложен переслаиванием глин и глинистых известняков. Глины присутствуют в нижней и верхней части горизонта и разделяются глинистым известняком. Однако литологический состав и взаимное расположение глин и известняков в разрезе не остается постоянным и претерпевает значительные изменения. В частности, в северных, северо-восточных районах области и в пределах внешних бортовых зон Камско-Кинельской

системы прогибов, терригенные отложения малевского горизонта замещаются карбонатными породами и этот репер теряется

Построена серия корреляционных схем, через различные зоны (забортовую, внешнюю, внутреннюю бортовую и осевую) Муханово-Ероховского прогиба, определены типы разреза и мощность отложений малевского возраста, характерные для каждой зоны. На основании схем корреляции определено, что литологический состав и взаимное расположение глин и известняков в разрезе отложений малевского горизонта не остается постоянным и претерпевает значительные изменения. Более уверенно он прослеживается в забортовых и внутренних бортовых зонах Муханово-Ероховского и Усть-Черемшанского прогибов, где в его разрезе присутствуют маломощные глинистые прослои. Во внешних бортовых зонах мощность отложений малевского горизонта сокращается, глинистые прослои в его разрезе отсутствуют и отложения представлены глинистыми известняками. Из-за замещения терригенных отложений малевского горизонта карбонатными породами провести стратификацию малевского горизонта в северо-восточной бортовой зоне МЭП довольно сложно. Отложения малевского горизонта в пределах большей части северо-восточного борта имеют небольшую мощность, представлены в основном не переслаиванием глин и известняков, а глинистыми известняками иногда с маломощным (1-2 м) прослоем глин в нижней части разреза. Глинистые прослои характерны в большей степени для забортовой, внутренней бортовой и осевой зон прогибов.

Проведен анализ глинистых прослоев, определяющих степень надежности «покрышки» на каротажной диаграмме. Исходя из проведенного анализа, можно сделать вывод, что мощность глинистых пропластков порядка 2м достаточна для сохранения залежи пласта. С учетом анализа данных ГИС, керна и корреляционных схем малевской толщи, основанных на опорных скважинах, была построена схематическая карта мощности малевской толщи. Составлена схема развития отложений малевского возраста, характеризующая степень надёжности покрышки, относительно зон МЭП и осложняющих их построек седиментационного типа. На основании проведенного анализа из объектов, подготовленных к постановке глубокого бурения на ЛУ МОГТ-3Д, были определены ловушки седиментационного типа (122 объекта). Проведено их ранжирование относительно зон МЭП и надёжности покрышки. Построена карта перспектив поисков залежей, приуроченных к ловушкам рифогенного типа относительно надёжности покрышки с нанесенными постройками, выявленными в результате сейсморазведочных работ [1,2].

#### Литература:

1. Вязовкина А.О. Анализ условий формирования флюидопоров рифогенных залежей франско-фаменского возраста в пределах южной части Самарской области/А.О. Вязовкина. Научно-технический журнал «Нефть.Газ.Новации». 2018. №2. С. 27-31
2. Вязовкина А.О. Анализ условий формирования флюидопоров рифогенных залежей франско-фаменского возраста на территории Самарской /А.О. Вязовкина. Проблемы недропользования. 2018. №2. С. 114-128.
3. Малыхин М.Д. Сейсморазведка при выявлении рифогенных построек и связанных с ними залежей углеводородов (на примере Усть-Черемшанского, Муханово-Ероховского прогибов и прилегающих к ним палеошельфов): дис. к.г.-м.н.: 04.00.17/ Саратов, Саратовский государственный университет, 1984. 235 с.
4. Мирчинк М.Ф. и др. Рифы Урало-Поволжья, их роль в размещении залежей нефти и газа и методика поисков. М.: Недра. 1974 г. 115 с.
5. Мкртчян О.М. Верхнедевонские рифы и их роль в формировании нефтеносных структур востока Урало-Поволжья / О. М. Мкртчян. М.:Наука. 1964. 126 с.

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

*Вязовкина Е.О., Вязовкина А.О.*

СамГТУ, ПАО «Самаранефтегеофизика, г. Самара, Россия,

[kate\\_vyazovkina@mail.ru](mailto:kate_vyazovkina@mail.ru)

Аннотация. В настоящее время при детальном расчленении геологических разрезов используется ряд программных комплексов, выполняющих поставленную задачу. Рассмотрим эти комплексы в порядке их эффективности.

Ключевые слова: сейсморазведка, разрешающая способность, Гилберт-преобразование, сейсмические атрибуты.

## SEISMIC SURVEY RESOLUTION ENHANCEMENT METHODS

*Vyazovkina E.O., Vyazovkina A.O.*

SSTU, PJSC Samaraneftgeophysica, Samara, Russia, [kate\\_vyazovkina@mail.ru](mailto:kate_vyazovkina@mail.ru)

Abstract. Software systems variability are uses for detailed geologic cross-sectional partition and satisfies one's objectives for the moment. Let consider these complexes in the order of their efficiency.

Key words: seismic survey, resolution power, Gilbert-reconstitution, seismic attributes.

ВРС-Гео [2]. Технология высокоразрешающей сейсморазведки позволяет: детально изучить внутреннюю структуру нефтесодержащих отложений, т.к. результаты сейсмических материалов обработки обладают большой разрешенностью, что обеспечивает выделение песчаных пластов толщиной 4 метра и карбонатов толщиной 6 метров [3], коррелировать отражающие границы нефтегазовых залежей по всей площади, предварительно оценивать ресурсы углеводородов в нефтеперспективных отложениях на основе уравнения среднего времени [3]. Методика имеет следующие преимущества: повышение достоверности обнаружения нефтеперспективных объектов; сокращение объемов непродуктивного бурения и материальных затрат; повышение эффективности геологоразведочных работ.

СВАН – спектрально-временной анализ. С его любую сейсмическую трассу для некоторого участка профиля представляют в виде СВАН-колонки, состоящей из последовательности трасс, полученных с дискретно непрерывным возрастанием преобладающей частоты используемого фильтра. В 3D сейсморазведке возможно получение СВАН-колонки для каждой трассы куба сейсмической информации (рис. 1).

Тщательный анализ сейсмической трассы (рис. 1) дает основание утверждать, что каждый низкочастотный сейсмический сигнал представлен набором простых когерентных сигналов, характеризующихся своей индивидуальной фазой. Следует отметить, что в

выделенном на рисунке 1 интервале  $t=355-370$  мсек содержится пять высокочастотных сигналов. Очевидно, максимальные амплитуды одиночных (высокочастотных) сигналов определяются величинами коэффициентов отражений от границ раздела изучаемого разреза.

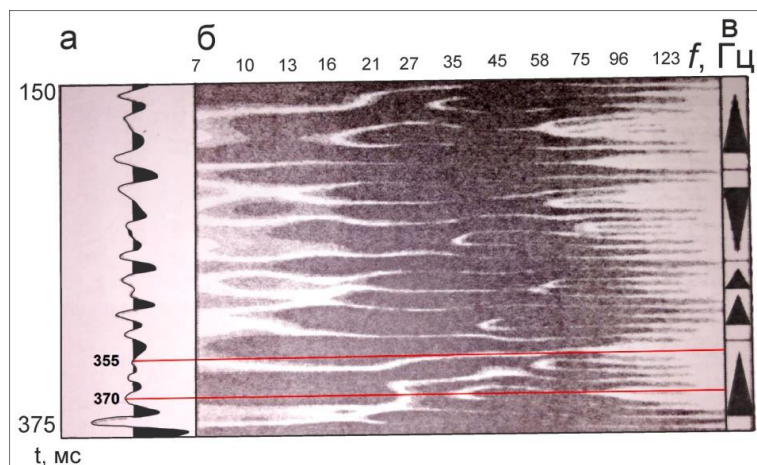


Рисунок 1. - СВАН-анализ сейсмической трассы: а-сейсмическая трасса; б-СВАН-колонка

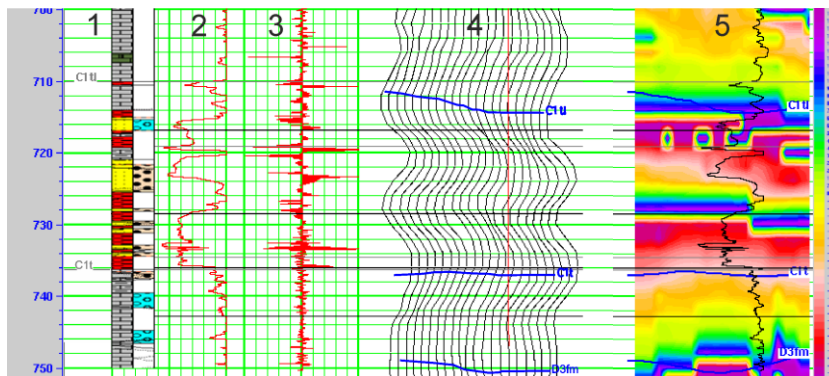
Детальное расчленение сейсмических трасс на основе преобразований Гилберта [3]. При выполнении сейсморазведочных работ МОГТ-3D исследования, как правило, выполняются с использованием сигналов в достаточно узком частотном диапазоне  $7\div 120$  Гц. В этом случае период сигнала  $T=17$  мсек. При таком периоде сигнала возможно выявление пластов песчаников, при скорости  $4000$  м/сек, толщиной  $17$  м. К сожалению, на территории Урало-Поволжья широкое распространение имеют пласты-коллекторы толщиной менее  $17$  метров и надежное их выявление используемыми программными средствами весьма затруднено. В этой связи возникла необходимость определения возможности детального расчленения реальных сейсмических трасс, пересчитанных в трассы мгновенных фаз на основе преобразования Гилберта.

Важным следствием применения Гилберт-преобразования при обработке сейсмических сигналов является проявление *фазовых откликов слабых когерентных сигналов* на временных разрезах [3]. Использование таких изображений существенно упрощает прослеживание тонких пластов, обнаружение их выклиниваний, угловых несогласий, зон нарушения непрерывности отражающих границ и фациальных изменений.

Принимая во внимание вышеотмеченное явление, возникла необходимость сопоставления материалов акустического каротажа ( $V_{ak}$ ), коэффициентов отражения ( $R$ ), реальных трасс временного разреза (суммарных трасс) и мгновенных фаз с целью выявления элементарных сигналов, обладающих одинаковыми фазами на временных разрезах (рис. 2).

На представленном рисунке высоким качеством обладают данные акустического каротажа, реальные сейсмические трассы и материалы мгновенных фаз. Следует отметить, что терригенная толща тульского горизонта на стандартных материалах определяется двумя фазами, удаленными друг от друга на  $25$  мсек. На материалах мгновенных фаз наблюдается  $7$  фаз, что свидетельствует о присутствии в данном интервале  $5\div 6$  прослоев средней толщиной  $6$  мсек. Для корректного выполнения корреляции промежуточных горизонтов в интервале продуктивного разреза целесообразно отмеченные интервалы

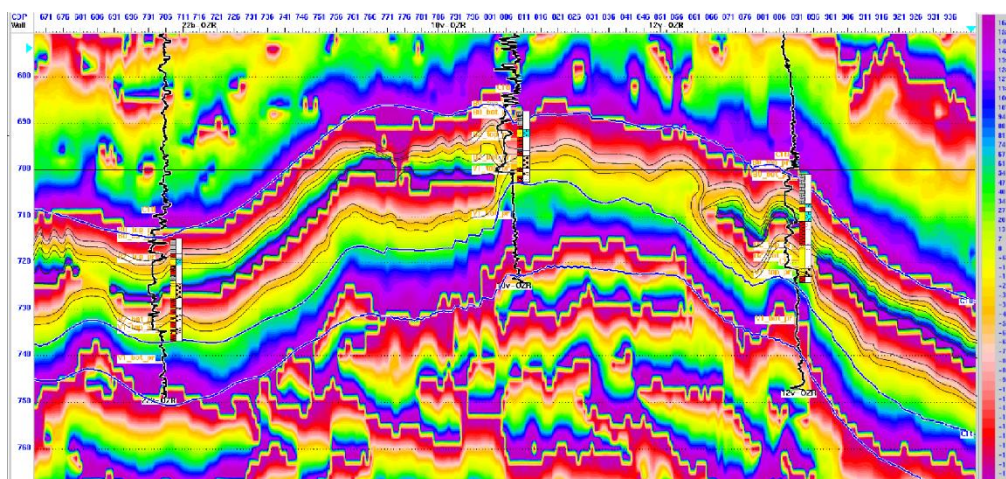




**Рисунок 2. - Скважинные данные: 1-литологическая колонка, 2-АК, 3-кривая коэффициентов отражения, 4-реальные сейсмические трассы, 5-разрез мгновенных фаз.**

представлять в увеличенном масштабе. Оценим детальность расчленения разреза по данным реальных сейсмических трасс.

На рисунке 2 представлен временной разрез и литологическая колонка, сложенная глинами, алевролитами, известняками и доломитом. Данные ГИС с рассматриваемыми данными сейсмических стандартных трасс увязаны. Рассмотрим возможность получения дополнительной информации о геологическом разрезе при использовании атрибута - мгновенная фаза. Благодаря этому атрибуту предоставляется возможность выделить фазы элементарных сигналов, участвующих в формировании сложного сигнала, и, таким образом, выполнять детальное расчленение изучаемого разреза (рис. 3).



**Рисунок 3. - Пример корреляции мгновенных фаз в сопоставлении с данными бурения скважин 22, 10 и 12. На рисунке изображены: кривая акустического каротажа, трассы мгновенных фаз, построенные в цветном изображении сопоставленные с кривой АК.**

На разрезе отмечается удовлетворительная увязка мгновенных фаз с данными ГИС, наблюдается сложное строение отдельных горизонтов, удается выделить участки неоднородного строения отдельных пластов. Детальность расчленения временного разреза составила от 2мсек до 8мсек, что соответствует 2-16м толщине терригенного слоя или 6-24м толщине карбонатов. На рисунке 3 опробована возможность непрерывной корреляции мгновенных фаз на временном разрезе, построенном с использованием предложенных и опробованных параметров воспроизведения сейсмической информации (мгновенных фаз) с целью детального расчленения разреза.

Определение толщин пластов по материалам сейсмических атрибутов – мгновенных фаз нуждается в дальнейшем изучении этого вопроса.

### **Литература:**

1. Мушин И.А., Бродов Л.Ю., Козлов Е.А. Методики спектально-временного анализа. Геология и геофизика, № 9,1985, с. 114-126.
2. Трофимов В.Л. Детальная оценка геологических показателей реальной среды с применением технологии ВРСГео, Геофизика, 2006. №4. С. 12-13.
3. Урупов А.К., Воскресенский Ю.Н. Построение сейсмических изображений. Москва. 2006. 117 с.

## КРИСТАЛЛОХИМИЯ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ КАРБОНАТОВ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

*Гаврюшкин П.Н.<sup>1,2</sup>, Сагатов Н.<sup>1,2</sup>, Бехтенова А.Е.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[gavryushkin@igm.nsc.ru](mailto:gavryushkin@igm.nsc.ru)

<sup>2</sup>Новосибирский Государственный Университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Активные исследования последних лет привели к открытию ряда новых фаз щелочных и щелочно-земельных карбонатов, которые позволили выстроить общий структурный тренд уплотнения их структур под давлением. Уплотнение катионного массива щелочных карбонатов происходит по известной схеме NaCl (кальцит) – NiAs (арагонит) – CsCl (пост-арагонит). В случае CaCO<sub>3</sub> реализуются также промежуточные структуры (II, III, IIIb, VI, VII, арагонит-II) с переходной топологией. Щелочные карбонаты уплотняются по схеме CaF<sub>2</sub> – PbCl<sub>2</sub> – Ni<sub>2</sub>In – AlB<sub>2</sub>. В обоих случаях при давлениях выше 100 ГПа фиксируется переход к тетраэдрической координации углерода.

Ключевые слова: фазовая диаграмма, теория функционала плотности, предсказание структур, глобальный цикл углерода

## CRYSTALCHEMISTRY OF ALKALINE AND ALKALINE-EARTH CARBONATES UNDER EXTREME CONDITIONS

*Gavryushkin P.N.<sup>1</sup>, Sagatov N.<sup>1,2</sup>, Bekhtenova A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia,

[gavryushkin@igm.nsc.ru](mailto:gavryushkin@igm.nsc.ru)

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The active research of the last years leads to the discovery of the number of new phases of alkaline and alkaline–earth carbonates. Densification of alkaline carbonates cation array realised by the well known scheme NaCl (calcite) – NiAs (aragonite) – CsCl (post-aragonite). In case of CaCO<sub>3</sub> also intermediate structures with original topologies (II, III, IIIb, VI, VII, aragonite-II) are realised. Alkaline carbonates are densified by the scheme CaF<sub>2</sub> – PbCl<sub>2</sub> – Ni<sub>2</sub>In – AlB<sub>2</sub>. In both cases the transition to tetrahedrally coordinated carbon is observed above 100 GPa.

Карбонаты щелочных и щелочно-земельных металлов – активные агенты мантийного метасоматоза, соединения, оказывающие существенное влияние на геохимический цикл углерода, плавление мантийных пород и глобальную тектонику.

Фазовые переходы, происходящие при сжатии щелочно-земельных карбонатов MgCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>, SrCO<sub>3</sub>, BaCO<sub>3</sub>, соответствуют переходу от структурного типа кальцита через структурный тип арагонита к структурному типу пост-арагонита. Изменение катионного массива в этом случае соответствует переходу от структурного типа NaCl к

структурному типу CsCl, через структурный тип NiAs. Между структурами арагонита и пост-аргонита нами были обнаружены две структуры арагонит-II и CaCO<sub>3</sub>-VII, стабилизирующиеся в интервале давлений 30-50 ГПа. Обе фазы были синтезированы экспериментально в алмазной ячейке с лазерным нагревом. В силу низкой симметрии, обе структуры кристаллизуются в группе P2<sub>1</sub>/c, определить структуры этих фаз на основе снятых дифрактограмм оказывается затруднительным, поэтому экспериментальные исследования были дополнены теоретическими расчетами по предсказанию структур. В результате расчетов были получены две структуры дающий хорошее соответствие с экспериментальными дифрактограммами. Одну из них за топологическое сходство с арагонитом мы назвали арагонит-II, другую – CaCO<sub>3</sub>-VII.

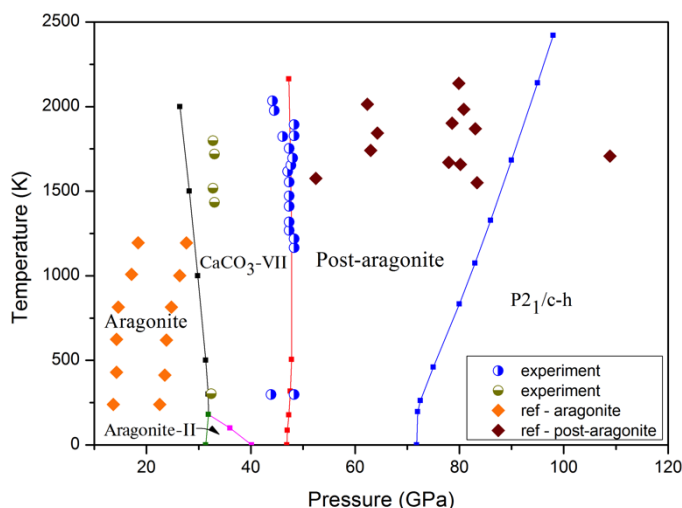


Рисунок 1 – Фазовая диаграмма CaCO<sub>3</sub> по теоретическим и экспериментальным данным.

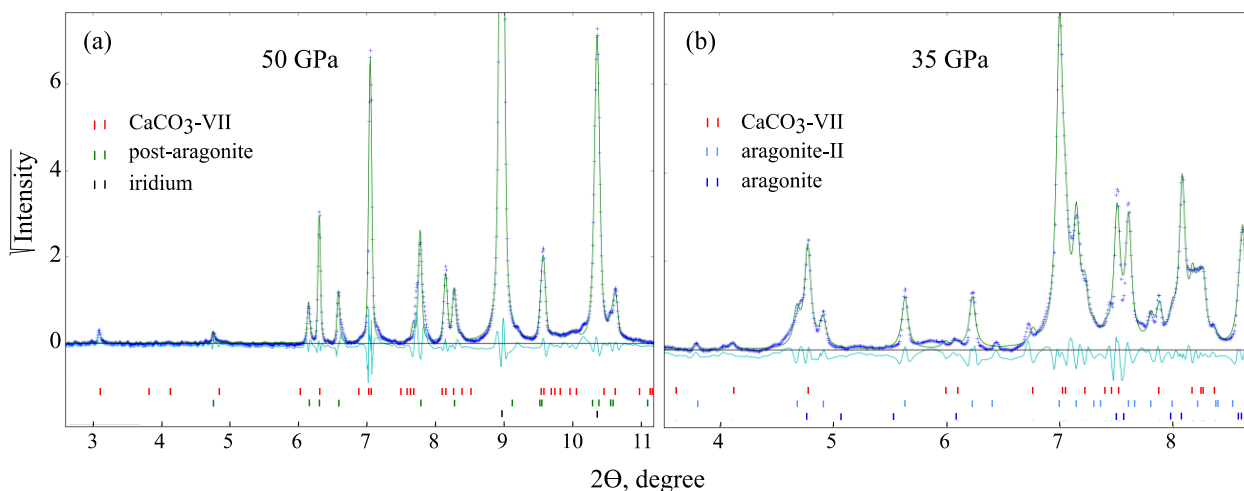


Рисунок 2 – Улучшение ЛеБайла для экспериментальных дифрактограмм, снятых при 35 и 50 ГПа.

В высокобарической области, при давлениях выше 70 ГПа, для карбоната кальция был теоретически предсказан переход от треугольной к тетраэдрической координации углерода[1]. Наиболее энергетически выгодной тетраэдрически координированной структурой является структура P2<sub>1</sub>/c-h, устойчивая во всем интервале температур. В виду сложности проведения экспериментов в столь высокобарической области, до недавнего

времени переход к тетраэдрической координации углерода в карбонатах оставался по преимуществу теоретическим результатом. Однако недавние эксперименты Лобанова с соавторами [2] с использованием методов колебательной спектроскопии и рентгеновской дифракции убедительно показали тетраэдрическую координацию углерода при давлениях выше 100 ГПа.

Методами предсказания структур нами также были получены тетраэдрически координированные структуры для  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$  при давлениях выше 100 ГПа. Как в случае  $\text{CaCO}_3$ , так и в случае  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , тетраэдрические структуры являются цепочечными, пироксено-подобными. Однако это не единственный вариант тетраэдрически-координированных структур, в случае карбоната Mg также были получены кольцевые структуры [3].

В низкобарической области поведение щелочных карбонатов  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  хорошо описывается распространенным на бинарных соединениях структурным трендом  $\text{CaF}_2 - \text{PbCl}_2 - \text{Ni}_2\text{In} - \text{AlB}_2$ . Представленный тренд является суммарным и для отдельных карбонатов некоторые его звенья могут выпадать, так катионный массив  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  от топологического типа  $\text{CaF}_2$  сразу переходит к топологическому типу  $\text{AlB}_2$ . Высококоординированный топологический тип  $\text{AlB}_2$ , в котором каждый атом щелочного металла окружен двенадцатью атомами углерода, расположенными в вершинах гексагональной призмы, является финальным типом сжатия для всех трех исследованных щелочных карбонатов. Упомянутый переход к тетраэдрической координации также осуществляется в пределах топологического типа  $\text{AlB}_2$ , причем катионный массив практически не претерпевает изменений и тетраэдрическая координация достигается за счет небольшого поворота  $\text{CO}_3$ -треугольников [4].

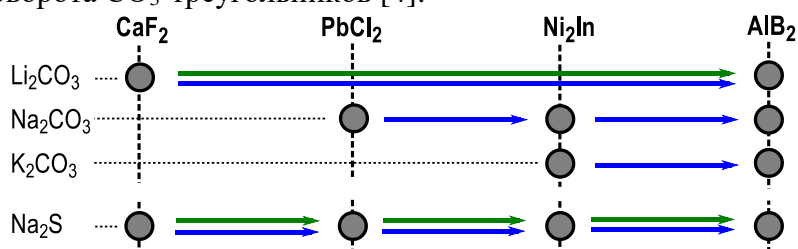


Рисунок 3 – Структурный тренд щелочных карбонатов под давлением. Синие стрелки – наши теоретические результаты, зеленые стрелки – экспериментальные данные.

Работа выполнена при финансовой поддержке министерства образования РФ (МК-3417.2017.5), и гос. задания (0330-2019-0009).

#### Литература:

1. Pickard, C.J. and R.J. Needs, Structures and stability of calcium and magnesium carbonates at mantle pressures. *Physical Review B*, 2015. 91(10): p. 104101.
2. Lobanov, S.S., et al., Raman spectroscopy and x-ray diffraction of  $\text{sp}^3$   $\text{CaCO}_3$  at lower mantle pressures. *Physical Review B*, 2017. 96(10): p. 104101.
3. Oganov, A.R., et al., Novel high-pressure structures of  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CO}_2$  and their role in Earth's lower mantle. *Earth and Planetary Science Letters*, 2008. 273(1-2): p. 38-47.
4. Gavryushkin, P.N., et al., Toward analysis of structural changes common for alkaline carbonates and binary compounds: prediction of high-pressure structures of  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , and  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . *Crystal Growth & Design*, 2016. 16(10): p. 5612-5617.

**ИЗМЕНЕНИЕ ОСАДКОВ В РАЙОНЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ ВО  
ВПАДИНЕ ЭСКАНАБА, ХРЕБТА ГОРДА (СКВАЖИНЫ DSDP 1038A,B,I,H)**

*Галин К.Р., Гончаров Е.О., Курносов В.Б.*

Геологический институт РАН, Москва, Россия,

[konsgalin@yandex.ru](mailto:konsgalin@yandex.ru)

Аннотация. Во впадине Эсканаба, хребта Горда и в непосредственной близости от нее, в рамках программы океанского бурения – Ocean Drilling Program, пробурены глубоководные скважины DSDP 1037A и 1038A,B,I,H. Предварительное изучение образцов керна показало изменение содержания некоторых элементов, в образцах, взятых непосредственно в пределах гидротермальной системы, в сравнении с неизменными осадками, вне ее пределов, но в непосредственной близости и с той же глубины. В измененных осадках увеличено содержание макроэлементов Fe, Mg и Na, а также наблюдается уменьшение содержания кремния. Были проведены изучение и предварительный анализ голоценовых – верхнеплейстоценовых измененных осадков в долговременных гидротермальных системах, в том числе путем сравнения с неизменными.

Ключевые слова: Впадина Эсканаба, гидротермальная система, измененные осадки.

**SEDIMENTAL CHANGES WITHIN HYDROTHERMAL FIELD OF ESCANABA  
TROUGH, GORDA RIDGE (WELLS DSDP 1038A,B,I,H)**

*Galin K.R., Goncharov E.O., Kurnosov V.B.*

Geological institute RAS, Moscow, Russia, [konsgalin@yandex.ru](mailto:konsgalin@yandex.ru)

Abstract. In the Escanaba trough, the Gord ridge and in its immediate vicinity, as part of the Ocean Drilling Program, deep-sea wells DSDP 1037A and 1038A, B, I, H were drilled. A preliminary study of core samples showed a change in the content of some elements, in samples taken directly within the hydrothermal system, in comparison with unchanged precipitation, outside of it, but in close proximity and with the same depth. In the altered sediments, the content of macroelements of Fe, Mg and Na is increased, and a decrease in the silicon content is observed. Studies and preliminary analysis of Holocene - Upper Pleistocene altered sediments in long-term hydrothermal systems, including comparison with unaltered ones, were carried out.

Key words: Escanaba trough, hydrothermal system, altered sediments.

**Введение**

В настоящее время господствует представление, что минерализация подводных рудоносных гидротермальных источников в зонах спрединга происходит в верхней океанической коре в результате процесса взаимодействия морской воды с породами. В то же время, что происходит реально в этом отношении под дном океана изучено слабо. Это относится и к осадочному покрову, перекрывающему срединно-океанические хребты.

Одним из наиболее благоприятных объектов для решения этой проблемы является гидротермально активная рифтовая впадина Эсканаба хребта Горда, с осадочной толщей в несколько сотен метров. Целью исследования было на примере впадины Эсканаба выявление преобразования вещественного состава океанических осадков голоцен-плейстоценового возраста, под воздействием восходящих горячих флюидов и определение степени трансформации осадочного покрова по причине взаимодействия с раствором, проходящим сквозь него.

Для этого проводилось изучение минерального и химического состава измененных и неизмененных осадков, сопоставлялись данные по макро и микроэлементам и в итоге, выявлялись закономерности поведения химических элементов.

### **Объект и методы исследования**

Центр спрединга - Хребет Горда, расположен у побережья штата Орегон и северной Калифорнии и ограничен разломной зоной Мендосино на юге и разломной зоной Бланко на севере. Небольшое смещение по оси спрединга при  $41^{\circ} 40' N$  северной широты обозначает северную границу впадины Эсканаба, являющуюся южной частью хребта Горда. Раздвижение впадины Эсканаба происходит со средней скоростью в  $\sim 24$  мм/год и имеет морфологию, сходную с зонами медленного спрединга. Гидротермальная деятельность в осевых зонах срединно-океанических хребтов изучается на поверхности дна и под ним. При исследованиях на дне основное внимание направлено на подводные источники, прежде всего на «черные курильщики», и их производные – гидротермальные рудные постройки, а также гидротермальные рудоносные плюмы в толще океанической воды и гидротермально-осадочные отложения - металлоносные осадки, расположенные вдоль срединно-океанических хребтов. Более ранние исследования впадины Эсканаба выявили наличие крупных полиметаллических сульфидных месторождений, обогащенных меди, золота, серебра и других металлов, которые могут быть сравнимы по размеру и содержанию металла на аналогичных месторождениях на суше. Поэтому тема остается перспективной для изучения. Во впадине Эсканаба пробурены следующие скважины: на Центральном Холме (скважины 1038А, 1038В и 1038Н), на фланге гидротермальной системы на Центральном Холме (1038I) и в удалении от Центрального Холма (1037В).

Для изучения химического состава осадков, применялся метод РФА, на данном этапе упор делался на макроэлементы (Fe, Na, Mg, Si). Было проведено изучение содержания макроэлементов в валовых образцах осадков методом рентгено-флюоресцентного анализа (РФА) в лаборатории химико-аналитических исследований Геологического института РАН (г. Москва).

### **Основные результаты исследования**

Выявлены изменения осадочных пород голоценового – верхнеплейстоценового возраста в зоне долговременной гидротермальной системы впадины Эсканаба, хребта Горда, которые заключаются в следующем:

1. В образцах осадков из зоны центрального холма впадины Эсканаба, взятых с глубины 7 – 100м, отмечается увеличение содержания макроэлементов (Fe, Na, Mg) и уменьшение содержания кремния.
2. В то же самое время, в образцах с фланга гидротермальной системы на центральном холме, эти изменения уже не являются столь выраженными.
3. Существенных изменений в содержании РЗЭ, в измененных осадках выявлено не было.

4. Таким образом, на примере впадины Эсканаба, Хребта Горда было изучено изменение осадочных пород, под воздействием восходящих потоков высокотемпературных флюидов гидротермальной системы.

Образцы осадков отобраны в кернохранилище Программы океанского бурения (Ocean Drilling Program – ODP) при Техасском университете (Texas A & M University), г. Колледж Стейшн, США.

#### **Литература:**

1. Гурвич Е.Г. Металлоносные осадки Мирового океана. – Москва: Научный Мир, 1998. 340 с.
2. Лисицын А.П., Богданов Ю.А., Гурвич Е.Г. Гидротермальные образования рифтовых зон океана. – Москва: Наука, 1990. 256 с.
3. Curray J.R., Moore D.G. et al. Init. Repts. DSDP. Vol. 64. Part 1 - Washington, 1982. 507 p.
4. Kastner M. Evidence for two distinct hydrothermal systems in the Guaymas Basin // Init. Repts. DSDP. 1982. V. 64. Part 2. P. 1143-1158.
5. Kelts K. Petrology of hydrothermally metamorphosed sediments at deep sea drilling site 477, southern Guaymas Basin rift, Gulf of California // Init. Repts. DSDP. 1982. V. 64. Part 2. P. 1123-1136.
6. Lonsdale P., Bischoff J.L., Burns V.M. et al. A high-temperature hydrothermal deposit on the seabed at a Gulf of California spreading center // Earth and Planet. Sci. Letter. 1980. V. 49. P. 8-20.
7. Williams D.L., Becker K., Lawver L.A., Von Herzen R.P. Heat flow at the spreading centers of the Guaymas Basin, Gulf of California. J. Geophys. Res. 1979. № 84, P. 6757-6796.



**НЕКОТОРЫЕ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО  
ВЕЩЕСТВА СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОСАДКОВ НА ВОСТОЧНО-  
СИБИРСКОМ АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ**

*Гершелис (Панова) Е.В.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,  
[elenapanova@tpu.ru](mailto:elenapanova@tpu.ru)

Аннотация. Проведение комплексных геохимических исследований в полярном регионе позволит внести вклад в понимание современного арктического биогеохимического цикла углерода, а вместе с тем и формирование планетарного максимума парниковых газов в Восточной Арктике. Приведены результаты исследования некоторых литологических и геохимических особенностей донных осадков в море Лаптевых и Восточно-Сибирском море; выявлена взаимосвязь с содержанием в них органического углерода и его изотопным составом.

Ключевые слова: органический углерод, шельф морей Восточной Арктики, донные осадки, цикл углерода

**LITHOGEOCHEMICAL FEATURES OF ORGANIC MATTER IN BOTTOM  
SEDIMENTS ACROSS EAST SIBERIAN ARCTIC SHELF**

*Gershelis (Panova) E.V.*

National Research Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia,  
[elenapanova@tpu.ru](mailto:elenapanova@tpu.ru)

Abstract. Complex geochemical studies conducting in the polar region promotes further understanding of the modern Arctic carbon biogeochemical cycle, and at the same time, the formation of a planetary maximum of greenhouse gases in the Eastern Arctic. Present study shows some lithological and geochemical features of bottom sediments across both the Laptev Sea and the East Siberian Sea shelves; the correlation with the organic carbon content and its isotopic composition was revealed.

Key words: organic carbon, East Siberian Arctic Shelf, bottom sediments, carbon cycle

Постепенное разрушение арктической вечной мерзлоты провоцирует высвобождение значительных объемов органического углерода и вовлечение их в современный биогеохимический цикл. Органическое вещество современных донных осадков, аккумулирующее гетерогенные сигналы различных процессов транспорта и трансформации углерода, является индикатором уникальных региональных особенностей седиментогенеза и диагенеза осадков. Таким образом, анализ литогеохимических характеристик донных осадков является необходимым этапом комплексного исследования современного арктического цикла углерода.

Для информации о происходящих в изучаемом районе седиментационных процессах, а также для установления общей характеристики осадков были определены их гранулометрический состав, удельная площадь поверхности, оценено распределение содержания органического углерода и определен изотопный состав Сорг [4].

Преыдушие исследования литологии донных осадков на Восточно-Сибирском арктическом шельфе отмечали повсеместное доминирование дисперсных осадков на шельфе Восточно-Сибирского моря, обусловленное особенностями рельефа и спецификой материала, поставляемого из терригенной области сноса [2,3,5]. Море Лаптевых при этом характеризуется более разнообразным гранулометрическим составом донных осадков: в восточной части в определении состава донных осадков значительную роль играет абразия берегового ледового комплекса - четвертичных отложений Приморской низменности и Новосибирских островов. В западную часть моря Лаптевых речным стоком выносятся преимущественно тонкодисперсный осадочный материал, что отличает распределение осадков в данном районе от типичных приустьевых участков. При этом песчано-алевритовый материал поступает преимущественно за счет термоабразии берегов [1,5,14].

Проведенное исследование отмечает повсеместное сохранение выдержанности дисперсной структуры донных осадков в море Лаптевых и в Восточно-Сибирском море, что свидетельствует об устойчивой «подледной» обстановке осадконакопления. Зоны наиболее тонкозернистых осадков здесь формируются под влиянием устойчивого гравитационного осаждения дисперсных частиц вне зоны действия волновых процессов, в стабильных условиях подо льдом.

При общем преобладании илистых осадков на внешнем шельфе отчётливо выделяются азональные песчаные области с доминированием крупнозернистых осадков. Такие области сформировались в центральной части моря Лаптевых, к северу от Новосибирских островов и на северо-западе Восточно-Сибирского моря [4]. Образование таких песчаных полей может быть обусловлено несколькими причинами, в их числе - интенсивный вынос дисперсного материала газовыми потоками на западе, процессы современной и палеоэскарпации на северном полигоне в море Лаптевых [13].

Сохранность органического вещества в осадках контролируется целым рядом факторов. Одним из наиболее широко применяемых методов для изучения механизмов «загрузки» осадков органическим веществом является определение отношения количества органического материала к их физическим характеристикам [8,9]. Так, отношение общего содержания Сорг к удельной площади поверхности Суд является параметром, позволяющим установить концентрацию органического углерода на единицу площади поверхности частицы [7, 10,11].

Значения Суд устойчиво коррелируют с гранулометрическими характеристиками осадков. Применительно к нашему региону, на большей части акватории значения коэффициента изменяются в пределах, типичных для континентальных склонов (0,3-0,7 мгСорг/м<sup>2</sup>). Наиболее низкие коэффициенты отмечаются на глубоководных станциях, при этом в северо-восточной части Восточно-Сибирского моря и в центральной части моря Лаптевых наблюдается некоторое увеличение коэффициента, что можно объяснить увеличенным содержанием Сорг вследствие влияния высокопродуктивных тихоокеанских вод, и низким значением Суд, обусловленным вымыванием легкой фракции осадков пузырьковым потоком, соответственно. На внутреннем шельфе, в районе авандельты реки Лены, отмечается резкое возрастание углеродной загрузки до 2,2 мг Сорг/м<sup>2</sup>. Этот район

характеризуется разнородным литологическим составом, обусловленным действием различных литодинамических обстановок.

Для уточнения вклада различных источников в состав органического углерода донных осадков на территории шельфа морей Лаптевых и Восточно-Сибирского был оценен его изотопный состав ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ ). С учетом опубликованных данных значения в исследуемом регионе варьировались в пределах  $-27,4\text{ ‰}$  и  $-20,85\text{ ‰}$ , демонстрируя ожидаемый тренд обогащения стабильным изотопом углерода по мере удаления от береговой линии и увеличения влияния автохтонной компоненты органического вещества. В восточной части региона, на внешнем шельфе Восточно-Сибирского моря, наблюдается заметно более интенсивное «утяжеление» изотопного состава углерода, что может объясняться прямым влиянием тихоокеанских вод [6,12].

Сравнение данных по изотопному составу углерода и параметру  $\text{C}_{\text{орг}}/\text{S}_{\text{уд}}$  позволяет отметить тенденцию относительно равномерного замещения терригенного органического углерода морским веществом с увеличением расстояния от берега: величина  $\text{C}_{\text{орг}}/\text{S}_{\text{уд}}$  для исследованных образцов меняется в небольших пределах, тогда как доля тяжелого изотопа в составе  $\text{C}_{\text{орг}}$  увеличивается значительно.

*Исследования выполняются автором при финансовой поддержке РФФИ (проект мол\_а 18-35-00572).*

#### **Литература:**

1. Дударев О.В. Семилетов И.П., Чаркин А.Н., Боцул А.И. Седиментационные обстановки на приконтинентальном шельфе Восточно-Сибирского. Доклады Академии наук РАН. 2006. Т. 409. № 6. С. 822-827.
2. Кошелева В.А. Яшин Д.С. Донные осадки Арктических морей России. М-во природ. ресурсов Рос. Федерации. Всерос. науч.-исслед. ин-т геологии и минер. ресурсов Мирового океана. СПб: ВНИИОкеанология. 1999. 286 с.
3. Павлидис Ю.А., Ионин А.С., Щербаков Ф.А., Дунаев Н.Н. Арктический шельф: позднечетвертичная история как основа прогноза развития. М. : ГЕОС. 1998. 187 с.
4. Панова Е.В. и др. Литологические особенности донных осадков и их влияние на распределение органического материала на территории Восточно-Сибирского шельфа. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. №8. С. 94-105.
5. Романкевич Е.А. Ветров А.А. Цикл органического углерода в арктических морях России. М.: Наука. 2001. 302 с.
6. Anderson L. G. East Siberian Sea, an Arctic region of very high biogeochemical activity. Biogeosciences. 2011. V.8. P.1745–1754.
7. Blair N. E., Aller N.E. The fate of terrestrial organic carbon in the Marine environment. Annual Review of Marine Science. 2012. V. 4. P. 401-423.
8. Hedges J.I., Keil R. G. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. Marine Chemistry. 1995. V. 49. P. 81 – 115.
9. Keil R.G., Mayer L.M. 12.12 – Mineral matrices and organic matter. In Treatise on Geochemistry. Second edition. Elsevier. Oxford, 2014. P.337–359.
10. Keil R.G., Montlucon D.B., Prahl F.G., Hedges J.I. Sorptive preservation of labile organic-matter in marine sediment. Nature. 1994. V. 370 (6490). P.549–552.
11. Mayer, L.M. Surface-area control of organic-carbon accumulation in continental-shelf sediments. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1994. V.58. P.1271-1284.
12. Semiletov I. et al. The East Siberian Sea as a transition zone between Pacific-derived waters and Arctic shelf waters. Geophysical Research Letters. 2005. V.32 (10). L10614.
13. Shakhova N. et al. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice. Philosophical Transactions of the Royal Society A. 2015. V. 373.
14. Shakhova N. et al. Current rates and mechanisms of subsea permafrost degradation in the East Siberian Arctic Shelf. Nature Communications. 2017. V. 8.

**РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

*Гинга М.С., Кашкевич М.П.*

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

[mginga@gmail.com](mailto:mginga@gmail.com)

Аннотация. Метод георадиолокации позволяет выявлять, изучать и локализовать трещины в приповерхностной части ледника [1]. А также при геокриологических исследованиях [2]. Работа посвящена определению связей между свойствами среды и характеристиками волнового поля радарограмм. Изучение неоднородностей производилось радарами с разными частотами: 500, 900 и 1500 МГц. Подобные работы, в дальнейшем, должны помочь распознавать заведомо неизвестные объекты разной сложности по набору отличительных особенностей радарограмм.

Ключевые слова: георадиолокация, моделирование, характеристики волнового поля.

**RADAR DATA OF A PHYSICAL MODEL**

*Ginga M.S., Kashkevich M.P.*

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

[mgingaspb@gmail.com](mailto:mgingaspb@gmail.com)

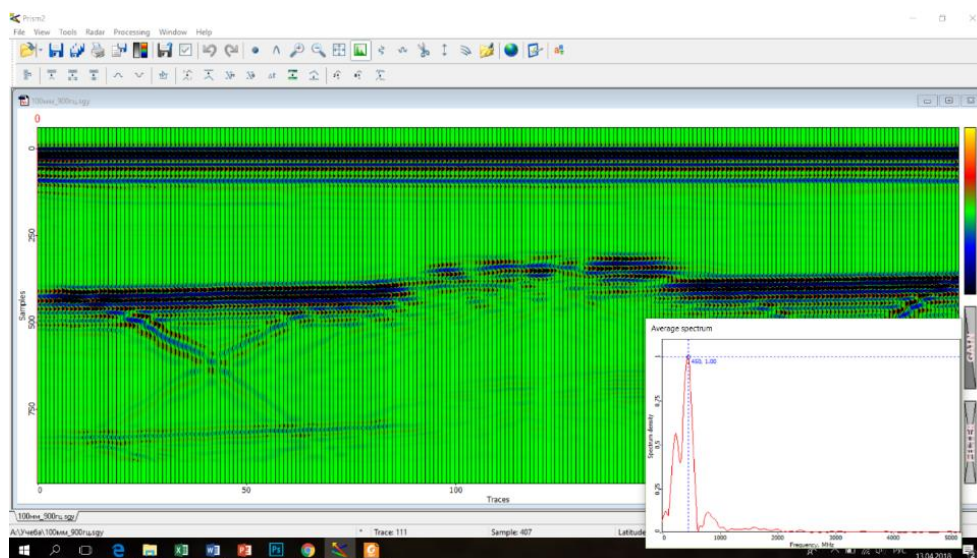
Abstract. The method of georadiolocation allows to identify, study and localize cracks in the near-surface part of the glacier [1]. And also with geocryological studies [2]. The work is devoted to determining the relationships between the properties of the medium and the characteristics of the wave field of the radargrams. The study of inhomogeneities was carried out by radars with different frequencies: 500, 900 and 1500 MHz. Similar work, in the future, should help to identify unknown objects of varying complexity in the collection of distinctive features of radargrams.

Key words: georadiolocation, modeling, wave field characteristics.

Изучение неоднородностей производилось радарами с разными частотами: 500, 900 и 1500 МГц. На радарограмме видно, что максимальная частота примерно равна 450 МГц при том, что в данном случае исследования проводились на радаре с заявленной центральной частотой, равной 900 МГц, это может быть связано с конструктивной особенностью георадара, связанной с формой генераторной антенны и ее расположением относительно приемной антенны и уменьшением частоты при прохождении волны через границу сред, в данном случае пенопласта, на котором располагался георадар и воды, которая имеет большой коэффициент поглощения (рис 1).

По полученным данным амплитуд можно сделать выводы о том, что наибольшую потерю амплитуды претерпевает волна с большей заявленной центральной частотой 1500 МГц.

Также было посчитано отношение амплитуд прямой волны к отраженной для каждого типа неоднородностей, по полученным значениям выявлено, что максимальное отношение амплитуд прямой волны к отраженной соответствует точкам 100 мм неоднородностей. Это объясняется тем, что, вероятно, волна более чувствительна к изменению высоты неоднородностей, чем к их горизонтальным размерам. Были получены и частотные характеристики сигналов, по которым сделаны выводы о больших потерях частоты по сравнению с заявленной центральной частотой радаров, это может объясняться большим коэффициентом поглощения у воды. Было выявлено, что для радара с центральной частотой 500МГц волны после отражения имеют большую частоту, чем до. Это явление пока необъяснимо, так как низкие частоты должны поглощаться меньше, чем высокие. Также сделаны выводы, что антенна 1500МГц более чувствительна к неоднородностям, чем остальные.



**Рисунок 1 - Вид радарограммы в программе Prism2.5.**

**Заключение.** В результате проделанной работы были выявлены некоторые закономерности между свойствами среды и характеристиками волнового поля. Особенности поведения отраженных волн могут быть связаны с тем, что в качестве исследуемых объектов были выбраны деревянные модели, которые могли по-разному впитывать в себя воду. Также, предполагается, что электромагнитные волны более восприимчивы к изменению высоты неоднородностей, чем к изменению их размеров. Исходя из этого, в следующих исследованиях будут учтены все особенности, выявленные при постановке эксперимента.

#### **Литература:**

1. Попов С. В., Поляков С. П. Георадарное лоцирование трещин в районе российских антарктических станций Прогресс и Мирный (восточная Антарктида) в сезон 2014/2015 года. «Криосфера Земли». 2016. Т. 20. № 1. С. 90-98.
2. Судакова М. С., Садуртдинов М. Р., Малкова Г. В., Скворцов А. Г., Царев А.М. Применение георадиолокации при комплексных геокриологических исследованиях. «Криосфера Земли», 2017. Т. 21. № 3. С. 69-82.

**ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОФИОЛИТОВ  
НАД ЗОНАМИ СУБДУКЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ПОДВОДНОЙ ГОРЫ ХАХАДЖИМА,  
ИДЗУ-БОНИН-МАРИАНСКАЯ СИСТЕМА ДУГА-ЖЕЛОБ)**

*Голич А.Н., Высоцкий С.В.*

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия

[agolich@mail.ru](mailto:agolich@mail.ru)

Аннотация. Подводная гора Хахаджима является примером офиолитового комплекса, сформированного в надсубдукционной тектонической обстановке. Реситовые породы комплекса представлены серпентинизированными гарцбургитами, лерцолитами и дунитами, а кумулятивная часть состоит из пироксенитов, верлитов и троктолитов. Основные офиолитовые породы образуют единую серию, накапливая редкоземельные и микроэлементы с увеличением степени дифференциации пород. На основании изученного материала может быть выдвинуто предположение о формировании данного офиолитового комплекса в обстановке задуговой или междууговой впадины.

Ключевые слова: петрология, геохимия, надсубдукционные офиолиты, подводная гора Хахаджима, Идзу-Бонин-Марианский желоб

**PETROLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE OFFYLITES  
ABOVE THE SUBDUSCTION ZONES (ON THE EXAMPLE OF THE NAHAJIMA  
SEAMOUNT, IZU-BONIN-MARIANA ARC-TRENCH SYSTEM)**

*Golich A.N., Vysotskiy S.V.*

Far Eastern Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

[agolich@mail.ru](mailto:agolich@mail.ru)

Abstract. The Nahajima seamount is an example of an ophiolite complex formed in a suprasubduction tectonic environment. Restite rocks of the complex are represented by serpentized harzburgites, lherzolites and dunites, and the cumulative part consists of pyroxenites, verlites and troctolites. Basic ophiolite rocks form a single series, accumulating rare-earth and trace elements with increasing degree of differentiation of rocks. On the basis of the material studied, it can be suggested that this ophiolite complex is formed in a backarc or interarc environment.

Keywords: petrology, geochemistry, suprasubduction ophiolites, Nahajima seamount, Izu-Bonin-Mariana Trench

Идзу-Бонин-Марианская система дуга-желоб относится к современным примерам надсубдукционной тектонической обстановки [1]. Отличительной особенностью этого региона является наличие многочисленных подводных гор, разбросанных на расстоянии от 20 до 120 км от центра желоба. Подводная гора Хахаджима – одна из наиболее близких к

центру желоба, располагается в ~ 40 км к западу от зоны перехода между Идзу-Бонинской и Марианской впадинами, на востоке граничит с плато Огасавара, а на западе с одноименным хребтом. Впервые породы офиолитового комплекса были подняты здесь в 1980 году [2], позднее в результате неоднократных экспедиций, здесь был драгирован полный разрез офиолитовой ассоциации [3]. В данной работе мы приводим результаты исследования образцов, полученных одним из авторов при выполнении в 2003 году рейса КН03-3 НИС токийского университета «Накухо-Мару».

Реститовая часть офиолитового комплекса подводной горы Хахаджима представлена деплетированными мантийными гарцбургитами, лерцолитами и дунитами. Нами изучены серпентинизированные лерцолиты и дуниты. Лерцолиты (обр. D1-001, D1-008) – массивные, мелко-среднезернистые, зеленовато-коричневые разности, основная масса которых представлена серпентином. Из первичных минералов сохранились только порфиорокласты диопсида, а также ксеноморфные зерна хромита (Cr#–60-67). В качестве аксессуарных минералов в породе присутствуют гидрогранат и магнетит. Дуниты (D1-201) представляют собой массивные, трещиноватые, интенсивно серпентинизированные породы зеленовато-серого цвета, в которых из первичных минералов сохранились только вкрапленники хромита (Cr#–70), а из аксессуарных присутствует магнетит. На диаграмме соотношений Mg#/Cr# фигуративные точки хромитов из ультраосновных реститов совпадают с полем надсубдукционных перидотитов. По геохимическим особенностям они отличаются высокой магнезиальностью (Mg#–86-90), обогащенностью никелем и хромом при низких концентрациях титана и щелочей.

Кумулятивная часть офиолитового комплекса состоит из пироксенитов, верлитов и троктолитов. Из нашей коллекции был изучен образец ортопироксенита (D1-701), состоящий из энстатита с небольшими (~0,1 мм) включениями ромбического пироксена и мелкими (~0,03 мм) зернами железистого хромита (Cr#–80-85).

Габброиды, включая O1-габбро, O1-габбро-нориты, габбро, габбро-нориты, нориты и Amf-габбро, по минеральному составу соответствуют как островодужному, так и MORB-типу [3]. Изученные нами габбро и габбро-нориты (D3-001, D1-401, D1-402) состоят в основной массе из плагиоклаза и крупных (до 3 мм) зерен пироксенов. Клино- и ортопироксены характеризуются постоянством состава и представлены авгитом и энстатитом соответственно. Из рудных минералов следует отметить ильменит, сфен и магнетит.

Основные вулканиты офиолитового комплекса представлены долеритами и базальтами. Долериты, изученные в работе [5], близки к N-MORB по характеру распределения REE и по их концентрации. В тоже время считается, что среди базальтов распространены как известково-щелочные островодужные толеиты, так и MORB-тип толеитовых базальтов [3, 4]. Однако по особенностям распределения петрогенных элементов все базальты подводной горы можно разделить на два типа – низко-Ti ( $TiO_2 < 2$  мас%) и высоко-Ti ( $TiO_2 > 2$  мас%) [6]. На диаграмме  $f/TiO_2$  низко-Ti базальты располагаются в полях океанических толеитов и островодужных базальтов, а щелочные, высоко-Ti базальты занимают промежуточное положение между толеитами океанов и базальтами океанических островов. В тоже время низко-Ti базальты на диаграмме Ti/V расположились в зоне, характерной для островодужных вулканитов, а высоко-Ti попадают в область задуговых базальтов и базальтов дна океана. Основные породы горы Хахаджима на диаграммах распределения REE образуют серию субпараллельных кривых, что может

указывать на происхождение пород из общего магматического источника, близкого к N-MORB.

Островодужный вулканизм горы Хахаджима представлен бонинитовой и адакитовой магматическими сериями. В бонинитовую серию входят бониниты, О1-бониниты, Вг-бониниты, бонинитовые андезиты и дациты. Нами изучены образцы бонинитов и бонинитовых андезитов (D3-003, D3-012). Для анализа привлекались опубликованные данные [4]. Бониниты состоят из стекловатой массы, в которой развиты зональные зерна ортопироксена. Шпинель в бонинитах высокохромистая (Cr#–82-88) и умеренно магнезиальная (Mg#–50). Основная масса андезитов представлена микролитами стекла и плагиоклаза с крупными вкрапленниками зерен клинопироксена и Са-плагиоклаза. На диаграмме распределения РЗЭ бонинитовые вулканиды образуют ряд субпараллельных хондриту кривых с постепенным накоплением всех элементов от Вг-бонинитов к бонинитовым дацитам. Адакитовая серия представлена высокомагнезиальными андезитами, дацитами и небольшим количеством риолитов [3]. Все адакиты выделяются обогащением LREE по отношению к HREE, высокими содержаниями Sr и низкими концентрациями Y. Среднее значение магнезиальности в породах Mg#–79, никеля Ni–433 ppm. Для вулканидов бонинитовой и адакитовой серии характерна Nb-Ta отрицательная аномалия [4].

Анализ показывает, что мантийные реститы офиолитового комплекса подводной горы Хахаджима представлены серпентинизированными гарцбургитами, лерцолитами и дунитами, состав шпинели из которых соответствует надсубдукционным перидотитам. Основные офиолитовые породы образуют единую серию, накапливая редкоземельные и микроэлементы с увеличением степени дифференциации пород. При этом высоко-Ti базальты обладают повышенной щелочностью и по сравнению с N-MORB, и по сравнению с остальными породами, а по содержанию подвижных элементов близки к щелочным OIB. Островодужный вулканизм, представленный бонинитовой и адакитовой сериями, происходил примерно 40-45 млн. лет назад [4]. На основании изученного материала может быть выдвинуто предположение о формировании офиолитового комплекса подводной горы Хахаджима в обстановке задуговой или междуговой впадины более 45 млн. лет назад.

#### Литература:

1. Dilek Y., Furnes H. Ophiolite genesis and global tectonics: Geochemical and tectonic fingerprinting of ancient oceanic lithosphere. *Geological Society of America Bulletin*. 2011. Vol. 123, No. 3/4. P. 387-411.
2. Ishii T. Dredged samples from the Ogasawara fore-arc seamount or "Ogasawara Paleoland" fore-arc ophiolite. In Nasu, N. (Ed.), *Formation of active ocean margins: Tokyo (TERRAPUB)*. 1985. P. 307-342.
3. Ishiwatari A., Yanagida Y., Li Y.B., et al. Dredge petrology of the boninite- and adakite-bearing Hahajima Seamount of the Ogasawara (Bonin) fore-arc: An ophiolite or a serpentinite seamount? *Island Arc*. 2006. Vol. 15 (1), P. 102-118.
4. Li Y.B., Kimura J.I., Machida S., et al. High-Mg adakite and low-Ca boninite from a Bonin fore-arc seamount: implications for the reaction between slab melts and depleted mantle. *Journal of Petrology*. 2013. Vol. 54 (6), P. 1149-1175.
5. Yamamoto K., Masutani Y., Nakamura N., et al. REE characteristics of mafic rocks from a fore-arc seamount in the Izu-Ogasawara region, western Pacific. *Geochemical Journal*. 1992. Vol. 26 (No. 6), P. 411-423.
6. Yatsuka S., Okamura S., Sakamoto I., et al. Diverse geochemical signatures in MORB-like basalts dredged from the trench slope of the Ogasawara Ridge and the Hahajima Seamount (Implications for the origin of the tectonic event in the Izu-Bonin fore arc). 2010 Vol. 39, P. 171-189 (на японском языке, описание на английском языке).



**ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОСАДКОВ В КРАТКОВРЕМЕННЫХ  
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ, ВПАДИНА ГУАЙМАС,  
КАЛИФОРНИЙСКИЙ ЗАЛИВ (СКВАЖИНЫ DSDP 478, 481/481A)**

*Гончаров Е.О., Курносков В.Б., Галин К.Р., Игнатьев Н.Н.*

Геологический институт РАН, Москва, Россия,  
[evgeniigonch91@gmail.com](mailto:evgeniigonch91@gmail.com)

**Аннотация.** Во впадине Гуаймас в Калифорнийском заливе пробурены глубоководные скважины DSDP 478 и 481A по Программе океанского бурения – Ocean Drilling Program. Изучение керн из этих скважин показало изменение химического состава осадков из зон контактов с базальтовыми sillами. В измененных осадках сильно уменьшилось содержание  $C_{org}$ . Особенно интенсивно это проявилось в осадках, заключенных между sillами в комплексе тонких sillов. В этих осадках также сильно уменьшилось содержание Li, Cu, As, Mo, Ag, Cd, Sb, Ta, W, Tl, Pb, Bi. Впервые в верхнеплейстоценовых осадках, измененных в кратковременных гидротермальных системах, продуцируемых внедрившимися в них sillами, проанализирован широкий спектр микроэлементов, включая редкоземельные элементы.

**Ключевые слова:** Калифорнийский залив, измененные осадки, sillы.

**CHANGES IN CHEMICAL COMPOSITION OF SEDIMENTS IN SHORT-TERM  
HYDROTHERMAL SYSTEMS, DAG GUAMAS, CALIFORNIA BAY (WELLS DSDP  
478, 481 / 481A)**

*Goncharov E.O., Kurnosov V.B., Galin K.R., Ignatyev N.N.*

Geological institute RAS, Moscow, Russia, [evgeniigonch91@gmail.com](mailto:evgeniigonch91@gmail.com)

**Abstract.** In Guaymas Basin of the Gulf of California were drilled Holes DSDP 478 и 481A (Ocean Drilling Program). Studying of the cores from the holes showed alteration of chemical composition of sediments in zones of contacts with basaltic sills. In altered sediments strong decreased content in the  $C_{org}$ . Especially strong it occurs in sediment, that is located between sills in complex of thin sills. In these sediments also strong decreased content in the Li, Cu, As, Mo, Ag, Cd, Sb, Ta, W, Tl, Pb, Bi. For the first time in Upper Pleistocene sediments altered under conditions short-time hydrothermal systems that were formed by intruded sills into sediment cover was analysis wide spectrum of microelements, including rare earth elements.

**Key words:** Gulf of California, altered sediments, sills

**Введение**

Калифорнийский залив представляет собой эталонную модель формирования океанической коры на ранней стадии открытия океанов при рифтинге континентальных окраин [1, 2], когда в спрединговых рифтах накапливаются с большой скоростью (1200-

2300 м/млн. лет) осадки мощностью от первых сотен метров до 2-3 км и расплавы изливаются не на поверхности дна в течение формирования осадочного покрова, а внедряются в виде базальтовых силлов в молодые нелитифицированные осадки с высоким содержанием морской воды. Внедрение силлов в осадочный покров сопровождается формированием кратковременных гидротермальных систем, в которых происходит изменение осадков на контактах с силлами. Первоначально изучение этого явления во впадине Гуаймас было проведено М. Кастнер и Дж. Нимитцем [3, 4]. Исследование, начатое этими авторами, целесообразно было продолжить, существенно расширив спектр изучаемых микроэлементов.

### **Объект и методы исследования**

Впадина Гуаймас расположена в главной разломной зоне Калифорнийского залива, состоящей из системы осей спрединга и трансформных разломов. Во впадине накопились верхнеплейстоценовые осадки общей мощностью в несколько сотен метров, которые состоят из турбидитов, переслаивающихся с гемипелагическими осадками и диатомовыми илами [5].

Во впадине Гуаймас находятся южный и северный трюги, представляющие собой спрединговые центры. В северном трюге пробурена скважина DSDP 481A глубиной 384 м. Между трюгами расположена скважина DSDP 478. Ее глубина 464 м. В этих скважинах, в осадочном покрове, встречены силлы. Скважины 478 и 481A пробурены за пределами действия основной долгоживущей гидротермальной системы в районах с низким тепловым потоком [6, 7, 8], что позволяет на их примере выяснить, какие изменения вещественного состава осадков происходят под влиянием силлов в чистом виде.

Химический состав осадков был прежде изучен методом РФА [4] на примере шести элементов (Co, Cr, Cu, Ni, V, Zn).

В данном исследовании проведено изучение содержания макроэлементов в валовых образцах осадков методом рентгено-флюоресцентного анализа (РФА) в лаборатории химико-аналитических исследований Геологического института РАН (г. Москва). Содержание микроэлементов определено в лаборатории ядерно-физических и масс-спектральных методов анализа в Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (г. Черноголовка) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS).

### **Основные результаты исследования**

Изменение химического состава верхнеплейстоценовых осадков во впадине Гуаймас Калифорнийского залива в зонах кратковременных гидротермальных систем, возникающих при внедрении силлов в осадочный покров, заключается в следующем:

1. В осадках, которые расположены внутри комплекса тонких силлов и над ним, над комплексом силлов с общей мощностью не менее 120 м, а также над кровлей и под подошвой силла мощностью около 3 м, для большинства макроэлементов изменение их содержания не произошло или проявилось слабо. Это связано с процессом растворение/отложение, в котором участвуют прежде всего диатомовые, опал СТ, кварц, в котором содержание Si в кремнистых осадках из термально измененных зон остается таким, как в исходных неизмененных осадках. Также не происходит изменение содержания макроэлементов в осадках в процессе растворение/отложение глинистых минералов.

2. Для осадков, измененных под влиянием силлов, характерным является уменьшение в них содержания  $S_{орг}$ . Особенно интенсивно это проявилось в осадках, заключенных в комплексе тонких силлов. В них произошло самое заметное уменьшение содержания микроэлементов (Li, Cu, As, Mo, Ag, Cd, Sb, Ta, W, Tl, Pb, Bi). В осадках из зон контакта с другими силлами уменьшилось содержание меньшего набора микроэлементов и проявлено оно более слабо.

3. Во всех осадках из зон контактов с силлами содержание РЗЭ не изменилось или проявилось слабо по сравнению с их содержанием в неизмененных осадках.

4. На примере впадины Гуаймас (Калифорнийский залив) показано изменение химического состава осадков на ранней стадии открытия океанов при рифтинге континентальных окраин.

*Образцы осадков отобраны в кернохранилище Программы океанского бурения (Ocean Drilling Program – ODP) при Техасском университете (Texas A & M University), г. Колледж Стейшн, США. Работа выполнена в рамках государственного плана научно-исследовательских работ, № 0135-2018-0038.*

#### **Литература:**

1. Larson R.L. (1972): Bathymetry, magnetic anomalies, and plate tectonic history of the mouth of the Gulf of California. Bull. Geol. Soc. Am., V. 83, P. 3345-3360.
2. Moore D.G. (1973): Plate-edge deformation and crustal growth, Gulf of California structural province. Geol. Soc. Am. Bull., № 84, P. 1883-1906.
3. Kastner M. (1982): Evidence for two distinct hydrothermal systems in the Guaymas Basin. Init. Repts. DSDP, V. 64, Part 2, P. 1143-1158.
4. Niemitz J. (1982): Geochemistry of sediments, Leg 64, Gulf of California. Init. Repts. DSDP, V. 64, Part 2, P. 695-716.
5. Curray J.R., Moore D.G. et al. (1982): Init. Repts. DSDP. 64. Pt. 1. Washington: U.S. Govt. Printing Office, 507 p.
6. Lawver L.A., Williams D.L. (1979): Heat flow in the central Gulf of California. J. Geophys., V. 84, P. 3465-3478.
7. Williams D.L., Becker K., Lawver L.A., Von Herzen R.P. (1979): Heat flow at the spreading centers of the Guaymas Basin, Gulf of California. J. Geophys. Res., № 84, P. 6757-6796.
8. Gieskes J.M., Elderfield H., Lawrence J.R., Johnson J., Meyers B., Campbell A. (1982): Geochemistry of interstitial waters and sediments, Leg 64, Gulf of California. Init. Repts. DSDP, V. 64, Part 2, P. 675-694.

## АНАЛИЗ СИГНАЛОВ КАРОТАЖА МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МЕЖСКВАЖИННОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ

*Горносталев Д.И.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия  
[d.gornostalev@g.nsu.ru](mailto:d.gornostalev@g.nsu.ru)

Аннотация. Работа посвящена численному моделированию сигналов электромагнитных каротажных зондирований методом переходных процессов в типичных слоисто-однородных моделях баженовской свиты для задачи межскважинного просвечивания с системой субгоризонтальных скважин. Проведен сравнительный анализ сигналов для разных параметров среды и для различных конфигураций зондирующей установки. Полученные результаты указывают на перспективность применения межскважинного просвечивания методом переходных процессов для картирования положения кровли и подошвы, а также пространственной локализации латеральных неоднородностей баженовской свиты.

Ключевые слова: межскважинное просвечивание, метод переходных процессов, субгоризонтальная система скважин.

## ANALYSIS OF TRANSIENT ELECTROMAGNETIC LOGGING SIGNALS FOR CROSSWELL SURVEYS

*Gornostalev D.I.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [d.gornostalev@g.nsu.ru](mailto:d.gornostalev@g.nsu.ru)

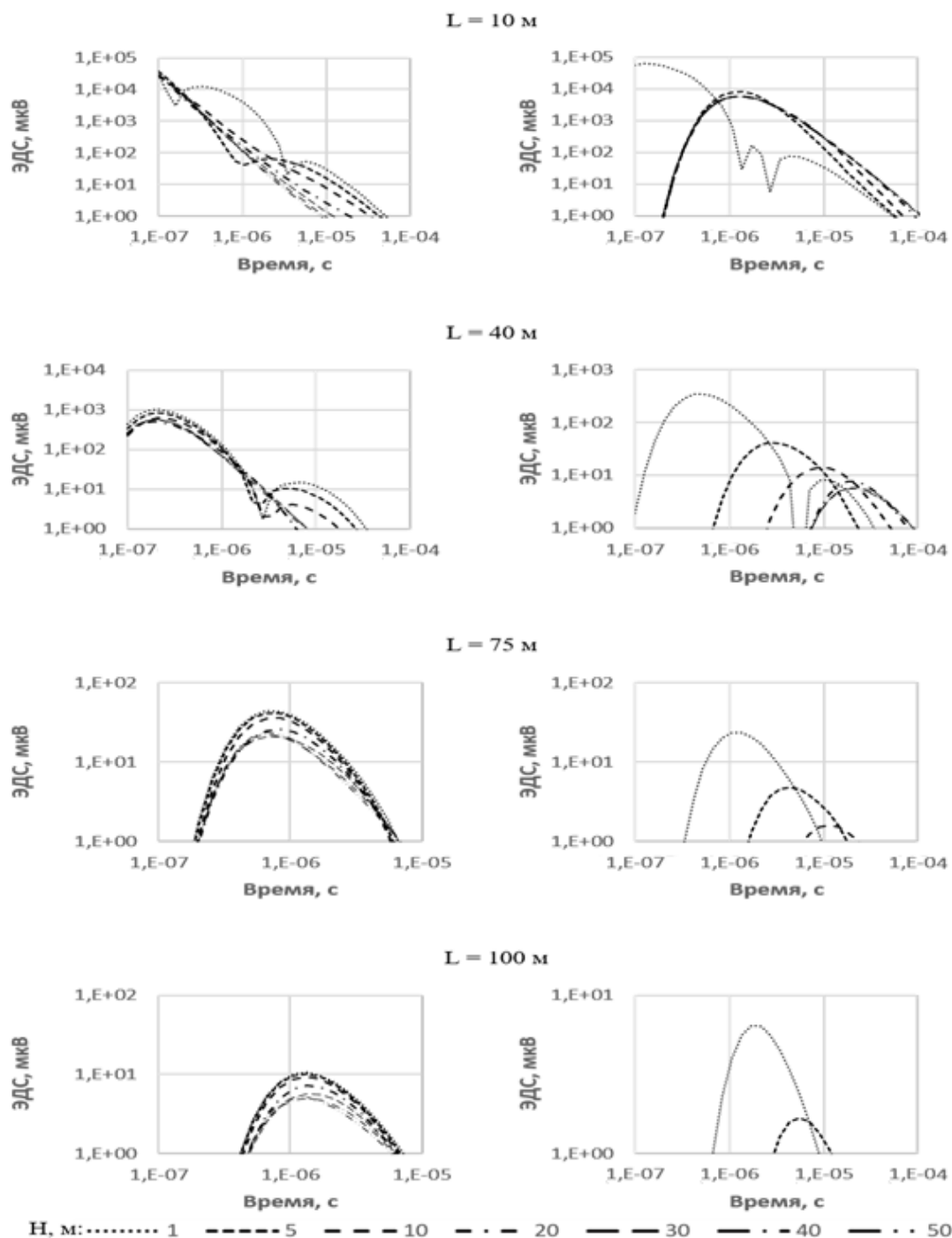
<sup>2</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

Abstract. This work is devoted to numerical simulation of signals of electromagnetic logging soundings by the transient method in typical homogeneously layered models of the Bazhenov formation for crosswell surveys with a system of subhorizontal wells. We carried out the comparative analysis of signals for different parameters of the environment and various configurations of a sounding system. The obtained results indicate the high potential of applying crosswell surveys by the transient method for mapping the top and bottom of the Bazhenov formation, as well as space localization of its lateral heterogeneity.

Key words: crosswell surveys, transient electromagnetic method, subhorizontal wells.

В последнее время наблюдается особый интерес ученых к уникальной газонефтепроизводящей и нефтеносной формации в Западно-Сибирской провинции – баженовская свита (БС). Особенностью данного объекта является крайне неоднородный состав. В настоящее время существующие технологии разведки и исследования недостаточно эффективны для изучения БС. Предлагается использовать межскважинное просвечивание в системе субгоризонтальных скважин для изучения пространственных

неоднородностей и прослеживания по латерали изменения положения кровли и подошвы БС, так как субгоризонтальные скважины позволят выполнить достаточно детальное расчленение вертикальной неоднородной среды в достаточно хорошем масштабе. Выполняется обоснование нового высокоразрешающего электромагнитного метода, основанного на переходных процессах, для межскважинного просвечивания системой субгоризонтальных скважин [1, 2, 3].



**Рисунок 1 – Электромагнитные сигналы в зависимости от расстояния между источником и приемником. Левая колонка показывает случай, когда зондирующая установка расположена в высокопроводящем слое, справа – в низкопроводящем.**

Для проведения математического моделирования, опираясь на данные о БС, была выбрана двуслойная модель, один из слоев – проводящий с УЭС равным 10 Ом·м, другой – низкопроводящий с УЭС равным 1000 Ом·м. Зондирующая установка включает в себя две катушки, одна из которых является источником, другая – приемником. Рассмотрены следующие компоненты: ZZ, XX, YY, ZX и XZ. Используется прямоугольный импульс тока, поскольку такая форма импульса позволяет получить максимально возможный уровень сигнала. Измерения начинаются с момента отключения тока в источнике. Для изучения сигналов выбраны следующие расстояния от зондирующей установки до границы (Н): 1 м, 5 м, 10 м, 20 м, 30 м, 40 м и 50 м. Анализировались следующие параметры зондов: расстояния между источником и приемником (L) – 1 м, 5 м, 10 м, 20 м, 30 м, 40 м, 50 м, 75 м и 100 м, произведение моментов катушек – 100 А·м<sup>4</sup>. Исследовались уровни сигналов выше 1 мкВ. Данный уровень выбран, исходя из характеристики чувствительности реальных приборов.

Проведен сравнительный анализ сигналов в зависимости от расстояний до границы и от расстояния между источником и приемником в случае, когда зондирующая установка расположена в высокопроводящем слое. Рассматриваемая компонента – ZZ. Результаты моделирования представлена на рисунке 1.

Из рисунка видно, что при увеличении расстояния между источником и приемником становится сложнее различать расстояния до границы. Граница уверенно выделяется, когда расстояние до нее не превышает 20 м. Также видна закономерность снижения уровня сигнала, а максимум этих сигналов смещается на более поздние времена.

Теперь рассмотрим ту же компоненту, но в случае, когда зондирующая установка расположена в низкопроводящей среде. Расчеты показывают, что при увеличении расстояния между источником и приемником уровень сигнала значительно снижается, при этом для наибольшего расстояния удается определить границы, которые находятся от зондирующей установки не далее, чем в пяти метрах. Также отмечается, что интервал регистрации сигналов сужается до 6 мкс. При этом, при малых расстояниях между катушками, сигналы недостаточно дифференцированы для оценки по ним расстояния до границы. В данной области наиболее эффективным разносом для выделения границы является 40 м.

Таким образом, анализ указал на перспективность применения данного метода в изучении баженовской свиты. В дальнейшем планируется проведение трехмерного моделирования сигналов в более реалистичных моделях среды БС, с определением оптимальных параметров зондирующей установки для дальнейших исследований БС.

#### Литература:

1. Гурари Ф.Г., Вайц Э.Я., Меленевский В.Н., и др. Условия формирования и методика поисков залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты. Недра. 1988. С. 199.
2. Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Занин Ю.Н., и др. Литология, органическая геохимия и условия формирования основных типов пород баженовской свиты (Западная Сибирь). Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 11. С. 1477-1491.
3. Zanin, Yu. N., Eder V.G., Zamirailova A.G. Composition and formation environments of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous black shale Bazhenov Formation (the central part of the West Siberian Basin). Marine and Petroleum Geology. 2008. Vol. 25. P. 289-306.

**КОМПЛЕКСНОЕ ОПИСАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ВУЛКАНОВ  
МУТНОВСКИЙ И ЭБЕКО НА ОСНОВЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И  
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.**

*Грахова С.П.<sup>1</sup>, Ельцов И.Н.<sup>2, 3</sup>, Фаге А.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>НГУ, г. Новосибирск, Россия [sofia.grakhova@gmail.com](mailto:sofia.grakhova@gmail.com)

<sup>2</sup>ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск, Россия, <sup>3</sup>НГТУ, г. Новосибирск, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты комплексных исследований термальных полей вулканов Мутновский (п-ов Камчатка) и Эбеко (о-в Парамушир, Северные Курилы). Геофизические методы: частотное электромагнитное профилирование, линейная и трёхмерная электротомография. Геохимические методы анализов *in situ*, а также многочисленные лабораторные исследования. Рассмотрена эффективность применённых методов неразрушающего зондирования подповерхностного пространства, главным образом по изучению структуры и путей миграции высокоминерализованных растворов в пределах термального поля.

Ключевые слова: геоэлектрика, вертикальные электрические зондирования, геоэлектрохимия, электротомография.

**A COMPREHENSIVE DESCRIPTION OF MUTNOVSKY AND EBOKO VOLCANOES  
GEOTHERMAL FIELDS BASED ON GEOCHEMICAL AND GEOPHYSICAL  
STUDIES.**

*Grakhova S.P.<sup>1</sup>, Yeltsov I.N.<sup>2</sup>, Fague A.N.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia [sofia.grakhova@gmail.com](mailto:sofia.grakhova@gmail.com)

<sup>2</sup>IPGG SB RAS <sup>3</sup>Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The paper presents the results of a comprehensive study of the thermal fields of Mutnovsky volcanoes (Kamchatka Peninsula) and Ebeko (Paramushir Island, Northern Kuriles). Geophysical methods: frequency electromagnetic profiling, linear and three-dimensional electric tomography. Geochemical methods: *in situ* analysis, as well as numerous laboratory studies. The effectiveness of the applied methods of the subsurface space nondestructive sounding, including the study of the structure and migration paths of highly mineralized solutions within the thermal field, are considered.

Key words: geoelectrics, vertical electrical sounding, geoelectrochemistry, electro-tomography.

Невозможно составить объективную геолого-геофизическую картину термопроявлений на активном вулкане, пользуясь лишь определённым набором инструментов, ведь год за годом возможности исследователей растут. Геоэлектрохимия – это новая наука, рождённая на стыке геофизики и геохимии, соединяющая исследования из смежных областей геологии численными расчётами и полевыми исследованиями.

Неразрушающие методы зондирований (электромагнитные исследования, линейная и трёхмерная электротомография) и тщательное геохимическое опробование, описание источников, поиск связи состав - электрофизические свойства растворов и пород дают возможность наиболее достоверно и полно охарактеризовать действующие термальные поля.

Полевые работы с получением новых данных были проведены на вулканах Мутновский (п-ов Камчатка) и Эбеко (о-в Парамушир, Северные Курилы). Вулкан Мутновский, высотой 2323 м, в периоды «затишья» реализует активность через обширную сеть термопроявлений в кратерах и многочисленных термальных площадках. Самые крупные можно наблюдать на Донном и Северо-Мутновском термальных полях [6].

Эбеко - действующий стратовулкан, находится в северной части хребта Вернадского острова Парамушир. Функционирование гидротермальной системы влк. Эбеко выражено в нескольких фумарольных и термальных полях на его склонах и внутри кратеров, а также реки Юрьева, наиболее полноводной кислой реки мира. На поверхности этот гидротермальный поток проявляется выходами парогазовых струй, кипящих котлов, прогретыми площадками, кислыми кратерными озёрами и обширными полями гидротермальных изменений [3, 4].

Задачей геофизических исследований было определение геометрии флюидопроводящих каналов, объёмной глубинной структуры газо-гидротермальных зон и геотермальных резервуаров методами электротомографии. Для повышения информативности и достоверности описания свойств подповерхностного пространства нами использовался комплекс методов электротомографии на постоянном и гармонически меняющемся токе в источнике (линейная и трёхмерная электротомография (ERT) и частотное электромагнитное индукционное зондирование [1].

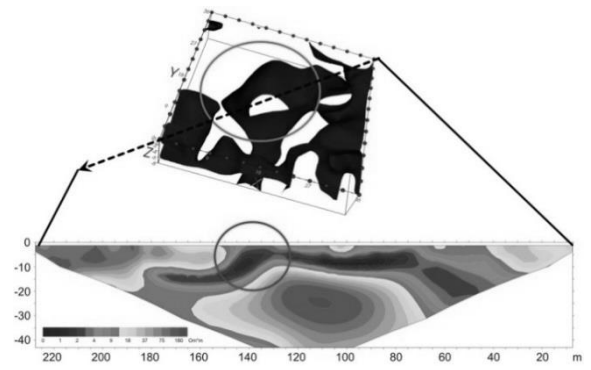
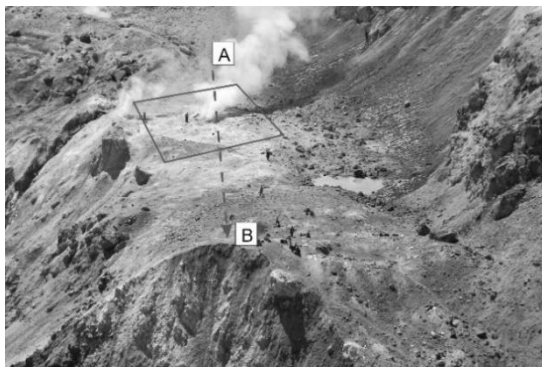
Бесконтактное зондирование выполнялось трехкатушечным индукционным зондом с вертикальными магнитными моментами, расположенными в одной плоскости, проводилось на Северо-Мутновском термальном поле [2]. На Донном термальном поле влк. Мутновский выполнена трёхмерная и линейная электротомография. На квадратной площадке произведены измерения косой со стороной 48 м, с шагом между электродами 4 м, установка измерений – дипольная.

На вулкане Эбеко были выполнены параллельные и последовательные профили электротомографии установкой Шлюмберже. В подповерхностном пространстве всех изучаемых термальных полей фиксируются фазовые барьеры, которые, очевидно, не только способствуют смене химического состава растворов, но и представляют собой зоны концентрации химических элементов, в том числе и рудных.

При проведении трёхмерной электротомографии на вулкане Мутновский исследуемая среда была сильно увлажнена, что в совокупности с исключительной минерализацией, присущей фумарольным полям, дало геоэлектрический разрез, обладающий аномально-высокой проводимостью. Значения УЭС в таких условиях составляли от 1 до 20 Ом·м. На рисунке 1 представлена трёхмерная модель распределения УЭС [7, 8].

Значения УЭС находятся в пределах от 0.8 до 11 Ом·м. Для повышения информативности изображений шкала сопротивлений обрезана до 5 Ом·м. Участок работ топографически неоднороден, что также было учтено в процессе решения обратной задачи. Здесь же стоит отметить, что по данным индукционного зондирования, выполненного на Северо-Мутновском термальном поле, мы также наблюдаем чёткое приповерхностное разделение питающих каналов.





**Рисунок 1 - Слева представлена схема расположения профиля и площадки электротомографии на Донном термальном поле влк. Мутновский. Справа – результаты зондирования.**

### **Выводы.**

Построение геоэлектрических разрезов разной степени детальности и глубины (от 7 до 40 м) позволило определить единый источник вещества, поступающего с глубинных магматических камер. Тем не менее, в приповерхностном пространстве происходит разделение флюида на различные составляющие, формируя грязевые котлы разного состава.

Геоэлектрическая зональность термальных полей главным образом определяется составом жидкой фазы, представляющей собой флюид сложного состава, который выходит на поверхность по ослабленным зонам – подводящим каналам. Состав и петрофизические свойства вмещающих пород определяют итоговую минерализацию растворов и состав твёрдой фазы в активных грязевых котлах термальных полей.

Строение термальных полей вулканов определяется наличием ослабленных (проницаемых) зон, по которым идёт разгрузка флюида с глубины к поверхности. Геоэлектрическая зональность достоверно описывает структуру и расположение термальных источников.

### **Литература:**

1. Ельцов И.Н., Оленченко В.В., Фаге А. Н. Электротомография в Российской Арктике по данным полевых исследований и трехмерного численного моделирования. Деловой журнал Neftegaz.RU. 2017. № 2. С. 54-64.
2. Манштейн Ю.А., Бортникова С.Б., Манштейн А.К., Гавриленко Г.М., Верниковская И.П., Сезько И.П. Особенности строения проводящих каналов термальных источников вулкана Мутновский (Южная Камчатка). Доклады Академии Наук. 2008. Т. 423. № 3 С. 383–388.
3. Котенко Т.А. Эруптивная активность вулкана Эбеко (о. Парамушир) в 2010- 2011 гг. Вестник Камчатской региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. 2012. № 19. С. 160-167.
4. Котенко Т.А. Извержение вулкана Эбеко в 2009 г (о-в Парамушир, Курильские острова). Вестник Камчатской региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. 2010. № 1. Вып. 15. С. 56-68.
5. Панин Г.Л., Бортникова С.П., Ельцов И.Н., Жарков Р.В. Сравнительные геофизические исследования газогидротермальной системы озера Кипящее в кальдере вулкана Головинина (о. Кунашир). Инженерная геофизика 2015. Геленджик, 2015. С. 23. DOI: 10.3997/2214-4609.201412246. <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=80047>.
6. Селянгин О.Б. Новое о вулкане Мутновский: строение, развитие, прогноз. Вулканология и сейсмология. 1993. № 1. С. 17–35.
7. Bortnikova S.P., Yeltsov I.N., Faguet A.N., Fadeev D.I. Geoelectric Models of Kamchatka Active Volcanic Regions According to the Near-surface Geoelectric. Saint Petersburg 2014: Proceedings 6th Saint Petersburg International Conference and Exhibition 2014 - Geosciences- Investing in the Future, Russia, Saint Petersburg, 7-10 April 2014. P. We D 10. <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=74307>.
8. Eltsov I., Bortnikova S., Panin G., Bortnikova S. Geoelectrics of the Volcano Mutnovsky (Kamchatka). 13th SAGA Biennial Conference & Exhibition, Kruger National Park Mpumalanga, South Africa, 2013. P. 98.

**ПЕТРОГРАФИЯ И ГЕОХИМИЯ ПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОРОД, ДРАГИРОВАННЫХ  
НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ОКОНЧАНИИ ХРЕБТА СТЕЛМЕЙТ (СЕВЕРО-  
ЗАПАДНАЯ ПАЦИФИКА)**

*Грязнова А.С.<sup>1</sup>, Силантьев С.А.<sup>1</sup>, Портнягин М.В.<sup>1</sup>, Хернле К.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ГЕОХИ РАН, г. Москва, [anastagr@yandex.ru](mailto:anastagr@yandex.ru)

<sup>2</sup>GEOMAR, Kiel, Germany

Аннотация. Изучено строение земной коры хребта Стелмейт, расположенного в северо-западной части Тихого океана. Приводятся предварительные результаты петролого-геохимического изучения плутонических пород, драгированных в этом регионе. С помощью программы COMAGMAT были проведены расчеты, направленные на реконструкцию возможного состава состав родоначального расплава.

Ключевые слова: Хребет Стелмейт, петрология, геотермобарометрия

**PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY OF PLUTONIC ROCKS DREDGED ON  
NORTH-WESTERN TERMINATION OF THE STALEMATE RIDGE (NORTH-  
WESTERN PACIFIC)**

*Gryaznova A.S.<sup>1</sup>, Silant'ev S.A.<sup>1</sup>, Portnyagin M.V.<sup>1</sup>, Hernle K.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Sciences Moscow, [anastagr@yandex.ru](mailto:anastagr@yandex.ru)

<sup>2</sup>GEOMAR, Kiel, Germany

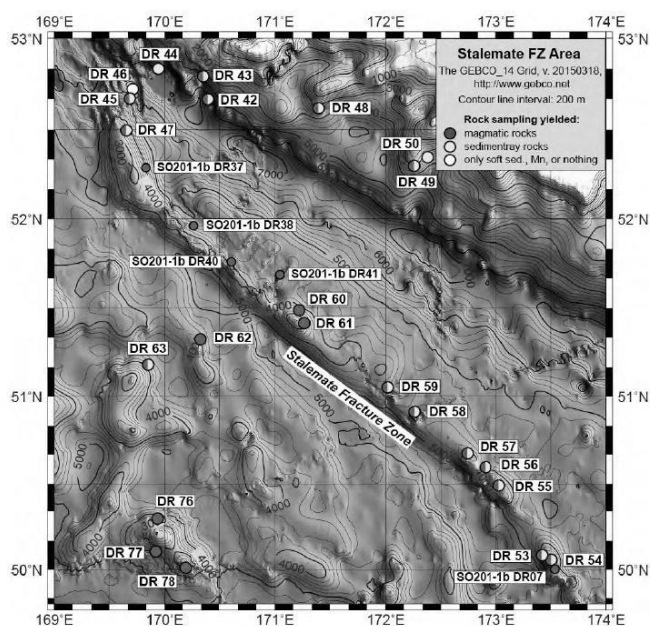
Abstract. The structure of the earth's crust Of North-Western Termination of Stalemate Ridge, located in the northwestern part of the Pacific Ocean, has been studied. Preliminary results of petrological-geochemical study of plutonic rocks dredged in this region are given. Calculations were carried out in order to determine the composition of the parent melt.

Keywords: Stalemate ridge, petrology, geothermobarometry

Хребет Стелмейт находится в Северо-Западном секторе Тихого океана. Он является поперечным хребтом, который, согласно Лонсдэйлу может рассматриваться как реликт палео-трансформной зоны Кула-Пацифик и ограничивает с юга гипотетический фрагмент океанической плиты Кула, находящейся к югу от Алеутского желоба. [5]

В 2016 году был проведен 249-ый рейс НИС «Зонне» (рис.1) и в ходе него были драгированы породы на станциях So249-DR45 и So249-DR47, которые относятся к хребту Стелмейт, отбор проходил на северном окончании хребта Стелмейт (табл.1). В ходе драгирования со станции 45 были подняты серпентиниты – 10 образцов, пироксениты – 2 образца, габбро – 4 образца, один амфиболовый сланец, 7 образцов диабазов и около 12 пород вулканического происхождения. Со станции 47 были подняты 19 образцов перидотитов, 4 образца пироксенитов, 6 образцов габбро, 6 образцов диабазов, 2 образца

базальта и несколько образцов осадочных пород. Было изучено 15 образцов с этих станций, представленных плутоническими породами основного и ультраосновного состава. Данные породы можно отнести к разрезу офиолитового типа, где амфиболовые сланцы являются подошвой [2], выше которой залегают перидотиты или серпентиниты, габбро и базальты.



**Рисунок 1 - Район, где в ходе проведения 249-го рейса немецкого НИС «Зонне» были драгированы изученные породы. (Карта расположения станций драгирования заимствована из [8]).**

В коллекции преобладают породы ультраосновного состава, а именно апогарцбургитовые серпентиниты, а также пироксениты. Эти породы содержат от 80% до 90% серпентина, до 15 % пироксена, 1-5% шпинели, в качестве аксессуарных минералов часто встречается магнетит, амфибол и кварц. Структура у обоих пород петельчатая, текстура неоднородная.

В многих образцах на фоне основной серпентинитовой массы выделяются рститы субидиоморфных пироксенов, так же можно наблюдать достаточно большие скопления магнетита и шпинели, которые образуют либо достаточно крупные скопления в одной части шлифа, либо рассеяны по шлифу достаточно равномерно. Стоит отметить, что в пироксенитах сохранилось большее количество первичного пироксена.

Габброиды из изученной коллекции представлены типичными офитовыми разновидностями (клинопироксен 20%, амфибол 40%, плагиоклаз 35%, шпинель 5%). Все габброиды в различной степени уралитизированы. Текстура данных образцов неоднородная, а структура неравнозернистая, мелко-среднезернистая. Кристаллы плагиоклазов субидиоморфны. В породах наблюдается достаточно большое количество субидиоморфных кристаллов клинопироксена и амфибола. Шпинели наблюдаются в виде скоплений небольших кристаллов.

**Таблица 1. Расположение станций и глубина отбора образцов [8]**

Станция	Широта	Долгота	Глубина (м)
DR45	52°39.65'N	169°41.52'E	5263
DR45	52°39.38'N	169°40.81'E	4726
DR47	52°28.95'N	169°39.63'E	3429
DR47	52°28.88'N	169°38.92'E	3050

В ходе исследования были проведены расчеты для определения температур и давления образования plutонических пород. Для оценки давления использовались амфиболовый геобарометр Хаммарстрома и Зена [4] и амфиболовый геобарометр Шмидта [6], которые показали давление порядка 6 кбар. Двупироксеновый термометр Уэллса [7] позволил оценить температуру закрытия приксенового равновесия, которая составила 1015°C. С другой стороны, амфибол-плагноклазовый геотермометр Холланда и Бланди [3] показал для образца So249-DR45-2, значение температуры 920°C, которому соответствовало давление 6 кбар. Для определения температуры образования протолита изученных пород был использован также амфибол-пироксеновый термометр Л.Л.Перчука [1] на примере образца So249-DR45-2 по двум амфиболам и трем пироксенам. Измеренная таким образом температура составила около 1200°C.

Расчеты в программе COMAGMAT были проведены для оценки состава расплава, родительского для изученных plutонических пород кумулятивного происхождения. Были выбраны 5 образцов, с валовым содержанием MgO, варьирующим от 2.32 до 32.1 масс.%. В результате расчетов температура образования пород была приблизительно оценена в 1200°C. Полученные данные могут свидетельствовать в пользу высказанного ранее предположения о присутствии в коллекции plutонических пород, собранных на ст. So249-DR45, продуктов эволюции двух различных родительских расплавов [2].

*Рейс НИС ЗОННЕ SO249 проводился в рамках проекта БЕРИНГ при финансовой поддержке Министерства образования и науки ФРГ. Работа выполнена при финансировании Российского фонда фундаментальных исследований, грант 18-05-00001а.*

#### **Литература:**

1. Перчук Л. Л. Равновесия породообразующих минералов. М., «Наука». 1970. 320 с.
2. Силантьев С.А., Кубракова И.В., Портнягин М.В., Тютюнник О.А., Жилкина А.В., Грязнова А.С., Хернле К, Вернер Р. Ультрамафит-мафитовая ассоциация пород и роговообманковые сланцы хребта Ширшова (Берингово море) и Стелмейт (Северо-западная акватория Тихого океана): геодинамическая интерпретация геохимических данных. Петрология, 2018, том 26, № 5, с. 511–534
3. Blundy JD, Holland TJB (1990) Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. Contrib Mineral Petrol 104:208–224
4. Hammarstrom J. M., Zen E-An. Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer. Amer. Miner., 1986. V. 71. № 11/12. P. 1297-1313.
5. Lonsdale P. Paleogene history of the Kula plate: Offshore evidence and onshore implications. Geol. Soc. Amer. Bull. 1988. V. 100. P. 733–754.
6. Schmidt M.W. Experimental calibration of the Al-in-hornblende geobarometer at 650 C, 3.5-13.0 kbar. Terra abstracts. 1991. V.3, N.1. P. 30.
7. Wells P. R. A. Pyroxene thermometry in simple and complex systems. Contributions to Mineralogy and Petrology. 1977. Vol. 62. № 2. P. 129-139.
8. Werner R., Hoernle K., Hauff F. et al. RV SONNE Fahrtbericht / Cruise Report SO249 BERING — Origin and Evolution of the Bering Sea: An Integrated Geochronological, Volcanological, Petrological and Geochemical Approach, Leg 1: Dutch Harbor (U.S.A.) – Petropavlovsk-Kamchatsky (Russia), 05.06.2016-15.07.2016, Leg 2: Petropavlovsk-Kamchatsky (Russia) – Tomakomai (Japan), 16.07.2016-14.08.2016. GEOMAR Report, N. Ser. 030. GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung. Kiel, 2016. 451 p.

**ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА СРЕДЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ АЛМАЗОВ В  
«ОБОЛОЧКЕ» ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ УДАЧНАЯ (ЯКУТСКАЯ  
АЛМАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)**

*Губанов Н.В.<sup>1</sup>, Зедгенизов Д.А.<sup>1,2</sup>, Шарыгин И.С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

[n.gubanov@g.nsu.ru](mailto:n.gubanov@g.nsu.ru)

<sup>2</sup> Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

Аннотация. Представлены новые данные изучения алмазов в «оболочке» из кимберлитовой трубки Удачная. Установлены закономерности распределения азотных и других примесных дефектов между разными зонами кристаллов. По данным изучения микровключений определены особенности состава алмазообразующих сред на заключительном предкимберлитовом этапе. Выявленные вариации состава микровключений в «оболочках» изученных алмазов свидетельствуют об их формировании в глубинных мантийных эклогитовых и перидотитовых субстратах при участии хлоридно-карбонатных и водно-силикатных расплавов/флюидов.

Ключевые слова: алмаз, микровключения, азотные дефектные центры, среда кристаллизации, изотопный состав углерода.

**GROWTH MEDIUM COMPOSITION OF COATED DIAMONDS FROM THE  
UDACHNAYA KIMBERLITE PIPE (YAKUTIA)**

*Gubanov N.V.<sup>1</sup>, Zedgenizov D.A.<sup>1,2</sup>, Sharygin I.S.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [n.gubanov@g.nsu.ru](mailto:n.gubanov@g.nsu.ru)

<sup>2</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

Abstract. This article presents new results of studying the coated diamonds from the Udachnaya kimberlite pipe. Regularities in the distribution of nitrogen and other impurity defects between different zones of crystals have been found. The features of the composition of crystallization medium at the final (pre-kimberlite) stage are determined. The revealed variations in the composition of microinclusions indicate their formation in deep mantle (eclogite and peridotite substrates) with the participation of chloride-carbonate and hydrous silicate melts/fluids.

Key words: diamond, microinclusions, N-centers, crystallization medium, carbon isotope composition

Алмаз является одним из наиболее исследуемых минералов, так как детальное изучение его минералогических и геохимических характеристик может дать представление об особенностях минералообразующей среды и термодинамических условиях в глубинных зонах континентальной литосферы Земли. Так называемые алмазы в «оболочке» (IV разновидность по [1]) представляют особый интерес. Между «оболочкой» и ядром

наблюдаются значительные различия по содержанию и степени агрегации азотных дефектных центров и изотопному составу углерода, что является показателем изменения физико-химических условий среды и позволяет поэтапно оценить эволюцию роста алмаза. В «оболочке» сосредоточены многочисленные микроскопические включения, которые, как считается, образовались в результате захвата среды кристаллизации в процессе роста алмаза и ее последующей раскристаллизации в виде многофазных ассоциаций [2].

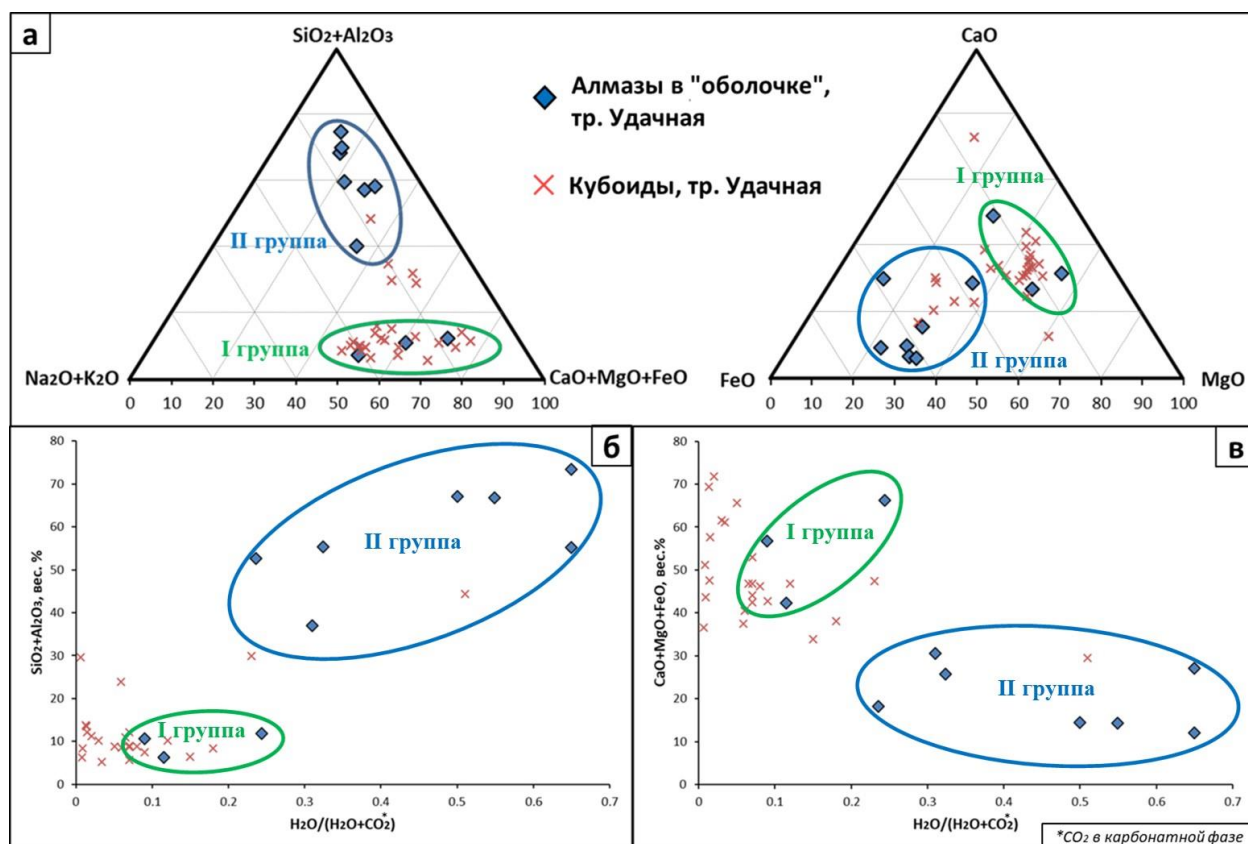
В исследуемой коллекции преобладают алмазы октаэдрического габитуса со скульптурированными гранями октаэдра и с наличием поверхностей (100) и (110). Большинство кристаллов имеют округлый облик и содержат многочисленные микрокаверны и каналы травления, что может свидетельствовать о растворении в местах выхода микровключений и микротрещин [3]. Все изученные образцы состоят из прозрачного октаэдрического ядра со сложным внутренним строением и полупрозрачной/непрозрачной оболочки, размеры которой варьируют от первых десятков до 300-400 мкм.

При изучении распределения азотных дефектных центров с помощью ИК-спектроскопии было выявлено, что во всех исследуемых образцах наблюдаются одинаковые закономерности: от центральной части кристаллов к границе ядро-«оболочка» постепенно уменьшается количество V1 и V2 дефектов, которые фиксируются исключительно в ядре алмазов. В большинстве случаев, в «оболочке» регистрируется C-центр, причем его содержание увеличивается от внутреннего края «оболочки» к внешнему. Наблюдаемые вариации могут свидетельствовать об изменении температурного режима и/или значительном интервале между формированием разных зон изученных алмазов [4], что также подтверждается данными по изотопному составу углерода, значения которого варьируют в широком интервале в пределах образца и достаточно сильно отличаются при сравнении ядра и «оболочки». Таким образом, очевидно, что образование исследуемых алмазов происходило, по крайней мере, в 2 этапа – сначала кристаллизовалось ядро, вокруг которого впоследствии сформировалась «оболочка» с волокнистым внутренним строением.

При детальном исследовании микровключений в 10 изученных алмазах были получены новые данные о составе алмазообразующих сред. По суммарному содержанию  $Al_2O_3+SiO_2$  все микровключения условно можно разделить на 2 группы: содержание алюмосиликатной составляющей в которых менее 20 вес. % (I группа), и те, в которых её доля варьирует в пределах 40-75 вес. % (II группа) (Рис.1а). Содержание двухвалентных ( $MgO+FeO+CaO$ ) катионов хорошо соотносится с минимальными отношениями вода/карбонат ( $H_2O/(H_2O+CO_2)$ ), по данным ИК-спектроскопии), что может свидетельствовать о преимущественном нахождении Ca, Mg и Fe в составе карбонатов [5]. При этом повышенные суммарные концентрации  $Al_2O_3+SiO_2$ , наоборот, соответствуют максимальным значениям отношения вода/карбонат (0,25-0,65) (Рис 1б, 1в). На основании полученных данных микровключения в изученных алмазах по составу можно разделить на карбонатитовые (соответствующие I группе) и водно-силикатные (соответствующие II группе). Содержание щелочей ( $K_2O+Na_2O$ ) у большей части всех проанализированных микровключений лежит в пределах от 10 до 40 вес. %, иногда встречаются повышенные значения, колеблющиеся в интервале от 45 до 60 вес. % (I группа). Между суммарной концентрацией  $K_2O+Na_2O$  и содержанием хлора наблюдается отчётливая положительная корреляция.

Таким образом, образование алмазов в «оболочке» из кимберлитовой трубки Удачная происходило, по крайней мере, в два этапа ((i) формирование ядра и (ii) оболочки) при

участии хлоридно-карбонатных и водно-силикатных расплавов/флюидов на заключительном (ii) этапе. В ядрах некоторых образцов были обнаружены минеральные включения, свидетельствующие о формировании изученных алмазов как в перидотитовых (Cr-диопсид и оливин), так и в эклогитовых (омфациит и коэсит) мантийных субстратах.



**Рисунок 1 - Особенности состава микровключений в «оболочках» алмазов из кимберлитовой трубки Удачная в сравнении с кубоидами из той же трубки [2] (приведены средние значения по образцам, по данным ЭДС (вес. %) и ИК-спектроскопии).**

*Работа выполнена за счет средств Российского научного фонда (грант №16-17-10067). Исследование ШИС поддержано РФФИ (грант № 16-35-60052-мол\_a\_дк).*

#### Литература:

1. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. Москва. Наука. 1984. 170 с.
2. Zedgenizov D.A., Kagi H., Shatsky V.S., Sobolev N.V. Carbonatitic melts in cuboid diamonds from Udachnaya kimberlite pipe (Yakutia): evidence from vibrational spectroscopy. Mineral. Mag. 2004. v. 68. p. 61-73.
3. Khokhryakov A.F., Palyanov Yu.N. Revealing of dislocations in diamond crystals by the selective etching method. J. Cryst. Growth. 2006. v. 293, p. 469-474.
4. Evans T. Aggregation of nitrogen in diamond. The Properties of Natural and Synthetic Diamond. London. Field. 1992. p. 259-290.
5. Скузоватов С.Ю., Зедгенизов Д.А., Рагозин А.Л., Шацкий В.С. Состав среды кристаллизации алмазов в «оболочке» из кимберлитовой трубки Сытыканская (Якутия). Геол. Геофиз. 2012. т. 53. № 11. с. 1556-1571.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПЛАСТА И ДОБЫЧА ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

*Губанов С.И., Ольховская В.А.*

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия,

[Gubanov.si@samgtu.ru](mailto:Gubanov.si@samgtu.ru)

Аннотация. С каждым годом доля трудноизвлекаемых запасов (ТИЗ) увеличивается и в настоящее время составляет порядка 80% в общем объеме запасов нефти. Этому способствуют вновь открытые месторождения с низкопроницаемыми коллекторами, а также увеличение техногенных ТИЗ, получаемых за счет низкого качества вскрытия продуктивных пластов при строительстве и капитальном ремонте скважин. В сфере особого внимания находятся высоковязкие нефти и природные битумы, разработка которых требует специальных технологий. Авторами рассмотрено влияние повышения температуры пласта на дебит скважины с дуальной системой стволов. Определен оптимальный температурный режим пласта и основные проектные показатели разработки при термобарическом воздействии на залежи высоковязкой нефти.

Ключевые слова: высоковязкая нефть, тепловое воздействие, дуальная система стволов, дебит скважины

## PRODUCTION OF HIGH-VISCOSITY OIL AND OPTIMIZATION OF THE TEMPERATURE CONDITIONS OF RESERVOIR

*Gubanov S.I., Olkhovskaya V.A.*

Samara State Technical University, Samara, Russia, [Gubanov.si@samgtu.ru](mailto:Gubanov.si@samgtu.ru)

Abstract. Every year, the share of hard recoverable reserves (HRR) is increasing and currently amounts to about 80% of the total oil reserves. This is facilitated by newly discovered fields with low-permeability reservoirs, as well as an increase in induced HRR, obtained due to poor quality of opening productive layers during construction and major workover. In the sphere of special attention are high-viscosity oils and natural bitumen, the development of which requires special technologies. The authors of the article have considered the impact of increasing reservoir temperature on the well flow rates with the dual-well system. The optimal temperature condition of the reservoir and the main design parameters of the development under thermobaric influence on the deposits of high-viscosity oil were determined.

Key words: high-viscosity oil, thermal treatment, dual-well system, well – flow rate

С добычей высоковязкой нефти связаны на сегодняшний день глобальные перспективы развития мирового топливно-энергетического комплекса. Повысить дебиты добывающих скважин позволяет применение обработок прискважинных участков пласта,



при этом особенности высоковязкой нефти как реологически сложной системы требуют специальных технологий воздействия [1].

Основным способом воздействия на залежи высоковязкой нефти и природных битумов являются тепловые методы. Существует множество технологий, в основе которых лежит воздействие на залежь теплоносителями, нагнетаемыми с поверхности [2].

Использование тепловых методов регламентируется глубиной залегания продуктивных пластов, конструкцией и пространственным профилированием горных выработок. На месторождениях, где добыча осуществляется с помощью вертикальных скважин, широко применяются паротепловое воздействие на пласт, вытеснение нефти горячей водой, пароциклическая термическая обработка призабойных зон скважин, комбинированные технологии воздействия: импульсно-дозированное тепловое воздействие, тепловое циклическое воздействие на пласт и их модификации. Для этого используются наземные теплогенерирующие установки, требующие высоких капитальных вложений и эксплуатационных затрат на обслуживание.

Воздействие теплом непосредственно в пласте или в призабойной зоне добывающих/нагнетательных скважин способствует более рациональному использованию тепловой энергии для интенсификации добычи нефти и сопровождается значительным сокращением энерго- и ресурсозатрат [3].

Авторами рассмотрено влияние повышения температуры пласта на дебит скважины с дуальной системой стволов. Данная технология представляет собой эскизный вариант периодического термобарического воздействия на залежи высоковязкой нефти с размещением источника тепла на забое одного из двух стволов скважины [4].

Предлагаемая технология имеет следующие преимущества:

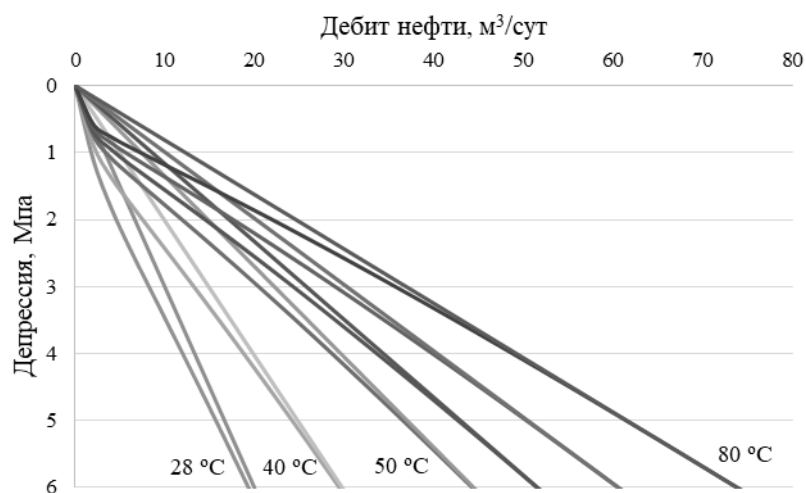
1. Возможность периодического прогрева пласта с использованием основного ствола.
2. Уменьшение числа спуско-подъёмных операций.
3. Отсутствие ограничений, связанных с ростом температуры пласта и происходящими в нём изменениями.

При оптимальном температурном режиме основными индикаторами эффективности являются интенсификация добычи нефти и увеличение степени выработки запасов.

Расчет параметров термобарического воздействия, а также оценка температурного режима пласта выполнена на примере терригенного пласта одного из месторождений Самарской области в диапазоне температур от 28 до 80 °С.

Нефть предполагаемого объекта воздействия является высоковязкой, содержит структурообразующие компоненты – асфальтены и смолы в концентрациях от 3,68 до 11,51% и от 9 до 13% соответственно, чем обусловлено проявление нелинейно вязкопластичных свойств.

Для оценки влияния температуры на проектные показатели добычи оптимизации температурного режима пласта рассчитывались парные значения «дебит – депрессия». Определение пар значений «дебит – депрессия» производилось с использованием уравнения притока нефти к скважине по закону Дарси, а также с помощью соотношений [1], основанных на модели течения нелинейно вязкопластичной нефти. В процессе расчётов учитывалось влияние температуры на вязкость и реологическую характеристику пластовой системы [4].



**Рисунок 1 – Индикаторная диаграмма «дебит – депрессия» в диапазоне до 6 Мпа.**

Результаты расчёта дебитов и депрессий в виде индикаторных диаграмм для различных температурных условий представлены на рисунке 1.

По результатам расчетов можно сделать следующие выводы:

Оптимальная температура нагрева исследуемого пласта равна 50 °С, что на 22 °С выше начальной отметки. Дальнейшее повышение температуры пласта не приводит к существенному росту прогнозного дебита нефти при тех же значениях депрессии.

Повышение температуры пласта до оптимального значения, обусловленного реологической характеристикой добываемой нефти, потенциально может способствовать увеличению дебита скважины с дуальной системой стволов.

Выбор параметров теплового воздействия с учётом нелинейно вязкопластичного течения нефти позволяет оптимизировать расположение забоя добывающего бокового ствола и режим эксплуатации насосного оборудования.

#### **Литература:**

1. Мищенко И.Т., Бравичева Т.Б., Ермолаев А.И. Выбор способа эксплуатации скважин нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. Москва. «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. 448 с.
2. Zhe, Y., Pengcheng, L., Shengfei, Z., et al. (2018): Experimental study and numerical simulation of nitrogen-assisted SAGD in developing heavy oil reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, pp. 325 – 332.
3. Астафьев В. И., Ольховская В.А., Губанов С.И. Прогрев пласта в скважине с дуальной системой стволов и интенсификация добычи высоковязкой нефти. *Нефтяное хозяйство*. 2016. № 2. С. 66-69.
4. Astafev, V.I., Gubanov, S.I., Olkhovskaya, V.A. et al. (2018): Analytical filtration model for nonlinear viscoplastic oil in the theory of oil production stimulation and heating of oil reservoir in a dual-well system. In: *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 121, pp. 1-10. Sanya, China.

## УЧАСТИЕ В ПОЛЕВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ ЭФФЕКТА ХОЛЛА В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

*Гурьев В.А.<sup>1</sup>, Могилатов В.С.<sup>2</sup>, Потанов В.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Новосибирский Национальный Исследовательский Государственный Университет,  
Новосибирск, Россия, [v.gurev@g.nsu.ru](mailto:v.gurev@g.nsu.ru)

<sup>2</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

Аннотация. Статья посвящена выявлению влияния эффекта Холла в геологической среде на данные электроразведочных методов на примере зондирования становлением поля в ближней зоне. Большое внимание уделено аспектам проведения полевого эксперимента, а также условиям его корректности. Приведены теоретические предпосылки, результаты полевых работ, а также результаты работы с тематическими источниками информации по проблематике данной работы. Представлены результаты исследований методом зондирования становления в ближней зоне и методом магнитотеллурического зондирования. Получена оценка холловской проводимости.

Ключевые слова: электроразведка, эффект Холла, зондирование становлением в ближней зоне, магнитотеллурическое зондирование

## PARTICIPATION IN FIELD EXPERIMENTS TO IDENTIFY THE HALL EFFECT IN THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT

*Gurev V.A.<sup>1</sup>, Mogilatov V.S.<sup>2</sup>, Potapov V.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [v.gurev@g.nsu.ru](mailto:v.gurev@g.nsu.ru)

<sup>2</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

Abstract. The article is devoted to the identification of the influence of the Hall effect in the geological environment on the data of electrical methods on the example of time-domain sounding in the near zone. Much attention is paid to the aspects of the field experiment, as well as the conditions of its correctness. The theoretical background, the results of field work, as well as the results of work with thematic sources of information on the problems of this work. The results of investigations by the method of time-domain sounding in the near zone and by the method of magnetotelluric sounding are presented. The estimation of the hall conductivity is obtained.

Key words: electrical exploration, Hall effect, time-domain sounding in the near zone, magnetotelluric sounding

В период с 8 по 15 июля 2018 года сотрудниками Лаборатории геоэлектрики ИНГГ СО РАН проводились полевые исследования в рамках гранта РФФИ № 17-05-00083 А. Целью данных работ было обнаружение эффекта Холла в геологических средах. Этот эффект должен очень слабо проявляться во всех сигналах электромагнитных зондирований. Исследования были выполнены следующими электроразведочными методами: методом

зондирований становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) и методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ). Данный комплекс методов был выбран в связи с методической эффективностью, малой затратностью и относительной простотой выполнения работ в трудозатратном плане.

Задачи исследований:

1. Измерение методом МТЗ длительных сигналов в одной точке;
2. Измерение соосной петлём сигнала ЗСБ для определения одномерного разреза в точке исследований;
3. Измерение четырёх радиальных линий MN от петли методом ЗСБ;
4. Измерение компоненты  $E_{\phi}$  от петли для оценки слоистости среды и контроля электрических измерений.

Нельзя отрицать, что, в принципе, существует взаимодействие между токами, возникающими в геоэлектromагнитных полях и магнитным полем Земли. Такое взаимодействие является важнейшим и безусловным физическим явлением, базирующимся на эффекте Лоренца. Проблема состоит только в установлении реального проявления этого фактора в геоэлектromагнитных зондированиях. Самый первоначальный анализ показывает, что это может проявляться в эффективной анизотропии проводимости горных пород, вызванной эффектом Холла (Рис. 1). Кроме того, в результате тенденции к криволинейной траектории носителей тока под влиянием силы Лоренца, возникает эффективная намагниченность геологической среды, зависящая от состояния геологической среды на микроуровне. Эти гальваномангнитные эффекты, возникающие в скрещенных электрическом и магнитном полях, хорошо известны в физике [3], [1], [2], но не исследовались применительно к геологической среде. Мы исходим из того, что эти явления существуют и пока не учтенным образом влияют на сигналы в геоэлектromагнитных зондированиях. Более того, сами авторы вполне убеждены, что геомагнитные эффекты уже проявляли себя в некоторых ситуациях в электроразведочных исследованиях [4]. Самая насущная и первая необходимость состоит, во-первых, в достоверном обнаружении этих эффектов, а во-вторых, в определении характерных параметров. По нашему мнению, наиболее подходящим способом для этого являются ЗС электромагнитного поля, как наиболее чувствительный метод.

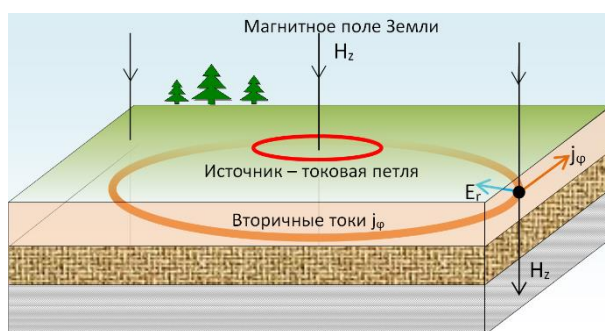


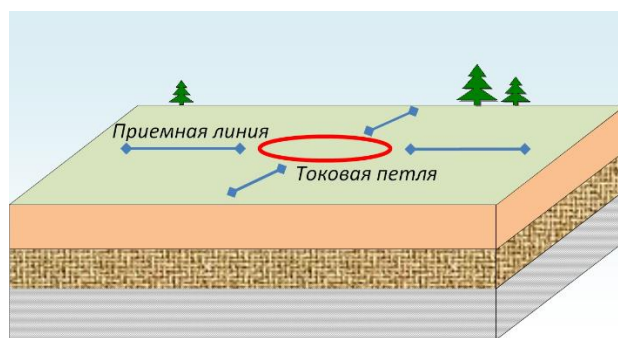
Рисунок 1 – Появление холловской напряжённости электрического поля.

По результатам теоретических выкладок и численных оценок эффект Холла для геологических сред невелик, поэтому для его обнаружения необходимо добиться минимизации влияния всех факторов, которые могут исказить сигнал ЗСБ, потому для обнаружения эффекта Холла в естественных условиях необходимо проводить исследования геологического разреза, максимально приближенного к горизонтально-слоистой среде.

Исследование холловской проводимости в условиях сложно построенной среды значительно усложняет задачу, так как наличие любых латеральных неоднородностей требует больших значений холловской проводимости, для того чтобы эффект оставался заметным. Основными факторами, искажающими сигнал ЗСБ являются: наличие электромагнитных помех, локальные неоднородности в среде, нарушение параметров генераторно-измерительного комплекса (расстановка на местности петель и линий), прямое поле ЗСБ.

Для устранения влияния прямого поля ЗСБ выбиралась специфическая схема измерений (Рис. 2), которая описана ниже. Остальные факторы искажения сигнала напрямую зависят от места исследований. Для устранения искажений нужно было выбрать участок работ со следующими условиями:

1. Горизонтально-слоистая среда для исключения влияния локальных неоднородностей на сигналы;
2. Отсутствие высокой растительности и перепадов рельефа для исключения искажений в сигнале из-за неровности дневной поверхности и для возможности максимально точно расположить генераторно-измерительный комплекс на местности;
3. Удаленность от населенных пунктов и промышленных объектов для уменьшения уровня электромагнитных помех;
4. Плоская поверхность площадью 500 м<sup>2</sup>.



**Рисунок 2 – Схема определения холловской проводимости в ЗС.**

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 17-05-00083 А*

#### **Литература:**

1. Гинзбург В. Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. Москва. Наука. 1967. 685 с.
2. Кучис Е. В. Гальваномагнитные эффекты и методы их исследования. Москва. Радио и связь. 1990. 264 с.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. Москва. Наука. 1982. 621 с.
4. Могилатов В. С. О влиянии геомагнитного поля на процесс установления токов в земле. Геофизика. 2013. №4. С. 70-75.
5. Плоткин В. В., Могилатов В. С., Потапов В. В. Модификации метода Треффца для оценки вклада эффекта Холла при магнитотеллурическом зондировании. Геология и геофизика. 2018. Т. 59.
6. Библиотека сибирского краеведения <http://bsk.nios.ru>
7. Подробные онлайн карты России <http://mapsrf.ru>
8. Тезисы доклада по отчёту Барабинской геофизической экспедиции за 1948 г. по теме: «Геофизические исследования в центральной части Западно-Сибирской низменности». Новосибирск. 1948.
9. Рецензия на работу А. П. Булмасова – «Геофизические исследования в центральной части Западно-Сибирской низменности» (Отчёт Барабинской геофизической экспедиции за 1948 г.). Новосибирск. 1949.
10. Годовой геологический отчёт по Татарской буровой партии за 1951 г. Татарск. 1952.
11. Измеритель «Цикл-7» <http://tsikl-geo.com/ru/components/receiver-tsikl-7/>
12. Телеметрическая аппаратура «FastSnap» для малоглубинных электромагнитных зондирований <http://www.sibgeosystems.ru/hardware/FastSnap/>
13. Коммутатор тока «Цикл-T50» <http://tsikl-geo.com/ru/components/transmitters/tsikl-t50/>
14. Phoenix Geophysics Ltd [www.phoenix-geophysics.com](http://www.phoenix-geophysics.com)

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЯ НА  
РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ  
АЗИМУТАЛЬНОГО МИКРОБОКОВОГО КАРОТАЖА В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ**

*Даниловский К.Н.*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия,  
[DanilovskiiKN@ipgg.sbras.ru](mailto:DanilovskiiKN@ipgg.sbras.ru)

Аннотация. В НПП ГА «Луч» и ИНГГ СО РАН (г. Новосибирск) ведется разработка микроимджера УЭС для каротажа в процессе бурения, принцип работы которого основан на методе микробоккового каротажа. Основное применение имиджеров в процессе бурения – определение наклона пересекаемых геологических границ для геонавигации. Важным параметром при интерпретации данных имиджера является глубинность имиджа. По результатам трехмерного численного моделирования анализируется влияние скважинных условий измерения на глубину имиджа, оцениваются погрешности определения наклона границ геоэлектрических слоев.

Ключевые слова: каротаж в процессе бурения, электрический микроимджер, геонавигация, горизонтальные скважины, удельное электрическое сопротивление.

**ESTIMATION OF BOREHOLE CONDITIONS INFLUENCE ON  
AZIMUTHAL MICROLATERAL LWD DATA INTERPRETATION RESULTS**

*Danilovskiy K.N.*

A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia,  
[DanilovskiiKN@ipgg.sbras.ru](mailto:DanilovskiiKN@ipgg.sbras.ru)

Abstract. SPE «Looch» and IPGG SB RAS (Novosibirsk) are developing a new LWD resistivity microimaging tool based on microlateral logging method. The main application of imaging tools while drilling is the determination of geological boundaries relative dips for geosteering. The important parameter for image data interpretation is depth-of-image. Borehole conditions influence on depth-of-image is analyzed using 3D numerical forward modelling data; relative dip determination errors are estimated.

Key words: logging while drilling, resistivity microimager, geosteering, horizontal wells, resistivity.

В последние десятилетия в мире широкое распространение получает использование приборов азимутального каротажа, так называемых имиджеров, при исследовании нефтегазовых скважин, в том числе в процессе бурения [1-2]. Каротажные данные, полученные в ходе обработки измерений таких приборов традиционно представляются в виде двумерных диаграмм, где по оси абсцисс отложено значение азимута, по оси ординат – глубина по скважине, а цветом отображается значение измеряемой характеристики.

В процессе бурения наклонных и субгоризонтальных скважин каротажный прибор может смещаться относительно оси скважины и лежать на ее стенке. При этом традиционные методики интерпретации не учитывают влияние эксцентриситета прибора на измерения имиджеров удельного электрического сопротивления (УЭС). Поскольку основное применение имиджеров в процессе бурения – это определение относительного наклона пересекаемых геологических границ, необходимо оценить влияние эксцентриситета прибора на результаты интерпретации имиджей.

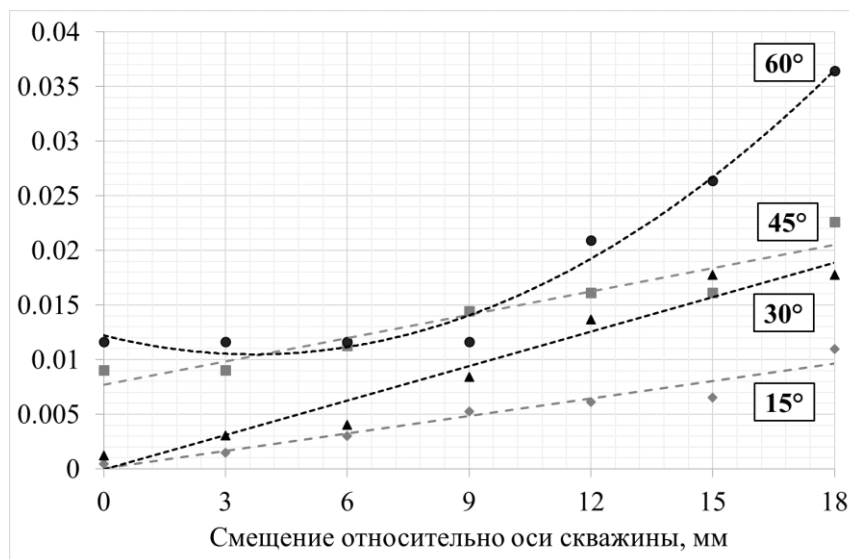
В рамках реализации государственных программ импортозамещения Научно-производственным предприятием геофизической аппаратуры «Луч» (НПП ГА «Луч», г. Новосибирск) и Институтом нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск) ведется разработка микроимиджера УЭС в комплексе с другими приборами каротажа в процессе бурения [3–10]. Принцип работы разрабатываемого прибора основан на методе микробокового каротажа. В данной работе с использованием разработанного на основе векторного метода конечных элементов программно-алгоритмического обеспечения [11] выполняется численное моделирование сигналов прибора в реалистичных геоэлектрических моделях сред. По результатам численного моделирования и анализа сигналов изучается влияние скважинных условий измерения на диаграммы азимутального микробокового каротажа.

Рассматривается геоэлектрическая модель среды, в которой наклонная скважина пересекает горизонтальную границу двух слоев с разным УЭС. При численном моделировании сигналов прибора принимаются значения УЭС слоев, типичные для терригенных отложений Западной Сибири: 1.0 Ом·м (глинистая покрывка) и 10.0 Ом·м (нефтенасыщенный песчаник).

В результате моделирования получены имиджи кажущегося УЭС для четырех относительных углов наклона скважины  $\theta$ : 15°, 30°, 45°, 60° и семи значений эксцентриситета: 0 мм (на оси скважины), 3 мм, 6 мм, 9 мм, 12 мм, 15 мм и 18 мм. Для корректного анализа рассчитанных сигналов микроимиджера разработан алгоритм автоматического подбора синусоидального отклика от границы геоэлектрических слоев, исключающий субъективность ручного выбора.

В [12] отмечается важность «глубинности имиджа» при интерпретации данных азимутальных приборов, когда по имиджу восстанавливают углы наклона пересекаемых границ геоэлектрических слоев. Глубинность имиджа показывает расстояние от стенки скважины до границы приближающегося слоя в точке, где имиджер начинает впервые его «чувствовать». Так, абсолютная ошибка выбора глубинности имиджа в 0.010 м приводит к погрешности определения угла наклона границы до 3 градусов.

Следовательно, для анализа влияния эксцентриситета на результаты интерпретации имиджей целесообразно по амплитуде подобранной синусоиды для каждой из моделей рассчитать глубинность имиджа (рис. 1). Результаты моделирования показывают, что глубинность имиджа зависит от эксцентриситета прибора, при этом для относительных углов менее 45 градусов такая зависимость может быть аппроксимирована линейной. При относительном наклоне 60 градусов зависимость глубины имиджа от эксцентриситета явно нелинейна. Прирост глубины имиджа в таком случае может достигать 0.025 м, что соответствует погрешности определения относительного угла в 6 градусов.



**Рисунок 1 – Глубинность имиджа в зависимости от эксцентриситета прибора для разных относительных углов пересечения границы**

Таким образом, по результатам численного моделирования для типичных значений диаметров скважины и прибора в реалистичных геоэлектрических моделях установлено наличие и количественно оценено влияние эксцентриситета прибора на результаты интерпретации данных азимутального микробокового каротажа.

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор РАН Глинских В.Н.

#### Литература:

1. Bonner S., Bagersh A., Clark B., et al. (1994): A new generation of electrode resistivity measurements for formation evaluation while drilling. SPWLA 35th Annual Logging Symposium. Tulsa, Oklahoma, Paper OO.
2. Ortenzi L., Dubourg I., Os R., et al. (2011): New azimuthal resistivity and high-resolution imager facilitates formation evaluation and well placement if horizontal slim boreholes. SPWLA 52nd Annual Logging Symposium. Colorado Springs, USA, Paper LLL.
3. Глинских В.Н., Никитенко М.Н., Даниловский К.Н., Еремин В.Н., Москаев И.А. Телеметрические системы каротажа: программно-методическое обеспечение в процессе бурения наклонно-горизонтальных скважин. Neftegaz.RU. 2017. № 10. С. 42–49.
4. Глинских, В.Н., Никитенко, М.Н., Эпов, М.И., Еремин, В.Н. (2017): Алгоритмы и программное обеспечение для геонавигации по данным электромагнитного каротажа в процессе бурения. 2-я научно-практическая конференция EAGE «Горизонтальные скважины 2017: Проблемы и перспективы», 3G05.
5. Еремин В. Н., Волканин Ю. М., Тарасов А. В. Аппаратурно-методическое обеспечение электромагнитного каротажа в процессе бурения. Каротажник. 2013. №226. С. 62–69.
6. Каюров К. Н., Еремин В. Н., Эпов М. И. и др. Аппаратура и интерпретационная база электромагнитного каротажа в процессе бурения. Нефтяное хозяйство. 2014. №12. С. 112–115.
7. Эпов, М.И., Глинских, В.Н., Сухорукова, К.В., Никитенко, М.Н., Еремин, В.Н. Численное моделирование и инверсия данных электромагнитного каротажа в процессе бурения и шаблонирования нефтегазовых скважин. Геология и геофизика. 2015. №56(8). С. 1520–1529.
8. Эпов, М.И., Никитенко, М.Н., Глинских, В.Н., Еремин, В.Н. Изучение электрической макроанизотропии интервалов наклонно-горизонтальных скважин по данным высокочастотного индукционного каротажа в процессе бурения. Каротажник. 2016. №269. С. 94–109.
9. Эпов М. И., Никитенко М. Н., Глинских В. Н., Сухорукова К. В. Численное моделирование и анализ сигналов электромагнитного каротажа в процессе бурения. Каротажник. 2016. №245. С. 29–42.
10. Nikitenko M. N., Erov M. I., Glinskikh V. N., Suhorukova K. V., Eremin V. N. (2014): Development of LWD High-frequency Resistivity Tool. 6th EAGE Saint Petersburg International Conference & Exhibition «Geosciences – Investing in the Future». Saint Petersburg, Russia, ThD05.
11. Danilovskiy K., Glinskikh V., Nechaev O. (2018): 3D modelling of the new resistivity microimaging tool signals for logging while drilling. 80th EAGE Conference & Exhibition. Copenhagen, Denmark, Tu SP2 01.
12. Bittar M., Chemali R., Morys M., et al. (2008): The “Depth-of-Electrical Image” a key parameter in accurate dip computation and geosteering. SPWLA 55th Annual Logging Symposium. Edinburgh.



**ПЕРСПЕКТИВЫ МИНЕРАЛЬНОЙ ТЕРМОМЕТРИИ НА БАЗЕ МЕЛИЛИТОВЫХ  
ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ: НА ПРИМЕРЕ МРАМОРОВ КОЧУМДЕКСКОГО  
КОНТАКТОВОГО ОРЕОЛА (В. СИБИРЬ)**

*Девятярова А.С.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[devyatiyarova@igm.nsc.ru](mailto:devyatiyarova@igm.nsc.ru)

Аннотация. Детально охарактеризованы мелилитовые твердые растворы  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ - $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ - $\text{Ca}_2\text{FeSi}_2\text{O}_7$ - $\text{CaNaAlSi}_2\text{O}_7$  из высокотемпературных мраморов контактового ореола на р. Кочумдек. В ходе комплексных исследований с применением широкого спектра аналитических методов были определены минеральные ассоциации, особенности морфологии и широкие вариации химического состава мелилитов, а также продемонстрирована перспектива его использования для реконструкции температур контактового метаморфизма.

Ключевые слова: минералы группы мелилита, контактовый метаморфизм, спуррит-мервинитовая фация.

**APPLICATION OF MELILITE CHEMISTRY TO MINERAL THERMOMETRY: A  
CASE STUDY FROM THE KOCHUMDEK RIVER MARBLES (EAST SIBERIA)**

*Devyatiyarova A.S.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia,

[devyatiyarova@igm.nsc.ru](mailto:devyatiyarova@igm.nsc.ru)

Abstract. The composition of melilite solid solutions  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ - $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ - $\text{Ca}_2\text{FeSi}_2\text{O}_7$ - $\text{CaNaAlSi}_2\text{O}_7$  has been studied for the high-temperature marbles from the Kochumdek river contact aureole (East Siberia). Morphology, chemistry and crystal zonality as well as mineral assemblages have been characterized. The application of melilite for the reconstruction temperatures of contact metamorphism has been demonstrated.

Key words: melilite group minerals, contact metamorphism, spurrite-merwinite facies.

Оценки температур метаморфизма карбонатных пород обычно выполняются для крайних членов серий твердых растворов [1-2], однако учет конкретных составов минералов позволит существенно повысить точность температурных реконструкций [3-4].

Спурритовые мраморы зонального ореола на р. Кочумдек (правый приток р. Подкаменной Тунгуски) приурочены к верхнему контакту траппового тела Кузьмовского комплекса (Т<sub>1</sub>) с мергелисто-карбонатными осадками кочумдекской свиты (S<sub>1</sub>к<sub>с</sub>) [1, 5]. Они содержат ряд индикаторных Са-Мг силикатов, для которых характерен ограниченный изоморфизм  $\text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ : монтичеллит –  $\text{Ca}_{1.0}(\text{Mg}_{0.59-0.82}\text{Fe}_{0.12-0.26}\text{Mn}_{0.03-0.07})[\text{Si}_{1.0}\text{O}_4]$ , мервинит –  $\text{Ca}_{3.0}(\text{Mg}_{0.77-0.95}\text{Fe}_{0.05-0.21}\text{Mn}_{0.00-0.04})[\text{Si}_{2.0}\text{O}_8]$ , бредигит –  $\text{Ca}_{7.0}(\text{Mg}_{0.82-0.85}\text{Fe}_{0.09-0.11}\text{Mn}_{0.02-0.04})[\text{Si}_{1.0}\text{O}_4]_4$ . Наиболее широкие вариации состава присущи минералам группы

мелилита, которые являются породообразующими во всех парагенезисах. Ранее для членов серии геленит ( $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ ) – акерманит ( $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ ) было экспериментально определено положение кривых фазовых превращений [2-4]. Цель данной работы – охарактеризовать морфологические особенности и вариативность химического состава мелилитов из контактового ореола на р. Кочумдек и оценить их потенциальную перспективность для целей минеральной термометрии.

Спурритовые мраморы возникли по осадкам одного карбонато-мергелистого горизонта, обладают полосчатой текстурой с чередованием силикатных и кальцитовых прослоев, заданной первичной неоднородностью осадка. Различия химического состава отдельных образцов определяет соотношение между карбонатным и силикатным материалом протолита (в мас. %):  $\text{CaO} = 50.72 - 53.67$ ;  $\text{SiO}_2 = 7.62 - 21.18$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 2.45 - 6.51$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}} = 1.81 - 3.45$ ;  $\text{MgO} = 1.17 - 2.63$ . Величина ППП составляет  $12.23 - 32.28$  мас. %, преобладает  $\text{CO}_2$ . Содержание  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$  до 0.20 мас. %.

Анализ минеральных ассоциаций позволяет выделить 3 температурные зоны [1-4, 6]:

I. Спуррит-мервинит-монтichelлит-геленитовый ( $\text{Gehl}_{40-77}$ ) мрамор с перовскитом и пирротинном ( $\pm$  ранкинит, бредигит, куспидин,  $(\text{Zn,Fe})\text{S}_{\text{hex}}$ ) ( $T \sim 800-900^\circ\text{C}$ ).

II. Спуррит-мелилит-монтichelлитовый мрамор с перовскитом ( $T \sim 700-800^\circ\text{C}$ ).

III. Тиллеит-волластонитовый мрамор с мелилитом ( $\text{Gehl}_{<44}$ ) ( $T \sim 600-700^\circ\text{C}$ ).

Мелилит ( $(\text{Ca,Na})_2(\text{Al,Mg,Fe}^{2+})[(\text{Si,Al})_2\text{O}_7]$ ,  $P42_1m$ ) является сквозным минералом кочумдекских мраморов. Его количество варьирует от 8 до 37 %. Мелилит главным образом сосредоточен в центральных частях силикатных прослоев. В ассоциации со спурритом, мервинитом и, реже, монтichelлитом он обычно образует призматические кристаллы (до 0.5 мм) с многочисленными включениями сульфидов, перовскита, кальцита и, реже, спуррита. В кальцитовых прослоях минерал редок, обычно образует мелкие округлые зерна (до 50 мкм), кристаллы (до 75 мкм) единичны.

В ореоле мощностью 5 м составы мелилитов резко изменяются (мас. %):  $\text{SiO}_2 = 23.11 - 41.42$ ;  $\text{CaO} = 27.13 - 40.58$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 4.77 - 30.36$ ;  $\text{FeO} = 0.42 - 4.5$ ;  $\text{MgO} = 2.12 - 9.68$ ;  $\text{Na}_2\text{O} = 0.20 - 2.86$ ;  $\text{K}_2\text{O} = 0.03 - 0.85$ . Мелилиты из тиллеит-волластонитовой зоны обогащены акерманитовым (Mg), ферро-акерманитовым (Fe) и натровым миналами ( $\text{Gehl}_{9.77-43.62}\text{Ak}_{28.01-67.70}\text{Fe-Ak}_{2.17-31.46}\text{Na-Mel}_{9.11-39.75}$ ,  $n=109$ ) и обладают прогрессивной зональностью. От центра к краю растет содержание геленитового и акерманитового миналов (ядра –  $\text{Gehl}_{9-41}\text{Ak}_{37-65}\text{Fe-Ak}_{4-26}\text{Na-Mel}_{9-16}$ ; каймы –  $\text{Gehl}_{24-40}\text{Ak}_{37-48}\text{Fe-Ak}_{3-23}\text{Na-Mel}_{9-13}$ ). В ассоциациях с мервинитом состав мелилита предельно упрощается, доля геленитового (Ca-Al) минала достигает 80 % ( $\text{Gehl}_{40.61-77.41}\text{Ak}_{15.54-36.70}\text{Fe-Ak}_{0.36-24.52}\text{Na-Mel}_{0.00-11.26}$ ,  $n=152$ ) (Рис. 1), а зональность становится регрессивной (ядра –  $\text{Gehl}_{66-77}\text{Ak}_{16-24}\text{Fe-Ak}_{1-19}\text{Na-Mel}_{0-11}$ ; каймы –  $\text{Gehl}_{41-71}\text{Ak}_{17-37}\text{Fe-Ak}_{0-25}\text{Na-Mel}_{2-10}$ ). Следовательно, высокотемпературный мелилит продолжал расти и на ретроградном этапе.

Таким образом, на примере мелилитов из полизонального Кочумдекского ореола было установлено, что рост температуры влечет за собой постепенное упрощение их состава, рост доли геленитового минала от 10 мол.% до 80 мол.% и снижение доли Na-мелилита с 35 мол.% до 0 мол.% (рис. 1). В высокотемпературных парагенезисах Mg и Fe перераспределяются в самостоятельные фазы – монтichelлит, мервинит и бредигит, а Na входит в спуррит ( $\text{Na}_2\text{O}$  до 0.50 мас. %). Определение состава мелилита позволяет сузить температурный интервала начала ретроградных преобразований высокотемпературных зон мраморов. Снизу он ограничен реакцией Мервинит + Кальцит  $\rightarrow$  Спуррит + Монтichelлит ( $T_{\text{min}} = 820^\circ\text{C}$  для  $P_{\text{CO}_2} = 0.2$   $P_{\text{общ.}}$ ), а сверху – кривой устойчивости ассоциации

Мервинит + Мелилит ( $Gehl_{80}$ ) ( $T_{\min} = 880^{\circ}\text{C}$  для  $P_{\text{CO}_2} = 0.2 P_{\text{общ}}$ ) [2]. В свою очередь, при известных  $P_{\text{общ}} = 200$  бар и  $T \geq 900^{\circ}\text{C}$  кривая равновесия Акерманит + Кальцит  $\rightarrow$  Мервинит позволяет оценить долю  $P_{\text{CO}_2} \sim 0.5P_{\text{общ}}$  [3-4].

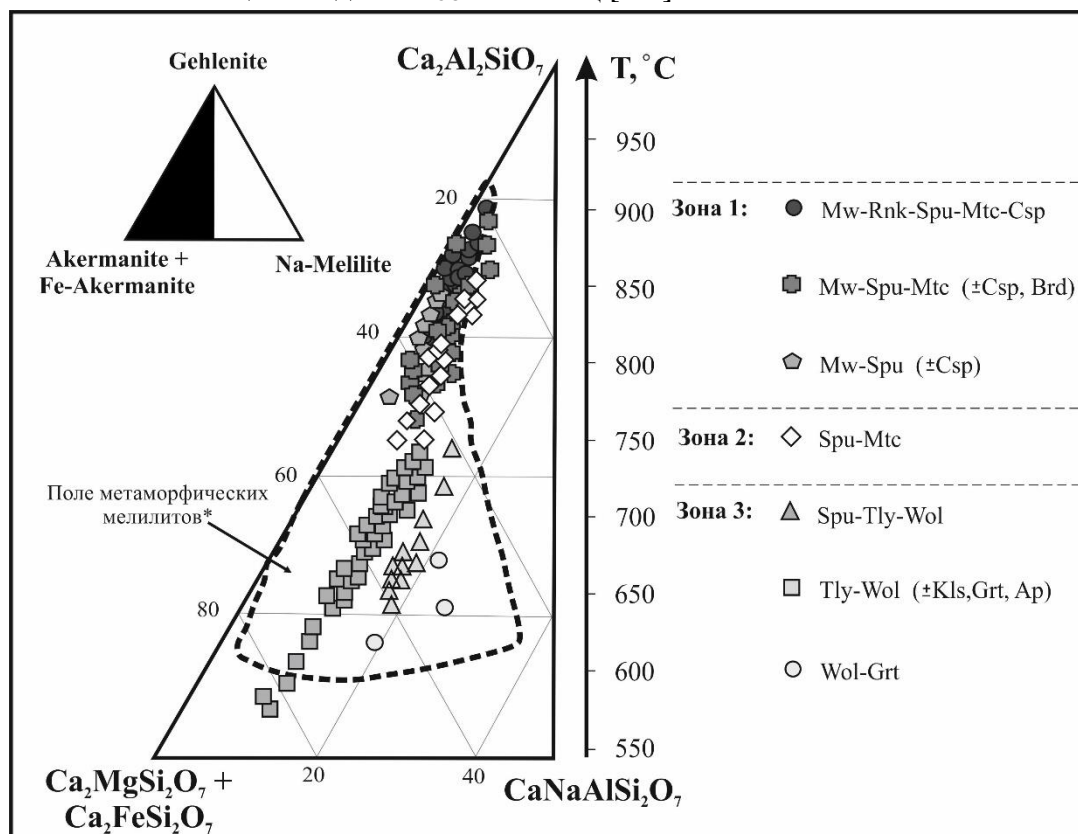


Рисунок 1 – Составы мелилитов из мраморов контактового ореола р. Кочумдек. Поле метаморфических мелилитов по данным [7].

Ap – апатит, Brd – бредигит, Csp – куспидин, Grt –гранат, Kls – кальсилит, Mtc – монтичеллит, Mw – мервинит, Rnk – ранкинит, Spu – спуррит, Tly – тиллент, Wol – волластонит.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0330-2016-0004.

#### Литература:

1. Ревердатто В.В. Фации контактового метаморфизма. Москва. Недра. 1970. 271 с.
2. Перцев Н.Н. Высокотемпературный метаморфизм и метасоматоз карбонатных пород. Москва. Наука. 1977. 256 с.
3. Tracy R.J., Frost B.R. Phase equilibria and thermobarometry of calcareous, ultramafic and mafic rocks, and iron formations. Contact metamorphism. Kerrick D.M. (ed). Reviews in Mineralogy. 1991. V. 26. P. 207–280.
4. Grapes R. Pyrometamorphism, 2<sup>nd</sup> edn. Berlin. Springer. 2011. 365 p.
5. Девятярова А.С. Мервинит из высокотемпературных мраморов контактового ореола на р. Кочумдек. Вопросы Естествознания. 2018. №1 (15). С. 70–77.
6. Heinrich W., Churakov S.S., Gottschalk M. Mineral-fluid equilibria in the system CaO–MgO–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O–CO<sub>2</sub>–NaCl and the record of reactive fluid flow in contact metamorphic aureoles. Contributions to Mineralogy and Petrology. 2004. V. 148. P. 131–149.
7. Melluso L., Conticelli S., D’Antonio M., P. Mircono N., Sacconi E. Petrology and mineralogy of wollastonite- and melilite-bearing paravas from Central Apennines, Italy. American Mineralogist. 2003. V.88. P. 1287–1299.

**ГЕОХИМИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД И ВОДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ХОДЖА-ОБИ-ГАРМ**

*Демонова А.Ю.<sup>1</sup>, Брагин И.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный университет им М.В. Ломоносова, Москва, Россия

[danna1985@yandex.ru](mailto:danna1985@yandex.ru)

<sup>2</sup>Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия

Аннотация. В данной статье приведены данные комплексных исследований термальных вод и водовмещающих пород месторождения Ходжа-Оби-Гарм (Памиро-Алайская горная система, республика Таджикистан). При применении новейшего аналитического оборудования для данного района были проведены исследования минеральных вод и исследования минералогического и химического состава горных пород. Проведенные исследования позволили выявить основные факторы формирования геохимического облика минеральных вод месторождения в системе вода-порода.

Ключевые слова: термальные воды, гидрогеохимия, микрокомпоненты, Таджикистан

**GEOCHEMISTRY OF THERMAL WATERS AND WATER-BEARING ROCKS OF  
THE MINERAL WATERS FIELD OF KHODJA-OBI-GARM**

*Demonova A.Y.<sup>1</sup>, Bragin I.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, [danna1985@yandex.ru](mailto:danna1985@yandex.ru)

<sup>2</sup>Far Eastern Geological Institute of Far East Division of Russian Academy of Sciences,  
Vladivostok, Russia

Abstract. In the given article the data of complex researches of thermal waters and water-bearing rocks of the Khodja-Obi-Garm field (Pamir-Alay mountain system, Tajikistan) are presented. When applying the latest analytical equipment for the area, mineral water studies and mineralogical and chemical rock composition studies were carried out. The carried out researches have allowed to reveal the basic factors of formation of a geochemical image of mineral waters of a field in system water-rock.

Key words: thermal waters, hydrogeochemistry, microcomponents, Tajikistan

Азотные термы привлекают внимание многих ученых всего мира в течение нескольких десятилетий, но вопросы, касающиеся их генезиса и формирования состава подземных вод, остаются до сих пор дискуссионными [1,3].

Уникальный бальнеоклиматический курорт Ходжи-Оби-Гарм расположен в 48 км к северу от г. Душанбе. Курорт находится в центральной части южного склона Гиссарского хребта (Памиро-Алайская горная система), в ущелье реки Ходжа-Обигарм, на высоте от 1740 до 1960 метров [1,2,6].

В геологическом строении принимают участие, в основном, интрузивные породы, представленные гранитами, гранодиоритами, гранит-порфирами среднего и нижнего карбона. Интрузии перекрыты чехлом четвертичных отложений. В юго-западной части района палеозойские образования перекрыты нижнемеловыми осадками, представленные песчаниками и глинами [2,5].

Гидрогеологические условия месторождения минеральных вод Ходжа-Оби-Гарм чрезвычайно сложные. По условиям залегания и циркуляции выделяется один тип подземных вод – трещино-жильные азотные термальные воды, которые приурочены к мощной зоне дробления гранитов, связанной с Ходжа-Оби-Гармским разломом. Водообильность трещиноватых гранитов на площади месторождения распределяется неравномерно. Расходы источников - от 0,01 до 5,00 л/сек., источники с максимальным дебитом приурочены к зоне разлома [4,6].

Последние целенаправленные исследования химического состава термальных вод месторождения Ходжа-Оби-Гарм проводились более полувека назад (в 60-х годах). В 2015-2017 гг. в ходе полевых маршрутов были отобраны пробы минеральных вод и водовмещающих пород. Дополнительно было исследовано геологическое и гидрогеологическое строение района работ. После чего был выполнен химический анализ термальных вод на 52 элемента, а также минералогический и химический состав водовмещающих пород на новейшем аналитическом оборудовании.

Основные катионы и анионы подземных вод определялись методом жидкостной ионной хроматографии (HPLC-10 AVp, SHIMADZU). Концентрации микрокомпонентов и рассеянных элементов измерялись с использованием плазменно-оптической эмиссионной спектроскопии (ICP-AES, Plasmaquant-110) и индуктивной плазменной масс-спектрометрии (ICP-MS, Agilent 7500c).

Определение содержания главных элементов в образцах горных пород было выполнено методом атомно-эмиссионной спектроскопии на спектрометре iCAP 7600 Duo (Thermo Scientific, США) и методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Agilent 7500 c (Agilent Techn., США).

По химическому составу минеральные воды месторождения Ходжа-Оби-Гарм относятся к хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатным натриево-кремнистым. Характерной чертой термальных вод является их высокая температура (89,5-93°C) и высокая щелочность 8,98-9,18, к тому же низкая общая минерализация 300-400 мг/л. Практически во всех скважинах среди анионов преобладает  $\text{HCO}_3^-$  ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ион, в некоторых скважинах  $\text{SO}_4^{2-}$ . Основным катионом является  $\text{Na}^+$  (до 100 мг/л), в то время как содержания  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{K}^+$  низки. Концентрация радона составляет 22 нКи/л (814 Бк/л). Кроме карбонатных ионов ( $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ ) присутствуют хлор (до 55 мг/л) и сульфат-ион (до 40 мг/л). Борная кислота ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) – 6 мг/л. Исследуемые термы богаты фтором, концентрации которого достигают 18 мг/л. Отношение Cl/F составляет 3,18. Содержанием кремнекислоты от 85,6 до 147 мг/л, в среднем составляет 140 мг/л. Содержание углекислоты свободной ( $\text{CO}_2$ ) варьирует от 2 до 6 мг/л, а сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) порядка 3,54 мг/л.

По микрокомпонентному составу среди сидерофильной группы элементов значимые концентрации в водах имеют только железо (68,8-139,6 мкг/л), марганец (1,18-7,04 мкг/л), кобальт (0,013-0,039 мкг/л), никель (0,07-0,44 мкг/л). Среди халькофильных элементов особого внимания заслуживают такие элементы как медь (0,4-2,2 мкг/л), цинк (0,8-2,3 мкг/л), галлий (3,9-7,2 мкг/л), мышьяк (4,6-5,34 мкг/л), селен (0,04-0,199 мкг/л), серебро

(0,002-0,068 мкг/л), кадмий (0,029-0,047 мкг/л) и свинец (0,12-5,49 мкг/л). Среди литофильных элементов очень высокие концентрации обнаружены для лития (0,9–1,03 мг/л), рубидия (107,3–122,6 мкг/л), стронция (151,7–169,2 мкг/л), цезия (204–231 мкг/л) и алюминия (0,48–126,5 мкг/л). Концентрации марганца (1,18–7,04 мкг/л), а ванадия, хрома и бария очень низкие и не превышают единичных значений в мкг/л. Содержание бора составляет 0,31–0,34 мг/л. Соотношение В/С1 составляет всего 0,006. Соотношение С1/Вг равно 257 и очень близко по значению к морским водам (293). Соотношение Li:Rb:Cs составляет 100:12:23 [5].

Геохимический облик водовмещающих пород территории, в пределах которой формируются ресурсы терм, несомненно, оказывает влияние на их химический облик.

Водовмещающие породы представлены щелочнополевошпатовыми гранитами, плагиогранитами и гранодиоритами. Определения валового состава пород выявило обогащение их рубидием (116-159 мг/кг), стронцием (150-280 мг/кг), цирконием (134-330 мг/кг) и барием (511-1378 мг/кг). Кроме того, выявлены повышенные содержания Th (до 92 мг/кг) и U (до 20 мг/кг). Химический состав основных породообразующих минералов, выполненный на микрозонде, показал, что породообразующие минералы представлены в основном кварцем, КПШ и рядом плагиоклазов (от альбита до анортита); среди аксессуарных минералов часто встречаются циркон, апатит, карбонаты редкоземельных элементов; метаморфизм пород выражен в хлоритизации, карбонатизации и эпидотизации по альбиту и КПШ. Источником водного фтора, по-видимому являются апатит и сфен, содержащих первые проценты этого элемента.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что термальные воды Ходжа-Оби-Гарм по химическому составу формировались в основном в процессе растворения и выщелачивания горных пород.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-05-00445*

#### **Литература:**

1. HYPERLINK "http://www.Барабанов Л.Н., Дислер В.Н. Азотные термы СССР/ Отв. Ред. Д.Г.-м.н. В.В.Иванов. Москва, издательство: «Геоминвод ЦНИИ КиФ». 1968. 120 с.
2. Баратов Р.Б. Геология и петрография района термальных источников Ходжа-Оби-Гарм. Отчет Ходжа-Оби-Гармской геологической партии по работам 1946 г. Душанбе. 1946.
3. Брагин И. В., Челноков Г. А., Чудаев О. В., Харитоновна Н. А. Особенности взаимодействия вода-порода при формировании месторождений термальных вод Сихотэ-Алиня: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». Владивосток. 2015. С. 96 – 100.
4. Воронкова Н.А., Сводный научно-технический отчет по гидрогеологическим работам на месторождении термальных вод Ходжа-Оби-Гарм за 1954-57 гг. Сталинабад. 1957.
5. Демонова А.Ю., Харитоновна Н.А., Корзун А.В., Сардорев А.И., Челноков Г.А. Химический состав азотных термальных вод бальнеоклиматического курорта Ходжа-Оби-Гарм (Таджикистан). Вестник Московского университета. Сер.4. Геология. 2017. № 5. С. 77 – 84.
6. Шапар А.А. и Туев В.Г. Результаты разведочных гидрогеологических. их работ на месторождении термальных вод Ходжа-Оби-Гарм. (Отчет Ходжа-Оби-Гармской партии за 1963-67 гг.). Душанбе. 1967 г.

## МАССИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОТОКООТКЛОНЯЮЩИМИ СОСТАВАМИ. ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Демяненко Н.А.<sup>1</sup>, Хорюшин В.Ю.<sup>2</sup>, Колова Т.А.<sup>2</sup>, Мазитов Р.Ф.<sup>2</sup>, Халин В.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, г. Гомель, Беларусь, [HoryushinVY@tmn.lukoil.com](mailto:HoryushinVY@tmn.lukoil.com)

<sup>2</sup>Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, г. Тюмень, Российская Федерация

Аннотация. В результате снижения технологической эффективности химических методов ПНП существует необходимость в поиске новых подходов к данному виду увеличения нефтеотдачи пластов. Ранее был проработан и реализован проект массивированной закачки потокоотклоняющих составов в нагнетательные скважины на объекте АВ<sub>1-2</sub> Кечимовского месторождения, который показал высокую эффективность. Учитывая полученный опыт, метод массивированных обработок предлагается опробовать на объекте БС<sub>12</sub> Тевлинско-Русскинского месторождения в связи с необходимостью увеличения эффективности потокоотклоняющих технологий и улучшения выработки залежи.

Ключевые слова. Химические методы увеличения нефтеотдачи (ХМУН), массивированная закачка потокоотклоняющих составов, выравнивание профиля приёмистости

## MASSIVE STIMULATION BY DEFLECTION COMPOSITIONS. EXPERIENCE AND POSSIBILITY

*Demyanenko N.A.<sup>1</sup>, Horyushin V.Y.<sup>2</sup>, Kolova T.A.<sup>2</sup>, Mazitov R.F.<sup>2</sup>, Halin V.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>P.O.Sukhoy State Technical University, Gomel, Belarus, [HoryushinVY@tmn.lukoil.com](mailto:HoryushinVY@tmn.lukoil.com)

<sup>2</sup>"KogalymNIPIneft", the branch of LLC "LUKOIL-Engineering" in the city of Tyumen, Tyumen, Russia

Abstract. As a result of a decrease in the technological efficiency of the chemical methods EOR, there is a need to search for new approaches. Previously, a project was developed and implemented for the massive injection of deflection compositions into injection wells at the layer AV<sub>1-2</sub> of the Kechimovskoye field, which showed high efficiency. The experience gained, the method of massed treatments, is suggested to be tested on the layers BS<sub>12</sub> of Tevlinsko-Russkinskoe field because is necessary to improve the efficiency of deflection technologies and improve the productivity reserves.

Key words. Chemical methods of enhance oil recovery (CM EOR), massive injection of deflection compositions, conformance control

В последние 15-20 лет основные месторождения нефти, практически, всех нефтегазодобывающих компаний вступили на завершающую стадию разработки, которая характеризуется высокой степенью обводнения добываемой продукции (85 – 95 % и более).

При этом, достигнутые коэффициенты извлечения нефти (КИН) составляют от 40 до 70 % от проектных. Достижение проектных КИН возможно только в результате широкого внедрения технологий повышения нефтеотдачи пластов (ПНП).

В последние годы наиболее распространёнными технологиями является закачка полимерных и эмульсионных систем [1, 2]. Они позволяют создавать потокоотклоняющие «экраны» в промытых зонах пластов и перераспределять фильтрационные потоки в направлении низкопроницаемых невыработанных нефтенасыщенных зон.

В ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» подобные мероприятия получили широкое применение. Однако порядкового номера операций, проводимых по одним и тем же стандартным технологиям, снижа их эффективность. В частности, по месторождениям ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» показатель удельной дополнительной добычи нефти (на 1 скважино-операцию) с 2012 по 2017 г. снизился с 1093 до 716 тонн, т. е. в 1,53 раза.

В связи с этим для увеличения удельной эффективности химических методов ПНП предложено опробовать массивированные закачки потокоотклоняющих составов (ПОС). Такой проект был разработан и реализован на объекте АВ<sub>1-2</sub> Кечимовского месторождения в 2016-2017 гг. [3]

Сущность метода заключается в массивированной и единовременной закачке ПОС во все нагнетательные скважины, участвующие в вытеснении нефти в пределах каждой из выделенных лито-фациальных зон пласта. По результатам массивированной обработки участков оценивали реакцию добывающего фонда на воздействие (снижение/стабилизация обводнённости продукции скважины, а также снижение темпов ее роста). Определили доминирующие геологические и технологические факторы, влияющие на реакцию добывающего фонда скважин, провели зональную поскважинную корректировку типов потокоотклоняющих композиций, их объемов и режимов нагнетания для каждой лито-фациальной зоны и предложили повторное выполнение массивированной закачки ПОС, причем процесс предложено повторять циклически с периодом равным периоду действия эффекта от каждой массивированной обработки.

Объект АВ<sub>1-2</sub> Кечимовского месторождения состоит из пласта АВ<sub>1/3</sub> и АВ<sub>2</sub>, фильтрационно-емкостные (ФЕС) свойства которых значительно отличаются друг от друга. Пласт АВ<sub>1/3</sub> – низкопроницаемый, пласт АВ<sub>2</sub> – высокопроницаемый.

По результатам литофациального анализа пласт АВ<sub>1/3</sub> формировался в мелководно морских условиях трансгрессивного режима осадконакопления. Пласт АВ<sub>2</sub> представлен континентальными и переходными осадкообразованиями, которые характеризуется высокой литологической неоднородностью. В составе континентальных отложений пласта АВ<sub>2</sub> выделены два основных литотипа разреза. Первый литотип – русловые отложения, второй литотип – прирусловые отложения (пойменные). В результате гидродинамического моделирования выявлено отставание выработки нефти по прирусловой части пласта АВ<sub>2</sub>. Именно по этой причине массивированному воздействию потокоотклоняющими технологиями подверглись отложения пласта АВ<sub>2</sub>.

Следует отметить, что удельная эффективность единичных обработок нагнетательных скважин ПОС по данному объекту с 2013 по 2015 год снизилась с 870 до 576 тонн/скв.-опер., соответственно. Внедрение массивированного воздействия на пласт позволило переломить эту тенденцию и сохранить эффективность работ в течение 2016-2017 г. г. на уровне 550-570 т/скв.-опер. при увеличении количества обработок с 37 до 69 (+155 %). Данный факт доказывает преимущество массивированного воздействия ХМ ПНП над единичными обработками нагнетательных скважин.



Учитывая опыт и геолого-геофизические особенности объекта АВ<sub>2</sub> Кечимовского месторождения, были подобраны объекты с аналогичными сложностями разработки на других месторождениях. В частности, рассмотрен объект БС<sub>12</sub> Тевлинско-Русскинского месторождения. В состав горизонта БС<sub>12</sub> входят два продуктивных гидродинамически связанных пласта БС<sub>12</sub><sup>1</sup> и БС<sub>12</sub><sup>2</sup>, в каждом из которых выделено по одной залежи структурно-литологического типа. Разрез отложений представлен переслаиванием песчано-алевритовых разностей и глин. В пределах контура нефтеносности объект БС<sub>12</sub> разделён на 4 участка 1а, 1б, 2 и 3 различающихся внутренним строением горизонта БС<sub>12</sub>. Основной причиной потери добычи нефти на объекте БС<sub>12</sub> является рост обводнённости добываемой продукции. Анализ состояния разработки залежи позволил сделать вывод о неравномерной выработке запасов. При средней обводнённости продукции скважин – 85,3 %, отбор от начальных извлекаемых запасов составляет 73,5 %. Учитывая геологическую неоднородность объекта БС<sub>12</sub>, оценили выработку каждого участка. Наиболее благоприятные показатели выработки соответствуют участку 2. Неудовлетворительные показатели разработки характерны участку 1б.

Анализ прогнозного КИН по характеристикам вытеснения позволил сделать вывод о том, что проектный КИН будет достигнут лишь по участку 2. Участки 1б и 3 являются отстающими по показателю выработки запасов. Отставание от проектных показателей участка 1б связано с неравномерностью продвижения ВНК, а отставание участка 3 связано с прорывом закачиваемой воды. Участок 3 является наиболее перспективным для реализации мероприятий по массивированной закачке потокоотклоняющих составов. С целью уточнения источника опережающего обводнения выделили группу скважин, располагающихся на юге участка 3. Данные скважины принадлежат кустовым площадкам 48 и 51, участок выделяется высокой плотностью запасов (8,0 тыс.т/га) и высокой проницаемостью ( $19,6 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>). Характер выработки запасов нефти в пределах 48 и 51 кустовых площадок значительно ухудшает картину выработки всего участка 3. Значение отборов от НИЗ скважин кустов 48 и 51 ниже, чем по всему участку 3 (65,7 % против 77,2 %). Анализ результатов ПГИ показывает, что фильтрация закачиваемой в пласт жидкости осуществляется по кровельной части пласта в высокопроницаемые зоны, а подошвенная часть остаётся невыработанной.

С учетом всех выше изложенных аргументов, разработана программа по массивированной закачке потокоотклоняющих составов в южную часть участка 3 (район кустов 48 и 51). Закачей ПОС планируется охватить все нагнетательные скважины выделенной фации пород-коллекторов в течение 1-2 месяцев, для создания максимального объёма потокоотклоняющего экрана и максимального перераспределения закачиваемой в пласт воды в нефтенасыщенные низкопроницаемые разности пород коллекторов.

#### Литература:

1. Shandrygin A.N., Lutfullin A. Current Status of Enhanced Recovery Techniques in the Fields of Russia. SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Denver, Colorado, USA. 2008. SPE 115712.
2. Mulyak V.V., Chertentkov M.V., Veremko N.A. Golden Miles in Oil Recovery. SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Moscow, Russia. 2016. SPE 184385.
3. Хорюшин В.Ю. Комплексный подход к реализации методов по выравниванию профиля приёмистости скважин. Опыт массивированного воздействия потокоотклоняющими технологиями на русловые отложения объекта АВ1-2 Кечимовского месторождения / В.Ю. Хорюшин, А.С. Коротенко, Р.Ф. Мазитов, А.В. Бармин // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2017. № 9. С. 86-94.

**ГЕОХИМИЯ ГРАНАТОВ ПЕРИДОТИТОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ  
НЮРБИНСКАЯ (НАКЫНСКОЕ КИМБЕРЛИТОВОЕ ПОЛЕ, ЯКУТИЯ)**

*Денисенко А.А.<sup>1,2</sup>, Рагозин А.Л.<sup>1,2</sup>, Агашев А.М.<sup>1</sup>, Зедгенизов Д.А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия,  
[na95to@mail.ru](mailto:na95to@mail.ru)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Целью данной работы являлось определение геохимических особенностей гранатов перидотитового парагенезиса из ксенолитов из кимберлитовой трубки Нюрбинская (Накынское кимберлитовое поле, Якутская алмазоносная провинция). Минералогические и геохимические исследования гранатов из перидотитов позволили выявить признаки проявления метасоматического обогащения пород: высокотемпературного и низкотемпературного/флогопитового. Низкотемпературный метасоматоз проявлен в виде новообразований флогопита; на высокотемпературный указывают высокие концентрации и характер распределения РЗЭ в гранатах. Установлено, что породы подверглись влиянию как силикатного, так и карбонатного метасоматоза. Среди исследованных образцов было выделено 3 типа распределения РЗЭ в гранатах из ксенолитов перидотитов трубки Нюрбинская.

Ключевые слова: верхняя мантия, перидотит, ксенолит, пироп

**GEOCHEMISTRY OF PERIDOTITE GARNETS FROM THE NYURBINSKAYA  
KIMBERLITE PIPE (NAKYN KIMBERLITE FIELD, YAKUTIA)**

*Denisenko A.A.<sup>1,2</sup>, Ragozin A.L.<sup>1,2</sup>, Agashev A.M.<sup>1</sup>, Zedgenizov D.A.<sup>1,2</sup>*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia, [na95to@mail.ru](mailto:na95to@mail.ru)  
Novosibirsk State university, Novosibirsk, Russia

Abstract. The purpose of this work was to determine the geochemical features of garnets of peridotite paragenesis from xenoliths from the Nyurbinskaya kimberlite pipe (Nakynskoye kimberlite field, Yakutia diamondiferous province). Mineralogical and geochemical studies of garnets from peridotites made it possible to reveal signs of metasomatic enrichment of rocks: high-temperature and low-temperature/phlogopite. Low-temperature metasomatism is manifested in the form of phlogopite neoplasms; to high-temperature indicate the high concentrations and nature of the distribution of REE in garnets. It was found that the rocks were influenced by both silicate and carbonate metasomatism. Among the samples studied, three types of REE distribution in garnets from the peridotite xenoliths of the Nyurbinskaya pipe were identified.

Key words: upper mantle, peridotite, xenolith, pyrope

Кимберлитовая трубка Нюрбинская имеет большое количество ксенолитов перидотитов, сильно подверженных процессам вторичного изменения. Несмотря на это, в

них сохранилось большое количество гранатов и некоторая часть пироксенов, позволяющих изучить геохимию перидотитов данной области и их геологическую историю (влияние метасоматоза и т.д.). Отобранная коллекция, разнообразных по размеру и структурным характеристикам ксенолитов перидотитов из кимберлитовой трубки Нюрбинская, позволила провести исследования образцов мантийных пород ультраосновного состава с широкими вариациями химического состава минералов и различными петрографическими особенностями. С целью определения особенностей распределения редких и рассеянных элементов в рамках работы были изучены мантийные ксенолиты перидотитов различного состава из кимберлитовой трубки Нюрбинская.

Для исследования были отобраны 50 образцов ультраосновных гранат-содержащих ксенолитов из кимберлитовой трубки Нюрбинская. Ксенолиты имеют различный размер, от первых сантиметров до ~20 см. Из первичных минералов в ксенолитах сохранены только гранаты и в редких случаях хромдипсид, остальной объем пород сильно серпентинизирован. Вторичная минерализация включает в себя серпентин, тальк, биотит, сульфиды, карбонаты. Из ксенолитов были извлечены 295 зерен граната, в основном, фиолетового цвета, в качестве индикатора повышенного содержания Cr-компонента. Извлеченные гранаты имеют размер в основном от 0,5 до 3 мм, отдельные зерна достигают 1 см в поперечном сечении. В ксенолитах среди первичных мантийных минералов установлены магнезиохромит, клинопироксен и рутил, который также встречался в виде игольчатых включений в гранатах.

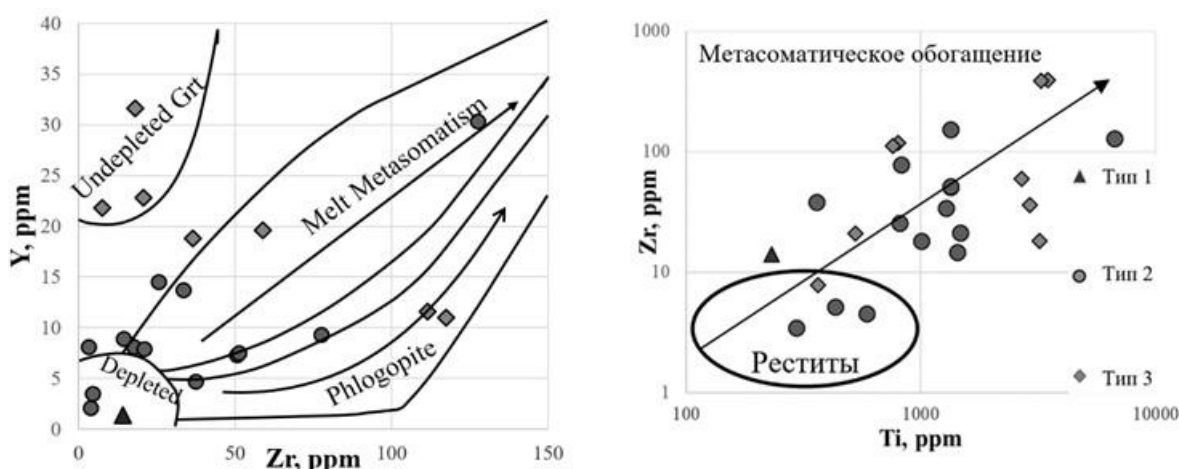


Рисунок 1 - Диаграммы корреляций Y/Zr [1] и Ti/Zr [2] для гранатов из ксенолитов трубки Нюрбинская

Тип 1 – гранаты с ярко выраженным синусоидальным спектром РЗЭ; Тип 2 – гранаты с неярко выраженным синусоидальным спектром; Тип 3 – гранаты с нормальным спектром

Концентрации и корреляции таких элементов, как Zr, Y и Ti (рис. 1) в гранатах могут отображать признаки частичного плавления и метасоматического обогащения [1]. Низкие концентрации данных элементов ( $Zr < 10$ ,  $Y < 15$ ,  $Ti < 1000$  ppm [2]) в гранатах могут указывать на то, что данные образцы представляют собой реститы плавления примитивной мантии и, скорее всего, не подвергались воздействию мантийного метасоматоза. В свою очередь, положительная корреляция Zr и Y относительно Ti, а также обогащение этими элементами гранатов может свидетельствовать об их метасоматическом изменении.

Изучение глубинного ксеногенного материала, вынесенного к поверхности кимберлитами, а также самих пород карбонатит-кимберлитового ряда выявило важную

роль метасоматических процессов в эволюции состава литосферной мантии, кристаллизации алмаза и петрогенезисе кимберлитов и других внутриплитных щелочных магм. Обычно выделяются два основных геохимических типа мантийного метасоматоза — карбонатитовый и силикатный. Карбонатитовый метасоматоз проявлен, прежде всего, в обогащении пород и минералов несовместимыми элементами без значительных изменений модального состава и наиболее часто наблюдается в деплетированных (в том числе алмазоносных) дунит-гарцбургитах средней части мантийного разреза. Силикатный, в свою очередь, приводит к значительному росту модальных содержаний граната и клинопироксена в перидотитах и приурочен к корневым частям литосферы [3], либо к верхним слоям разреза литосферной мантии [4].

Только гранаты из нескольких образцов на представленных диаграммах попадают в деплетированную область. Предполагается, что такое понижение концентраций Y, Zr и Ti в гранатах связано с наличием рутила в ксенолитах. Тем не менее, большинство исследованных гранатов имеют признаки метасоматического обогащения пород, в том числе не только высокотемпературного, но и флогопитового метасоматоза, что подтверждается наличием флогопита в ряде изученных образцов.

#### Литература

1. Griffin W.L., Shee S.R., Ryan C.G., Win T.T., Wyatt B.A. Harzburgite to lherzolite and back again: metasomatic processes in ultramafic xenoliths from the Wesselton kimberlite, Kimberly, South Africa, *Contr. Miner. Petrol.*, 1999, v. 134, p. 232—250.
2. Щукина Е.В., Агашев А.М., Костровицкий С.И., Похиленко Н.П. Метасоматические изменения литосферной мантии в районе кимберлитовой трубки им. В. Гриба, Архангельская алмазоносная провинция. *Геология и геофизика*, 2015, т. 56, № 12, с. 2153—2172
3. Agashev A.M., Ionov D.A., Pokhilenko N.P., Golovin A.V., Cherepanova Yu., Sharygin I.S. Metasomatism in lithospheric mantle roots: Constraints from whole-rock and mineral chemical composition of deformed peridotite xenoliths from kimberlite pipe Udachnaya. *Lithos* 160–161 (2013) 201–215
4. Тычков Н.С., Агашев А.М., Малыгина Е.В., Похиленко Н.П. Термальные возмущения в литосферной мантии на примере Р-Т условий равновесия ксенолитов из трубки Удачная, ДАН, 2014, т. 454, № 3, с. 328—333.

**ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ ГОЛОЦЕНА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА  
ПРОДОЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ РЕЧНЫХ ДОЛИН ЮЖНОГО СКЛОНА  
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА**

*Дмитриченко Н.В., Куропаткина Т.Н.*

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

[nadmitrichenko13@gmail.com](mailto:nadmitrichenko13@gmail.com)

Аннотация. Анализ продольных профилей выполнен по двум водотокам южного склона С-3 Кавказа. В результате сравнения теоретического и топографического профилей определены величины деформаций, которые показали неоднородность и дефференцированность неотектонических и современных тектонических движений.

Ключевые слова: голоцен, тектонические движения, продольный профиль, величина деформаций

**TECTONIC MOVEMENTS OF THE HOLOCENE BASED ON THE ANALYSIS OF  
LONGITUDINAL PROFILES OF RIVER VALLEYS ON THE SOUTHERN SLOPE OF  
THE NORTHWEST CAUCASUS**

*Dmitrichenko N.V., Kuropatkina T.N.*

Kuban state University, Krasnodar, Russia, [nadmitrichenko13@gmail.com](mailto:nadmitrichenko13@gmail.com)

Abstract. The analysis of longitudinal profiles was performed on two watercourses of the southern slope of the Caucasus. As a result of comparison of theoretical and topographic profiles, the deformation values were determined, which showed heterogeneity and differentiation of neotectonic and modern tectonic movements.

Key words: Holocene, tectonic movements, the longitudinal profile, the magnitude of the deformation

Южный склон С-3 Кавказа характеризуется высокой степенью эрозионного расчленения. Известно, что речные русла чутко реагируют на неотектонические движения участка земной поверхности, по которой они протекают. Одним из методов изучения новейших и современных движений служит анализ продольных профилей рек. В данной работе он выполнен на примере щели Левая и щели Правая в районе пос. Бетта курорта Большой Геленджик. Данный методический подход в целях неотектонического анализа используется отечественными исследователями более 50 лет, но для Черноморского побережья Краснодарского края применен впервые.

Сущность методики заключается в сравнении топографического продольного профиля реки с его теоретическим аналогом. Первый был составлен с использованием топографической основы (М 1: 50 000), а второй, рассчитывался аналитическим путём по формуле [1]. Количественная оценка деформаций ( $\Delta h = h_t - h_i$ ) представляет собой разность

абсолютных отметок соответствующей точки на топографическом и теоретическом профилях.

Расчетные параметры приведены в табличной форме (табл. 1-4). Если линия топографического профиля располагается выше линии теоретического аналога, то величина  $\Delta h$  положительна, при обратном соотношении эта величина отрицательна.

**Таблица 1. Параметры топографического продольного профиля щелиевой**

$l_t$ (расстояние между точками профиля с известными абсолютными высотами, м)	750	625	1250	875	1625	875
$h_t$ (превышение точки профиля над устьем, м)	12	20	40	60	80	100

**Таблица 2. Параметры топографического продольного профиля щелиевой**

$l_t$ , м	790	430	785	495	635	965	700	400	500	200	260	240	240
$h_t$ , м	12	20	40	60	80	90	100	120	140	160	180	200	220

**Таблица 3. Соотношение топографического и теоретического продольных профилей щелиевой**

$l_t$ , м	750	1375	2625	3500	5125	6000
$h_t$ , м	12	20	40	60	80	100
$h_i$ , м	10,6	20,36	40,96	55,87	84,35	100
$\Delta h$ , м	+1,4	-0,36	-0,96	+4,13	-4,35	0

**Таблица 4. Соотношение топографического и теоретического продольных профилей щелиевой**

$l_t$	790	1220	2005	2500	3135	4100	4800	5200	5700	5900	6160	6400	6640
$h_t$	12	20	40	60	80	90	100	120	140	160	180	200	220
$h_i$	5	11,44	27,1	39,81	59,16	94,62	124,68	143,43	168,43	178,9	192,93	206	220
$\Delta h$	+7	+8,56	+12,9	+20,19	+20,84	-4,62	-24,68	-23,43	-28,43	-18,9	-12,93	-6	0

Для рассматриваемой территории характерно блоковое строение, связанное с развитием дизъюнктивных структур геосинклиналиального плана с кавказским простиранием и орогенного плана, преимущественно антикавказского простирания [2]. В геологическом строении – это Бетгинская мегаграбен-синклиналь – структура первого порядка района, ядро которой сложено породами терригенного флиша дания, а крылья – породами карбонатного флиша маастрихта. На всем протяжении русла рассматриваемых водотоков пересекают территорию вкост кавказского простирания геологической структуры.

Наиболее активный этап формирования побережья, вероятно, приходится на средний плейстоцен – голоцен. Этот вывод базируется на особенностях распространения аллювия морских плейстоценовых террас.

Расчеты показали, что значения  $\Delta h$  изменяются от -0,36 м до -28,43 м и от +1,4 м до +20,84 м. Граница между положительными и отрицательными аномалиями устанавливается на уровне абсолютной отметки 80-90 м. На этом фоне выделяются отдельные локальные морфоструктуры.

Проведенное сравнение положения аномалий топографических продольных профилей показало наличие значимой связи, как между литологическим субстратом, так и характером дизъюнктивных структур, осложняющих крылья мегаграбен-синклинали.

Это позволяет предположить, что области с отрицательными значениями сопоставляются с приподнятыми блоками, а области с положительными значениями – с опущенными. Этот вывод согласуется с данными [3], полученными ранее.

В целом, анализ продольных профилей щели Правой и щелилевой показал, что они характеризуются неравномерностью и дифференцированностью строения.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при инженерно-геологических изысканиях линейных сооружений (автомобильных дорог, продуктопроводов и пр.).

#### **Литература:**

1. Иванов П.В. Метод количественной характеристики формы продольного профиля реки. Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, 1951, т. 83, вып. 6.
2. Несмеянов С.А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа. М.: Недра, 1992. 254 с.
3. Любимова Т.В., Бондаренко Н.А., Кириченко М.А. Оценка приповерхностных разрывных структур и выявление наиболее общих критериев сейсмичности. Геология, география и глобальная энергия, № 4, с. 43-46.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И КИСЛОРОДА В ВОДАХ  
УСТЬ-ИЛИМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.**

*Долгих П.Г.*

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия, [pdolgikh@igc.irk.ru](mailto:pdolgikh@igc.irk.ru)

Аннотация. Проведены исследования распределения биогенных элементов и кислорода в воде Усть-Илимского водохранилища. Выявлены зоны с неблагоприятными экологическими условиями – Вихоревский залив и приплотинная часть водохранилища. На этих участках водоема установлены крайне низкие концентрации  $O_2$  в придонной воде (0,86 – 4,22 мг/л) и повышенные концентрации  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $C_{org}$  и  $SiO_2$ . Основными техногенными источниками поступления биогенных элементов являются стоки Братского лесопромышленного комплекса, алюминиевого завода и коммунальные стоки г. Братск, природными – заболоченные территории и затопленные почвы.

Ключевые слова: биогенные элементы, кислород, Усть-Илимское водохранилище

**DISTRIBUTION OF BIOGENIC ELEMENTS AND OXYGEN IN WATER OF THE  
UST-ILIMSK WATER RESERVOIR**

*Dolgikh P.G.*

Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, [pdolgikh@igc.irk.ru](mailto:pdolgikh@igc.irk.ru)

Abstract. Distribution of biogenic elements and oxygen in water of the Ust-Ilimsk water reservoir has been studied at 16 stations. Areas with unfavorable environmental conditions have been determined: Vihorevsky bay and the area adjacent to the dam. These sections of the reservoir demonstrated extremely low concentrations of  $O_2$  in the bottom water layers (0,86 – 4,22 mg/l) and elevated concentrations of  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $C_{org}$  and  $SiO_2$ . The main technogenic source of the biogenic elements are the discharges of the Bratsk timber industry, the aluminium plant and from municipal wastewaters. Natural sources of biogenic elements are wetlands and flooded soils.

Key words: biogenic elements, oxygen, Ust-Ilimsk water reservoir.

Техногенная трансформация окружающей среды при зарегулировании рек и создании водохранилищ, приводит к значительным изменениям гидрологического режима, самоочищающей способности и гидрохимического состава водоема [1]. Содержание биогенных элементов (N, P и C) и кислородный режим водоемов являются наиболее важными показателями, обуславливающими существующий экологический облик водных экосистем. От них зависит трофность водоема, качество вод, биоразнообразие, численность и биомасса гидробионтов. В связи с этим, целью нашего исследования стало изучение особенностей распределения концентраций биогенных элементов и кислорода в водах Усть-Илимского водохранилища (УИВ).



Третье в Ангарском каскаде Усть-Илимское водохранилище входит в единую Байкало-Ангарскую водную систему. Это достаточно глубокий водоем (средняя глубина 32 м, наибольшая 100 м) образованный при зарегулировании р. Ангары в 1974-1977 гг. Основной вклад в гидрохимический состав УИВ вносят маломинерализованные воды оз. Байкал, трансформированные в двух вышерасположенных ангарских водохранилищах – Иркутском и Братском [2]. Средняя минерализация вод составляет 155 мг/л, Ph – 7,7.

Отбор проб воды УИВ производился на 16 станциях (рис. 1А) в августе 2017 г. батометром OceanTest110А с двух горизонтов – поверхностного (глубина 0,6 м) и придонного (в метровом слое от дна). Химический анализ компонентов ( $O_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SiO_2$ ), проведен с использованием стандартных методик [3]. Органический углерод ( $C_{org}$ ) рассчитан по эквивалентному отношению углерода к кислороду. Аналитические работы выполнены с использованием научного оборудования ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН.

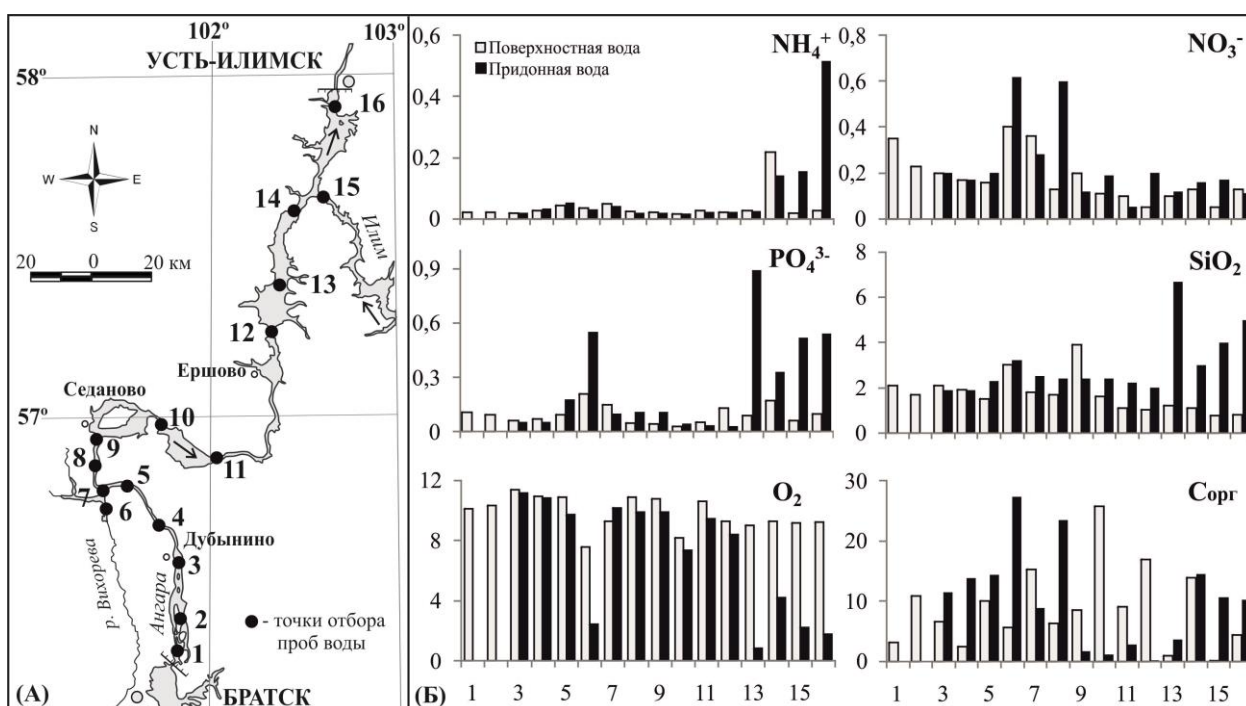


Рисунок 1 – (А) – карта-схема станций отбора проб воды Усть-Илимского водохранилища; (Б) – концентрации биогенных элементов и кислорода (мг/л) в воде водохранилища. 1-8 – верхняя часть (6 – Вихоревский залив), 9-12 – средняя часть, 13-16 нижняя часть водохранилища.

Результаты проведенных исследований показали, что средние концентрации исследуемых компонентов в воде УИВ составляют:  $NO_2^-$  – 0,001,  $NO_3^-$  – 0,19,  $NH_4^+$  – 0,07,  $PO_4^{3-}$  – 0,19,  $SiO_2$  – 2,31,  $C_{org}$  – 9,46,  $O_2$  – 8,51 мг/л, среднее насыщение вод  $O_2$  – 74%. Качество воды в целом соответствует «достаточно чистым» водам [4]. По сравнению с данными конца прошлого столетия [5], в воде УИВ наблюдается двукратное снижение содержания минеральных форм азота, указывающее на начало стабилизации экосистемы водоема. Наряду с этим, нами зарегистрированы значительные изменения концентрации биогенных элементов на разных станциях отбора проб и в разных горизонтах воды. Повышенными концентрациями биогенов в воде выделяются две зоны водохранилища – Вихоревский залив с прилегающей к нему вниз по течению десятикилометровой зоной и нижняя глубоководная часть УИВ (рис. 1Б). Вихоревский залив – наиболее техногенно

нагруженный участок УИВ. Загрязнение его экосистемы биогенными элементами связано с их поступлением с водами р. Вихорева, принимающими промышленные стоки производственных гигантов г. Братск – лесопромышленного комплекса и алюминиевого завода, а также коммунальные стоки города. По нашим данным концентрация  $C_{\text{орг}}$  в воде реки достигает 130 мг/л,  $\text{NH}_4^+$  – 4,4 мг/л,  $\text{PO}_4^{3-}$  – 1,0 мг/л. В Вихоревском заливе происходит трансформация форм азота в процессе нитрификации, при этом концентрации аммонийного азота резко снижаются, преобладающим становится нитрат-ион. Залив, играя роль седиментационного геохимического барьера, является своеобразным буфером, препятствующим поступлению больших количеств загрязняющих веществ в русловую часть УИВ. Здесь происходит осаждение техногенно загрязненного взвешенного вещества, вносимого р. Вихорева, на это указывают высокие темпы осадконакопления в зоне смешения вод реки и залива. В придонном слое воды активно происходит процесс окисления загрязняющих веществ, поступающих в Вихоревский залив, приводящий к снижению концентраций кислорода до экологически опасных уровней (менее 3 мг/л, при ПДК  $\text{O}_2$  – 6 мг/л). На русловую часть УИВ воды Вихоревского залива имеют локальное влияние – повышенные концентрации  $\text{NO}_3^-$  и  $C_{\text{орг}}$  в воде сохраняются только на протяжении 10 км вниз по течению водохранилища. Далее происходит осаждение этих элементов с взвесью и разбавление их концентраций водами основного русла. Следует отметить, что в средней части УИВ наблюдаются повышенные концентрации  $C_{\text{орг}}$  в поверхностной воде, что, главным образом, связано с летним массовым развитием фитопланктона в трофическом слое (рис. 1Б). Для придонной воды нижней части УИВ характерны высокие концентрации  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SiO}_2$  и крайне низкое содержание  $\text{O}_2$  (рис. 1Б). Здесь на больших глубинах (75-100 м) вода имеет выраженный запах сероводорода и отмечаются близкие к восстановительным условия среды. Процессы нитрификации при низких концентрациях  $\text{O}_2$  замедлены, преобладающей формой азота становится  $\text{NH}_4^+$ . Повышенные концентрации азота и фосфора в этой зоне УИВ прежде всего связаны с их поступлением из затопленных во время заполнения водохранилища торфяно-болотных почв и пахотных земель насыщенных химическими удобрениями. Вероятными источником кремния в этом районе служат алюмосиликаты затопленных болот и торфяников.

Таким образом, в результате проведенных исследований выделено 2 зоны УИВ с неблагоприятными условиями для существования гидробионтов – придонные горизонты воды нижней части водохранилища и Вихоревского залива. По насыщению  $\text{O}_2$  (менее 30%) и по количеству  $\text{PO}_4^{3-}$  (более 0,4 мг/л) качество вод в этих зонах относится к «весьма грязным» и «предельно загрязненным».

*Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту (0350-2016-0027)*

#### **Литература:**

1. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. М. Мысль. 1987. 325 с.
2. Полетаева В.И., Долгих П.Г., Пастухов М.В. Особенности формирования гидрохимического режима Усть-Илимского водохранилища // Вода: химия и экология, 2017. – № 10. С. 11-17.
3. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л. Гидрометеиздат. 1977. 540 с.
4. Жукинский В.Н., Окснюк О.П., Олейник Г.Н., Кошелев С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши. Гидробиологический журнал. 1981. Т. 17. № 2. С. 38–49.
5. Карнаухова Г.А. Гидрохимия Ангары и водохранилищ Ангарского каскада. Водные ресурсы. 2008. Т.35. № 1. С.72–80.

## ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ГЕОНАВИГАЦИИ НА ОСНОВЕ ОБЛАЧНЫХ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

*Дудаев А.Р.<sup>1,2</sup>, Даниловский К.Н.<sup>1</sup>, Москаев И.А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

[DudaevAR@ipgg.sbras.ru](mailto:DudaevAR@ipgg.sbras.ru)

Аннотация. Настоящая работа посвящена разработке программного обеспечения для проведения геонавигации нефтегазовых скважин по двум методам: корреляции каротажных данных и численного моделирования и инверсии данных электромагнитного каротажа (ЭМК). Показаны архитектурные особенности реализации геологического ПО нового поколения, интерфейс которого отображается в браузере, а вычисления происходят на удаленных серверах. Также приводится описание методов и алгоритмов выполнения геонавигации.

Ключевые слова: каротаж в процессе бурения, геонавигация, горизонтальная скважина, геоэлектрическая модель, численная инверсия.

## SOFTWARE AND METHODOICAL SUPPORT FOR GEOSTEERING BASED ON CLOUDY HIGH-PERFORMANCE COMPUTING TECHNOLOGIES

*Dudaev A.R.<sup>1,2</sup>, Danilovskiy K.N.<sup>1</sup>, Moskaev I.A.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

[DudaevAR@ipgg.sbras.ru](mailto:DudaevAR@ipgg.sbras.ru)

Abstract. This work is dedicated to the development of software for geosteering of oil and gas wells using two methods: well log correlation and numerical modelling and inversion of electromagnetic logging data. The architectural features of the new geological software implementation are shown which interface is displayed in the browser, computations take place on the remote servers. Also, a description of methods and an algorithms for performing geosteering is provided.

Key words: logging while drilling, geosteering, horizontal well, resistivity model, numerical inversion.

Разработка компьютерных систем моделирования и интерпретации данных является важным направлением в прикладной геофизике, в том числе и промышленной. Развитие IT-технологий и доступ к высокоскоростной передаче данных через глобальную сеть позволяют разрабатывать геофизические приложения нового поколения.

Рассматривается создание программного обеспечения (ПО) для осуществления геонавигации. Разрабатываемое ПО основано на облачных вычислениях, при которых пользователю предоставляются удаленные масштабируемые вычислительные ресурсы. Для

организации структуры ПО используется клиент серверная архитектура, что позволяет разделить программный код на клиентскую и серверную часть.

Клиентское приложение выполняет визуализацию данных и интерфейса в браузере. ПО разрабатывается на основе фреймворка Angular [1], основным языком программирования которого является TypeScript [2]. Для отображения каротажных сигналов, геологических моделей и траекторий скважин используется библиотека D3.js [3], которая предоставляет возможность работы с векторной графикой. Для создания интерфейса используется библиотека Angular Material, являющейся адаптацией Material Design [4], созданной компанией Google.

Серверное приложение обрабатывает запросы пользователей. Для обеспечения доступности (возможности всегда отвечать на запросы пользователей) сам сервер не выполняет ресурсоемкие вычисления, а перенаправляет их вычислительным модулям. Авторизация и хранение данных происходит с использованием MongoDB [5], разрешающей хранить любые данные. Для разработки серверного приложения выбрана программная платформа NodeJS [6], позволяющей разрабатывать серверную и клиентскую части на одном ЯП. Серверная часть для взаимодействия с вычислительной использует очередь сообщений RabbitMQ [7], что делает их слабо зависимыми друг от друга, а также решает проблему с хранением еще невыполненных задач.

Высокопроизводительные вычисления требуют распараллеливания кода на низкоуровневых языках программирования (ЯП) (C++/Fortran), что приводит к зависимости от ОС. Одним из решений данной проблемы является запуск программы в Docker контейнере [8]. Эта технология позволяет упаковать приложение со всеми его зависимостями в изолированную среду, в которой приложение может работать независимо от остальной системы.

В разрабатываемом ПО реализован метод корреляции данных, получаемых LWD (logging while drilling) приборами в процессе бурения, и синтетического каротажа по опорным скважинам. По априорным данным создается двумерная начальная модель пласта, в котором будет проводиться горизонтальный участок скважины. Пересечение двумерной модели и проекции плановой траектории целевой скважины позволяет построить синтетические диаграммы каротажа. Начальная модель разбивается на блоки по горизонтали, для каждого из блоков задается угол падения, чтобы добиться совпадения между синтетическими и практическими данными. После каждого изменения параметров модели или траектории скважины выполняется повторный расчет синтетических каротажных диаграмм.

Наряду с этим реализован второй метод – численной инверсии данных электромагнитного каротажа, которая представляет собой целенаправленный подбор параметров геоэлектрической модели путем минимизации функционала невязки измеренных и синтетических данных [9-14]. ПО предоставляет пользователю гибкий интерфейс для выполнения поочередной инверсии сигналов ВИК-ПБ в автоматическом и ручном режимах. Геонавигатор загружает входные данные, выбирает интервал для инверсии, устанавливает ширину и перекрытие окон. Стартовая модель для инверсии подбирается, исходя из априорных данных, либо импортируется из модуля геонавигации с использованием проецирования каротажных данных. Алгоритм численной инверсии позволяет использовать произвольные комбинации сигналов из полного набора измерений. Численная инверсия – это ресурсоемкий процесс, для которого используются

распределенные масштабируемые высокопроизводительные параллельные вычисления, в том числе и на графических сопроцессорах [15-17].

Предложена и разработана архитектура кроссплатформенного ПО, интерфейс которого построен на Angular и отображается в браузере, а вычисления происходят на удаленных серверах в Docker контейнерах. Показана работоспособность архитектуры и ее преимущества на примере реализации инструмента для геонавигации нефтегазовых скважин по двум методам: корреляции каротажа и численной инверсии данных ЭМК.

*Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор РАН Глинских В.Н.*

#### **Литература:**

1. Angular // Angular Docs URL: <https://angular.io/docs> (дата обращения: 25.09.2018).
2. Typescript // Typescript Documentation. URL: <https://www.typescriptlang.org/docs/home.html> (дата обращения: 25.09.2018).
3. D3.js // D3.js Documentation URL: <https://github.com/d3/d3/wiki> (дата обращения: 25.09.2018).
4. Material Design // Material Design URL: <https://material.io> (дата обращения: 25.09.2018).
5. MongoDB // MongoDB Documentation URL: <https://docs.mongodb.com/manual> (дата обращения: 25.09.2018).
6. Node.js // Node.js Docs URL: <https://nodejs.org/en/docs/> (дата обращения: 25.09.2018).
7. RabbitMQ // RabbitMQ Docs URL: <https://www.rabbitmq.com/documentation.html> (дата обращения: 25.09.2018).
8. Docker // Docker Documentation. URL: <https://docs.docker.com> (дата обращения: 25.09.2018).
9. Каюров К. Н., Еремин В. Н., Эпов М. И. и др. Аппаратура и интерпретационная база электромагнитного каротажа в процессе бурения. Нефтяное хозяйство. 2014. №12. С. 112–115.
10. Эпов, М.И., Глинских, В.Н., Сухорукова, К.В., Никитенко, М.Н., Еремин, В.Н. Численное моделирование и инверсия данных электромагнитного каротажа в процессе бурения и шаблонирования нефтегазовых скважин. Геология и геофизика. 2015. №56(8). С. 1520–1529.
11. Эпов, М.И., Никитенко, М.Н., Глинских, В.Н., Еремин, В.Н. Изучение электрической макроанизотропии интервалов наклонно-горизонтальных скважин по данным высокочастотного индукционного каротажа в процессе бурения. Каротажник. 2016. №269. С. 94–109.
12. Эпов М. И., Никитенко М. Н., Глинских В. Н., Сухорукова К. В. Численное моделирование и анализ сигналов электромагнитного каротажа в процессе бурения. Каротажник. 2016. №245. С. 29–42.
13. Nikitenko M. N., Epov M. I., Glinskikh V. N., Suhorukova K. V., Eremin V. N. (2014): Development of LWD High-frequency Resistivity Tool. 6th EAGE Saint Petersburg International Conference & Exhibition «Geosciences – Investing in the Future». Saint Petersburg, Russia, ThD05.
14. Глинских, В.Н., Никитенко, М.Н., Эпов, М.И., Еремин, В.Н. (2017): Алгоритмы и программное обеспечение для геонавигации по данным электромагнитного каротажа в процессе бурения. 2-я научно-практическая конференция EAGE «Горизонтальные скважины 2017: Проблемы и перспективы», 3G05.
15. Глинских В. Н., Эпов М. И., Лабутин И. Б. Моделирование диаграмм электромагнитного каротажа на графических процессорах. Вычислительные технологии, 2008. Т. 13. №6. С. 50-60.
16. Глинских В.Н., Дудаев А.Р., Нечаев О.В. Высокопроизводительные гетерогенные вычисления CPU - GPU в задаче электрического каротажа нефтегазовых скважин. Вычислительные технологии, 2017. Т. 22. №3. С. 16-31.
17. Glinskikh V., Dudaev A., Nechaev O. High-Performance Simulation of Electrical Logging Data in Petroleum Reservoirs Using Graphics Processors. Parallel Computational Technologies - 11th International Conference. Revised Selected Papers. 2017. V. 753. P. 186-200.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА КОМПАКТНЫХ ОБРАЗЦАХ

*Дробчик А.Н.<sup>1</sup>, Дугаров Г.А.<sup>1</sup>, Дучков А.А.<sup>1</sup>, Лемзяков А.Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
Новосибирск, Россия  
[drobchikan@ipgg.sbras.ru](mailto:drobchikan@ipgg.sbras.ru)

<sup>2</sup>Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются результаты разработки акустической системы измерений на образцах диаметром 10 мм. Необходимость создания подобной системы связана с задачей создания компактной камеры для формирования гидратосодержащих образцов и проведения акустических измерений с одновременной возможностью проведения рентгеновской компьютерной томографии образцов. Показана работоспособность разработанной акустической системы на алюминиевом эталоне.

Ключевые слова: газогидраты, акустические измерения, специализированная установка

## DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF ACOUSTIC MEASUREMENTS ON COMPACT SAMPLES

*Drobchik A.N.<sup>1</sup>, Dugarov G.A.<sup>1</sup>, Duchkov A.A.<sup>1</sup>, Lemzyakov A.G.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia,  
[drobchikan@ipgg.sbras.ru](mailto:drobchikan@ipgg.sbras.ru)

<sup>2</sup>Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract. The paper discusses the results of the development of the system for acoustic measurements on samples with a diameter of 10 mm. The acoustic system is needed for creating a compact chamber for the formation of hydrate-bearing samples and providing acoustic measurements with the simultaneous feasibility of X-ray computed tomography of the samples. The developed acoustic system is tested on an aluminum sample.

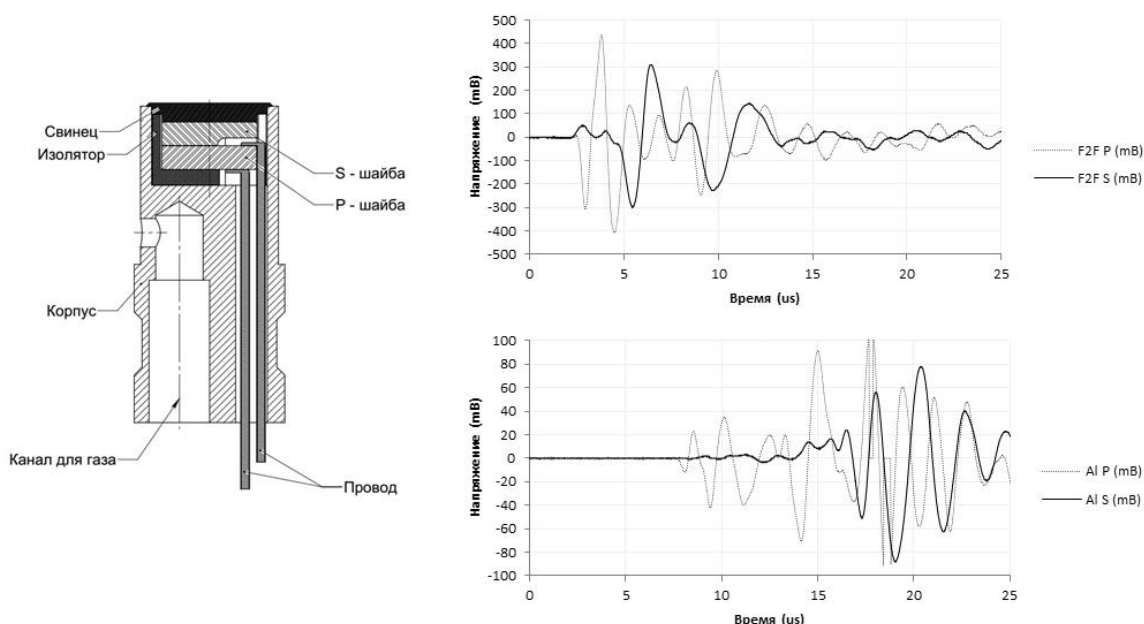
Keywords: gas hydrates, acoustic measurements, specialized setup

Существующий в последние десятилетия устойчивый интерес к природным и техногенным газогидратам связан с их энергетическим потенциалом, возможным влиянием на климат из-за эмиссии парниковых газов при их разложении, а также с опасностью техногенных катастроф, связанных с образованием или разложением гидратов. В настоящее время мировым научным сообществом, работающим в этом направлении, создаются и используются установки [1–3], позволяющие формировать газогидраты в лабораторных условиях и проводить их комплексные исследования. Наличие газогидратов может значительно менять физические свойства пород [4, 5]. Особенно важную роль играет форма заполнения гидратом порового пространства [4]. Например, образование гидрата

«цементирующего» типа (на контактах минеральных зёрен) приводит к резкому росту акустических скоростей даже при малом содержании гидрата, а образование гидрата «заполняющего» типа (внутри пор) слабо влияет на акустические скорости. Поэтому в последние годы особую важность приобретает не только измерение физических свойств, но и изучение процессов формирования и разложения гидратов в порах с применением таких современных методов, как рентгеновская томография [6, 7] и МРТ [8, 9].

Ранее в России уже была создана специализированная установка, позволяющая формировать искусственные гидратосодержащие образцы и изучать их акустические свойства [10, 11]. Но конструкция этой установки не позволяет изучать внутреннюю структуру образцов методом рентгеновской компьютерной томографии ввиду своей громоздкости, наличия металлических стенок и слишком большого диаметра образцов (26.6 мм). Для получения качественных изображений необходимо уменьшить размер образцов до величин порядка 10 мм. По тем же причинам потребуется уменьшение камеры создания обжимного давления и переход на рентгеностойкие и рентгенопрозрачные материалы. Все это требует создания компактной камеры для формирования гидратосодержащих образцов, включающей систему акустических измерений, позволяющей проводить их на образцах диаметром 10 мм. В данной работе рассматриваются результаты по разработке этой акустической системы.

Была разработана новая конструкция пуансона (рис. 1) позволившая уменьшить конструкцию излучателя/приемника до 9.5 мм в диаметре. При этом сохранена возможность генерации Р и S волн и подвод газа в одном датчике. Генерация/регистрация волн основана на прямом/обратном пьезоэффекте. Излучатель состоит из продольной и поперечной шайб (диаметром 6 мм, толщиной 1 мм), выточенными на ЧПУ станке из пьезокерамики ЦТС-19.



**Рисунок 1 – Схема устройства датчика (слева). Графики продольных и поперечных волн: датчик к датчику (сверху); алюминиевый эталон (снизу)**

Были проведены испытания полученных излучателей. Примеры осциллограмм приведены на рис. 1. В результате испытаний на алюминиевом эталоне были получены следующие значения скоростей продольных и поперечных волн: 6380 м/с и 2890 м/с соответственно, что соответствует табличным значениям. Проведенные испытания демонстрируют работоспособность разработанной конструкции для определения акустических характеристик образцов. Также выбранный размер конструкции позволит проводить одновременную рентгенографию образцов. В дальнейшем планируется провести испытания разработанной системы на песчаных образцах, содержащих воду, лед и гидрат.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-32-00647.*

#### **Литература:**

1. Winters W.J., Dillon W.P., Pecher I.A., Mason D.H. GHASTLI – determining physical properties of sediment containing natural and laboratory-formed gas hydrate (Chapter 24), in: Max M.D. (ed.) Natural Gas Hydrate in Oceanic and Permafrost Environments. 2000. Springer. P. 311–322.
2. Kulenkampff J., Spangenberg E. Physical properties of cores from the Mallik 5L-38 gas hydrate production research well under simulated in situ conditions using the Field Laboratory Experimental Core Analysis System (FLECAS). In: Dallimore S.R., Collett T.S. (eds) Scientific Results from the Mallik 2002 Gas Hydrate Production Research Well Program, Mackenzie Delta, Northwest Territories. 2005. Canada. GSC Bulletin 585, Geological Survey of Canada.
3. Priegnitz M., Thaler J., Spangenberg E., Rücker C., Schicks J.M. A cylindrical electrical resistivity tomography array for three dimensional monitoring of hydrate formation and dissociation. Review of Scientific Instruments. 2013. V. 84. №. 10. 104502. doi: 10.1063/1.4825372.
4. Waite W.F., Santamarina J.C., Cortes D.D., Dugan B., Espinoza D.N., Germaine J., Jang J., Jung J.W., Kneafsey T.J., Shin H., Soga K., Winters W.J., Yun T.-S. Physical properties of hydrate-bearing sediments. Reviews of Geophysics. 2009. V. 47. RG4003. doi: 10.1029/2008RG000279
5. Riedel M., Willoughby E.C., Chopra S. (Eds.). Geophysical characterization of gas hydrates (SEG geophysical developments series; no. 14). Tulsa: Society of exploration geophysicists. 2010. 390 p.
6. Zhao J., Yang L., Liu Y., Song Y. Microstructural characteristics of natural gas hydrates hosted in various sand sediments // Physical Chemistry Chemical Physics. 2015. V. 17. P. 22632–22641.
7. Yang L., Falenty A., Chaouachi M., Haberthür D., Kuhs W.F. Synchrotron X-ray computed microtomography study on gas hydrate decomposition in a sedimentary matrix. Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2016. V. 17. № 9. p. 3717–3732.
8. Song Y., Wang Sh., Yang M., Liu W., Zhao J., Wang Sh. MRI measurements of CO<sub>2</sub>–CH<sub>4</sub> hydrate formation and dissociation in porous media. Fuel. 2015. V. 140. P. 126–135.
9. Zhang L., Zhao J., Dong H., Zhao Y., Liu Y., Zhang Y., Song Y. Magnetic resonance imaging for in-situ observation of the effect of depressurizing range and rate on methane hydrate dissociation. Chemical Engineering Science. 2016. V. 144. P. 135–143.
10. Дучков А.Д., Голиков Н.А., Дучков А.А., Манаков А.Ю., Пермяков М.Е., Дробчик А.Н. Аппаратура для изучения акустических свойств гидратосодержащих пород в лабораторных условиях. Сейсмические приборы. 2015. Т. 51. № 2. С. 44–55.
11. Дучков А.Д., Дучков А.А., Пермяков М.Е., Манаков А.Ю., Голиков Н.А., Дробчик А.Н. Лабораторные измерения акустических свойств гидратосодержащих песчаных образцов (аппаратура, методика и результаты). Геология и геофизика. 2017. Т. 58. № 6. С. 900–914.



**ФОРМЫ МЕТАЛЛОВ В ВОДАХ РЕКИ МАЛАЯ СЕНЬГА (ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

*Дроздова О.Ю., Ненюкова А.И., Латицкий С.А.*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия  
[drozdova\\_olga@yahoo.fr](mailto:drozdova_olga@yahoo.fr)

Аннотация. В работе исследованы формы некоторых металлов (Fe, Zn, Cd, Al и Ni) в водах реки Малая Сеньга и озера Сеньга. Показано, что миграция рассмотренных металлов в исследованных объектах происходит, в основном, в растворенной форме (74 – 96 %) в виде комплексных соединений с органическими веществами. При этом большая часть Al, Cd и Fe в изучаемых водах находится в виде анионных комплексов, а Ni и Zn – катионных.

Ключевые слова: формы металлов, поверхностные воды, миграция, органические вещества

**THE FORMS OF METALS IN RIVER MALAYA SENGA (VLADIMIR REGION)**

*Drozdova O.Yu., Nenukova A.I., Lapitskiy S.A.*

M.V.Lomonossov Moscow State University, Moscow, Russia, [drozdova\\_olga@yahoo.fr](mailto:drozdova_olga@yahoo.fr)

Abstract. The forms of some metals (Fe, Zn, Cd, Al и Ni) in river Malaya Senga and lake Senga are investigated. It is shown, that the migration of these metals in the investigated objects occurs in the dissolved forms (74 – 96 %) as the complexes with the organic compounds. The anion complexes are prevalent for Al, Cd and Fe in studied waters, and cation complexes are dominant for Ni and Zn.

Key words: forms of metals, natural waters, migration, organic compounds

Загрязнение поверхностных вод - проблема во всем мире из-за растущего уровня антропогенного влияния. Водные экосистемы являются средой обитания водных организмов, а также резервуаром потенциально стойких химических веществ. Металлы после попадания в водную среду не подвергаются биологическому разложению и могут накапливаться в различных организмах. Проведенные ранее исследования показали, что между общей концентрацией металла в поверхностных водах и их токсичностью нет однозначной зависимости [1] и биологическая доступность и степень токсичности металлов зависит от форм их нахождения в природных водах [2, 3]. Исследования форм металлов в поверхностных водах важны не только с точки зрения их экологического значения, но и при оценке путей их миграции и распределения между компонентами водных экосистем [4].

Объектами исследования являлись природные воды, отобранные на территории Владимирской области из р. Малая Сеньга и озера Сеньга, в которое она впадает. Были заложены следующие точки опробования: воды из истока р. Малая Сеньга, среднего течения реки, устья реки при впадении в оз. Сеньга и воды озера.

В процессе изучения форм нахождения ТМ оценивалось процентное соотношение взвешенных, коллоидной и растворенной форм их в воде. Для отделения суммы взвешенных и коллоидных форм от растворенных сразу по мере поступления проб в лабораторию проводили фильтрацию пробы с помощью мембранного фильтра (Millipore) с диаметром пор 0,22 мкм (с использованием шприц-насадок Sartorius). Определение в растворенной фракции содержаний анионных, катионных и нейтральных соединений металлов проводили методом ионообменной хроматографии с использованием сорбентов: катионита (Dowex 50 WX 8, 200-400, Serva) и анионита (ДЭАЭ-целлюлоза, Sigma Aidrich). Содержание металлов в образцах определяли методом ИСП-ОЭС (Agilent 720).

Как указывалось выше, важной характеристикой условий формирования химического состава вод являются не только абсолютные значения, но и соотношение форм миграции тяжелых металлов, в значительной степени определяющие качество вод. С учетом этого в водах реки Малая Сеньга и озере Сеньга было проведено изучение форм миграции некоторых металлов, показавшее, что больше 50% Al, Cd, Fe, Ni и Zn находится в исследуемых водах в растворенной форме (таблица 1).

**Таблица 1. Формы металлов в исследованных водах**

	Форма	Al	Cd	Fe	Ni	Zn
Количества растворенных и взвешенных форм (в %)						
Исток реки	Растворенная	82	84	82	90	85
	Взвешенная	18	16	18	10	15
Среднее течение реки	Растворенная	95	93	96	90	87
	Взвешенная	5	7	4	10	13
Устье реки	Растворенная	92	91	92	85	74
	Взвешенная	8	9	8	15	26
Озеро	Растворенная	91	93	96	94	90
	Взвешенная	9	7	4	6	10
Количества катионных, анионных и нейтральных форм (в %)						
Исток реки	Катионная	32	32	5	86	96
	Анионная	67	67	80	13	4
	Нейтральная	1	1	15	1	0
Среднее течение реки	Катионная	35	21	6	80	84
	Анионная	64	78	83	19	16
	Нейтральная	1	1	11	1	0
Устье реки	Катионная	36	25	9	84	66
	Анионная	63	74	83	15	34
	Нейтральная	1	1	8	1	0
Озеро	Катионная	25	12	17	69	61
	Анионная	73	87	80	29	36
	Нейтральная	2	0	3	2	3

Для рассмотренных металлов наблюдается снижение взвешенных и коллоидных форм в среднем течении реки по сравнению с истоком (таблица 1), что связано с выведением их из раствора и накоплением в донных осадках. Накопление металлов в донных отложениях является одним из важнейших путей вывода их из биологического круговорота. В водах устья реки наблюдается увеличение количеств коллоидных и взвешенных форм металлов,

что, возможно, связано со взмучиванием вод реки при впадении её в озеро. В водах озера содержания коллоидных и взвешенных частиц наименьшее.

Во всех исследуемых водах наблюдается превышение ПДК<sub>хозбыт</sub> (0,3 мг/л) по содержанию растворимой формы железа (от 3,5 до 7,2 мг/л), что является закономерностью для данной территории. Как известно болота и болотные кислые почвы способствуют повышенному содержанию железа в воде. Такие высокие концентрации железа в поверхностных водах могут оказывать влияние на качество питьевых вод населенных пунктов, имеющих подрусловой водозабор. Так же в водах реки Малая Сеньга наблюдается превышение ПДК<sub>хозбыт</sub> по алюминию в 4,5-5 раз.

В растворенной форме, в свою очередь, определялись количества катионных, анионных и нейтральных соединений металлов (таблица 1). Было получено, что Al, Cd и Fe находятся в исследованных водах преимущественно в анионной форме, в то время как для Ni и Zn преобладающей формой является катионная. Доля анионных соединений всех рассматриваемых металлов увеличивается в водах устья реки и озера по сравнению с водами истока реки: Al - от 68 до 73%; Fe - от 80 до 83%; Cd - от 67 до 87%; Ni - от 13 до 29%; Zn - от 4 до 36%.

Из полученных данных видно, что миграция рассмотренных металлов в реке Малая Сеньга происходит, в основном, в растворенной форме. Количество рассмотренных металлов в коллоидной и взвешенной формах в объектах исследования не превышают 18% для Al, Cd, Fe, Ni и 26% для Zn. При этом в растворенной форме большая часть Al, Cd и Fe находится в виде анионных комплексов (которые преимущественно представлены их соединениями с гуминовыми веществами), а Ni и Zn – катионных комплексов, скорее всего, с белковоподобными веществами (продуктами метаболизма водных организмов).

*Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ 16-55-150002-НЦНИ\_a, 18-05-00162\_a.*

#### **Литература:**

1. Будников Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем. Соровский образовательный журнал. 1998. № 5. С. 23-29.
2. Жулидов А.В. Физико-химическое и химическое состояние металлов в природных водах: токсичность для пресноводных организмов. Экологическое нормирование и моделирование антропогенного воздействия на водные экосистемы. 1988. Вып. 1. С. 78 – 82.
3. Florence T.M. The speciation of trace elements in waters. Talanta. 1982. Vol. 5. P. 345 – 364.
4. Линник П.Н., Васильчук Т.А., Линник Р.П., Игнатенко И.И. Сосуществующие формы тяжелых металлов в поверхностных водах Украины и роль органических веществ в их миграции. Методы и объекты химического анализа. 2007. Т. 2. № 2. С. 130–145.

**ВЛИЯНИЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩА СГОКА НА РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

*Еланцева Л.А., Фоменко С.В.*

Научно-технический и экспертный центр новых экотехнологий в гидрогеологии и гидротехнике «НОВОТЭК», Белгород, Россия

[LAElanceva@novotek15.ru](mailto:LAElanceva@novotek15.ru)

Аннотация. Рассмотрено влияние хвостохранилища Стойленского горно-обогатительного комбината (СГОКа) на гидродинамический и гидрогеохимический режим подземных вод надъярусского водоносного комплекса. Определены основные источники поступления загрязняющих веществ в хвостохранилище. Установлено, что миграция техногенных вод из хвостохранилища сопровождается интенсивными процессами самоочищения при прохождении через хвосты и слабопроницаемые породы основания и бортов хвостохранилища.

Ключевые слова: Стойленский ГОК, хвостохранилище, гидродинамический и гидрохимический режим подземных вод, надъярусский водоносный комплекс.

**INFLUENCE OF TAILING DUMP ON UNDERGROUND WATER REGIME**

*Elanceva L.A., Fomenko S.V.*

NEWTECH Co., Ltd (OOO NTC NOVOTEK), Belgorod, Russia

[LAElanceva@novotek15.ru](mailto:LAElanceva@novotek15.ru)

Abstract. The influence of the tailing dump of the Stoilensky ore mining and processing plant to hydrodynamic and hydrogeochemical conditions of groundwater of the overjurassic aquifer system is considered. The main sources of pollutants in the tailing dump are identified. It is established that the migration of technogenic water from the tailing dump is accompanied by intensive self-purification processes during passage through the tails and weakly permeable rocks of foundation of the tailing dump.

Key words: Stoilensky ore mining and processing plant, tailing dump, hydrodynamic and hydrochemical conditions of groundwater, overjurassic aquifer system.

Изменение гидродинамической и гидрогеохимической обстановки в горнопромышленных районах обусловлено накоплением в искусственно созданных водоемах (хвостохранилищах) технических вод, сопутствующих горному производству [1-4].

Хвостохранилище СГОКа сооружено в балке Чуфичева в 1984 г. и предназначено для складирования отходов (хвостов) обогащения обогатительной фабрики, а также для снабжения технической (оборотной) водой производственных потребителей комбината.

Гидрогеологические условия района сформировались под влиянием техногенных факторов, связанных, прежде всего, с эксплуатацией хвостохранилища. Главная роль отводится двум водоносным горизонтам: турон-коньякскому и альб-сеноманскому.

Турон-коньякский водоносный горизонт приурочен к трещиноватому мелу, водообильность которого находится в прямой зависимости от степени трещиноватости и закарстованности водовмещающих пород, характеризуется коэффициентом фильтрации от 0,1 (водоразделы) до 20 м/сут (долины рек и крупных балок). Максимальная мощность обводненных пород наблюдается в районе хвостохранилища СГОКа и достигает 40-50 м.

Альб-сеноманский водоносный горизонт приурочен к разнородным пескам мощностью 20-40 м с коэффициентом фильтрации 10-20 м/сут и является основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Старого Оскола и других населенных пунктов.

Турон-коньякский и альб-сеноманский водоносные горизонты образуют единый надюрский безнапорный водоносный комплекс, питание которого происходит за счет атмосферных осадков, паводковых вод, подземных вод смежных водоносных горизонтов на участках отсутствия водоупорных слоев и инфильтрации из хвостохранилища.

Интенсивное повышение уровней надюрского водоносного комплекса наблюдалось в первые годы заполнения хвостохранилища при малой мощности намытых хвостов. В этот период уровни подземных вод повышались синхронно с повышением зеркала воды в хвостохранилище. В настоящее время наблюдается стабилизация уровней, их колебания зависят от сезонности и водности года, что объясняется экранирующим влиянием консолидированных хвостов и отрывом уровней подземных вод под хвостохранилищем от зеркала воды в водоеме.

В результате фильтрационных потерь под хвостохранилищем образовался купол растекания с подъемом уровней подземных вод на 30-35 м от статического положения. В районе произошла переориентация слагающих баланса формирования подземных вод. Основным источником питания водоносного комплекса является теперь хвостохранилище СГОКа.

Инфильтрация технических вод из хвостохранилища способствовала изменению химического состава подземных вод на площади вокруг гидротехнического водоема с гидрокарбонатных кальциевых на сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые.

В воде хвостохранилища отмечается повышенное содержание соединений азота и эпизодически нефтепродуктов и железа общего, превышающее ПДК в 2-3 раза.

Источником поступления ионов аммония в хвостохранилище является применяемый в системе сгустителей пульпы аммиачный полиакриламид (ПАА). В окислительных условиях аммонийный ион весьма неустойчив и в присутствии кислорода переходит в нитриты, которые быстро окисляются до нитратов. ПАА обладает высокой сорбируемостью на частицах пульпы и хвостах. Соединения группы азота подвержены процессам окисления и денитрификации, нефтепродукты – относительно высокой сорбируемости пылеватыми и глинистыми частицами, тонко- и мелкозернистыми песками [5].

В современных условиях необходимо учитывать нарушенность природного водообмена, обусловленную искусственным дополнительным питанием из хвостохранилища, а это может явиться потенциальным фактором загрязнения подземных вод.

Из сравнения химического состава техногенных вод хвостохранилища и подземных вод надъяюрского водоносного комплекса следует, что многолетний период эксплуатации хвостохранилища не оказал заметного влияния на качество подземных вод, что обусловлено процессами физико-химического, механического и микробиологического самоочищения вод хвостохранилища, происходящими по пути их движения в подземном водоносном комплексе. По химическому составу подземные воды надъяюрского водоносного комплекса относятся к гидрокарбонатному магниевно-кальциевому типу, с сухим остатком 0,3-0,6 г/л.

Санитарно-токсикологические показатели присутствуют в подземных водах в минимальных количествах, которые обычно не превышают пределов обнаружения аналитическими методиками. При этом обращает на себя внимание практически отсутствие в составе вод водоносного комплекса нормируемых компонентов техногенной природы – соединений азота (нитритов и азота аммиака, нитраты присутствуют в незначительных количествах – менее 20 мг/л), токсикантов различного класса опасности: I класса опасности (Hg,  $\gamma$ -ГХЦГ- линдан), II класса опасности ((Al, B, Cd, Mo, As, Pb, Se, ДДТ, 2,4-Д), III класса опасности (Mn, Cu, Ni, Zn, Cr).

Однако интенсификация горного производства и изменение в рабочих циклах предприятия не позволяют исключать вероятность ухудшения качественного состава подземных вод надъяюрского водоносного комплекса.

#### **Литература:**

1. Антипов М. А., Заикина И. В., Безденежных Н. А. Оценка качества подземных вод и методы их анализа. СПб. Проспект Науки. 2013. 136 с.
2. Бочевер Ф. М., Лапшин Н. Н., Орадовская А. Е. Защита подземных вод от загрязнения. М. Недра. 1979. 254 с.
3. Ковалевский В. С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду. М. Наука. 1994. 138 с.
4. Мироненко В. А., Мольский Е. В., Румынин В. Г. Изучение загрязнения подземных вод в горнодобывающих районах. Л. Недра. 1988. 279 с.
5. Румынин В. Г. Геомиграционные модели в гидрогеологии. СПб. Наука. 2011. 1158 с.

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ЗАДАЧ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

*Епонешникова Л. Ю.<sup>1</sup>, Дергач П. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

[eponesh@gmail.ru](mailto:eponesh@gmail.ru)

<sup>2</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

Аннотация. Данная работа посвящена совершенствованию технологии организации и проведения работ по микросейсмическому мониторингу месторождений углеводородов за счет выбора оптимального аппаратного решения. В работе определены характеристики целевых сигналов от локальных микросейсмических событий для задач мониторинга разработки месторождений. Проведен сравнительный анализ современных сейсмических датчиков и регистраторов, а также предложены рекомендации по выбору аппаратуры для проведения мониторинга разработки месторождений.

Ключевые слова: Сейсмический мониторинг, безопасность месторождений, сейсмический регистратор, сейсмометр.

## THE OPTIMAL RECORDING EQUIPMENT SELECTION FOR PROBLEMS OF MICROSEISMIC MONITORING OF HYDROCARBON DEPOSITS

*Eponeshnikova L. Yu.<sup>1</sup>, Dergach P. A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia, [eponesh@gmail.ru](mailto:eponesh@gmail.ru)

<sup>2</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

Abstract. This work aims at improving the technology of organization and implementation of seismic monitoring of hydrocarbon deposits by selection of the optimal hardware solution. The characteristics of the target signals from local microseismic events for problems of monitoring of deposits development is formulated. Comparative analysis of modern seismic sensors and recorders was carried out. Also, recommendations for the equipment selection for the monitoring of deposits development were suggested.

Key words: Seismic monitoring, deposits safety, seismic recorders, seismic sensors.

Процесс длительной разработки месторождений полезных ископаемых, в частности углеводородов, зачастую сопровождается проявлением повышенной сейсмичности, приводящей к различным негативным последствиям в районе добычи, что в свою очередь может нанести значительный экономический ущерб. Выделять зоны и контролировать динамику активизации сейсмичности в массиве горных пород позволяет сейсмический мониторинг.

Работы по сейсмическому мониторингу месторождений в первую очередь нацелены на регистрацию слабых сигналов от локальных землетрясений [1], [2], [3]. Выбор

необходимой аппаратуры осложняется тем, что существующие стандартные решения как правило изначально были разработаны для сейсморазведки (высокие частоты, низкая чувствительность) либо сейсмологии (низкие частоты, высокая чувствительность). При этом стандартное сейсморазведочное оборудование оказывается намного дешевле сейсмологической аппаратуры. В то же время, неверный подбор аппаратуры может привести как к ошибкам в результатах исследований, так и к отсутствию результатов как таковых. А использование аппаратуры с избыточными характеристиками может привести к необоснованному завышению затрат на мониторинг.

В данной работе обоснован выбор сейсмометров для проведения локального сейсмического мониторинга: частотный диапазон должен начинаться от 1 Гц, а чувствительность сейсмометра не имеет значения при использовании современных регистраторов с хорошими входными усилителями (от 36 Дб).

Показано, что использование высокочастотных сейсморазведочных геофонов (от 10 Гц) не удовлетворяет требованиям микросейсмического мониторинга при регистрации локальных землетрясений. Неправильный выбор датчика приводит к занижению наблюдаемых амплитуд сигналов, что в свою очередь ведет к недооценке энергии сейсмических событий.

Показано, что для задач локального мониторинга нет необходимости использовать дорогие сейсмологические широкополосные сейсмометры. Использование более дешевых датчиков (рабочая полоса от 1 Гц) позволит увеличить количество точек регистрации. Это приведет к повышению чувствительности сети и повышению информативности мониторинга разработки месторождений.

Кроме того, в работе обоснован выбор оптимального сейсмического регистратора. Для сравнения и выбора регистраторов проводится построение частотной характеристики их собственных шумов (спектральная плотность мощности (СПМ)) в целевом частотном диапазоне. Значения СПМ характеризуют собственный шум регистратора на разных частотах  $f$  [4].

С помощью пакета MATLAB была построена СПМ разных моделей регистраторов, и проведено сравнение их внутренних шумов. Результаты эксперимента показали, что уровень внутренних шумов для регистраторов разных производителей или разных серий одного производителя могут сильно отличаться. Поэтому необходимо проводить изучение собственных шумов всех регистраторов после приобретения. Лучшие модели современных регистраторов обеспечивают уровень внутреннего шума не более  $3 \times 10^{-4}$  мкВ<sup>2</sup>/Гц в диапазоне частот от 1 до 100 Гц.

Также показано, что использование регистратора с высоким уровнем собственного шума будет приводить к потере слабых сейсмических событий, т.е. к падению чувствительности сети микросейсмического мониторинга. На примере реального набора данных показано, что потери могут составлять до 36 % от числа событий в каталоге.

#### **Литература:**

1. Левин Б.В., Сасорова Е.В., Борисов С.А., Борисов А.С. Оценка параметров слабых землетрясений и их сигналов. Вулканология и сейсмология. 2010. № 3. С. 60-70.
2. Havskov J., Alguacil G. Instrumentation in earthquake seismology. Springer Science & Business Media. 2010. 365 p.
3. Kayal J. R. Microearthquake seismology and seismotectonics of South Asia. Springer Science & Business Media. 2008. 509 p.
4. Юшин В.И. Наглядные спектральные оценки сейсмических сигналов и аппаратурных шумов. Приборы и системы разведочной геофизики. 2003. № 4. С. 34-39.



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ УРАНА БАЖЕНОВСКОЙ  
СВИТЫ ПО ДАННЫМ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО КАРОТАЖА И  
РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА**

*Ермолович Д.Д.*

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия  
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука, Новосибирск, Россия  
[dimaermolovith97@gmail.com](mailto:dimaermolovith97@gmail.com)

Аннотация. По данным метода гамма-спектрометрического каротажа (СГК) и анализа кернового материала получены сведения о распределении урана в отложениях баженовской свиты. Установлена зависимость «кern-кern», описывающая содержание урана и Сорг, в том числе по основным литологическим типам пород баженовской свиты, которая удовлетворительно согласуется с данными, полученным ранее другими исследователями. Оценено относительное содержание породообразующих компонент и построена объемная модель по данным геофизических исследований скважин (ГИС) с выделением основных литотипов в интервале баженовской свиты скважины с помощью программного обеспечения GeoOfficeSolver. По полученным результатам проведен сопоставительный анализ соотношения Сорг и урана по ГИС и установленной зависимости «кern-ГИС».

Ключевые слова: баженовская свита, уран, гамма-спектрометрия, органическое вещество, литологическая интерпретация, породообразующие компоненты.

**DETERMINATION OF RELATIVE CONCENTRATIONS OF URANIUM IN THE  
BAZHENOV FORMATION ACCORDING TO GAMMA-RAY LOGGING AND CORE  
SAMPLES.**

*Ermolovich D.D.*

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia  
Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia  
[dimaermolovith97@gmail.com](mailto:dimaermolovith97@gmail.com)

Abstract. According to Gamma-Ray (GR) logging method and core samples, the information was obtain on the distribution of uranium in three wells. The dependence of "core-core" on the content of uranium and Corg was establish, including the main lithological types of rocks of the Bazhenov formation, which satisfies the data obtained by previous researchers. The relative content of rock-forming components was estimate, and the volume model based on logging methods was construct, with the identification of the main lithotypes in the interval of the Bazhenov formation of one well using the GeoOfficeSolver software. According to the volume model, a comparative analysis of the correlation between Corg and uranium in GR and the dependence of "core-logging" was carry out.

Key words: Bazhenov formation, uranium, gamma-ray logging, organic matter, lithological interpretation, rock-forming components.

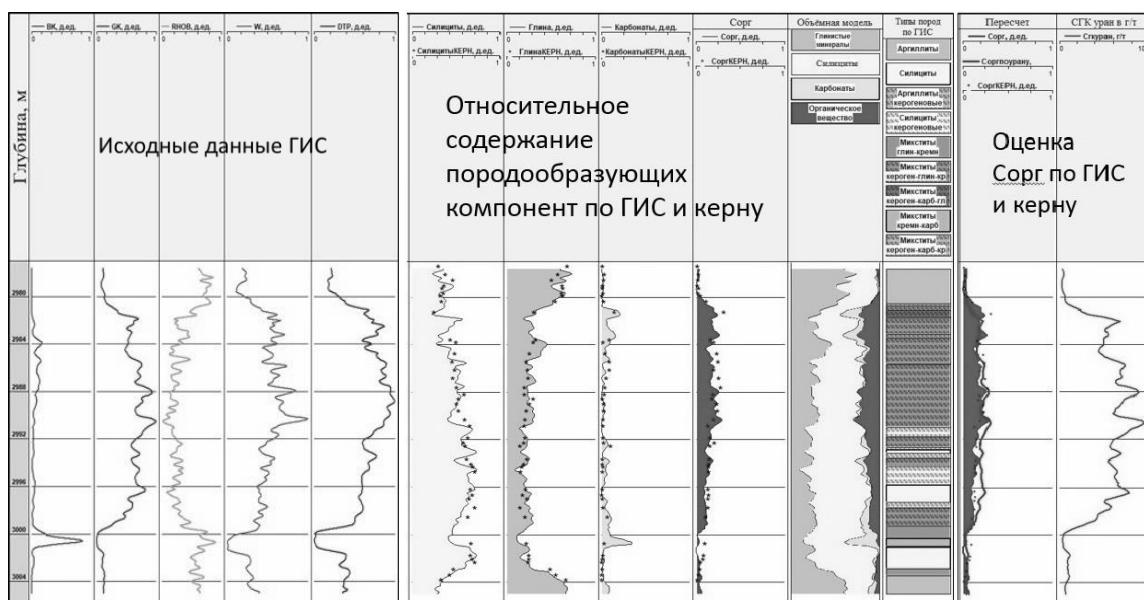
В представленной работе освещается вопрос изучения пространственного распределения урана в отложениях баженовской свиты как одного из уникальных объектов Западной Сибири. Основные исследования связаны с анализом результатов лабораторных исследований образцов керн и установлению связи содержания урана с органическим веществом ( $C_{org}$ ), а также с построением объемной модели по данным методов ГИС с выделением основных литологических типов пород в рамках новой классификации баженинов [1].

Выполнен анализ результатов лабораторных исследований образцов керн из интервалов баженовской свиты нескольких скважин Широкого Приобья. По содержанию урана в образцах керн, отмечается, что его наименьшее содержание имеют аргиллиты, подстилающие и перекрывающие породы баженовской свиты, также характеризующиеся наименьшим содержанием органического вещества. Карбонатно-глинистые породы содержат несколько больше урана, чем аргиллиты. При этом наибольшее содержание урана характерно для микститов и силицитов. Такое распределение в литературе описывается рядом причин, одной из которой мог стать повышенный привнос урана в бассейн седиментации из кор выветривания, развивающихся на континенте синхронно с материалом, поступавшим в бассейн баженовского моря в растворах, способствовавших интенсивному развитию в нем биогенных форм. Другой причиной могла быть медленная скорость седиментации, чем обусловлена высокая концентрация органического вещества в осадке, а также высоковосстановительные условия среды [2]. Высокая корреляция содержания урана с содержанием органического углерода подтверждается многими учеными, изучавшим радиоактивность баженовской свиты [3,4,5].

В настоящее время большое внимание уделяется развитию литологической интерпретации данных ГИС [6-9]. В рамках настоящей работы выполняется изучение распределения содержания урана в различных породах баженовской свиты и сопоставление полученных результатов с данными керн. Для выделения основных литологических типов пород баженовской свиты по ГИС используется широко применяемый метод построения объемной модели [10].

Так, в интервале баженовской свиты одной из скважин по методам ГИС выполнена оценка относительного содержания породообразующих компонент керн и получена объемная модель, по которой установлено распределение основных литотипов пород с оценкой содержания  $C_{org}$  по ГИС и керну (рис. 1). По приведенным результатам видно, что баженовская свита сложена преимущественно глинисто-кремнистыми отложениями с высокой концентрацией урана, которая хорошо коррелирует с содержанием  $C_{org}$ . Результаты хорошо согласуются с данными, полученными на образцах керн.

Таким образом, выполнен анализ результатов лабораторных исследований образцов керн содержания урана и органического вещества и построены объемные модели по ГИС с выделением основных литологических типов баженовской свиты.



**Рисунок 1 – Диаграммы методов ГИС, относительное содержание породообразующих компонент по ГИС и керну, объемная литологическая модель и ее основные литотипы, распределение содержания Сорг по ГИС и керну.**

#### Литература:

1. Конторович А.Э., Ян П.А., Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г. Классификация пород баженовской свиты. Геология и геофизика. 2016. Т.57. №11. С. 2034-2043.
2. Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Эдер В.Г. Уран, торий и калий в черных сланцах баженовской свиты Западно-Сибирского морского бассейна. Литология и полезные ископаемые. 2016. № 1. С. 82-94.
3. Гавшин В.М., Бобров В.А., Демина Р.Г., Дорогиницкая Л.М. Распределение урана, тория и калия в морских терригенных отложениях мезозоя Западно-Сибирской плиты. Геохимия рудных элементов в процессах выветривания, осадконакопления и катагенеза. Новосибирск. ИГиГ СО АН СССР. 1979. С. 128–160.
4. Плуман И.И. Распределение урана, тория и калия в отложениях Западно-Сибирской плиты. Геохимия. 1975. № 5. С. 756–767.
5. Хабаров В.В., Нелепченко О.М., Волков Е.И., Борташевич О.В. Уран, калий и торий в битуминозных породах баженовской свиты Западной Сибири. Советская геология. 1980. № 10. С. 94–105.
6. Павлова М.А., Сухорукова К.В., Глинских В.Н., Казаненков В.А. Интерпретация материалов геофизических исследований скважин нефтеносного разреза баженовской свиты: литотипы и их физические параметры. «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012», VIII Международная конференция (Новосибирск, 10-20 апреля 2012 г.): материалы конференции. Новосибирск: СГГА. 2012. Т. 1. С. 127–131.
7. Павлова М.А., Сухорукова К.В., Глинских В.Н. Интерпретация данных электротометрии на интервале баженовской свиты. «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013», IX Международный научный конгресс (Новосибирск, 15-26 апреля 2013 г.): материалы конференции. Новосибирск: СГГА. 2013. Т. 2. С. 132–136.
8. Павлова М.А., Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Камкина А.Д., Глинских В.Н. Модель баженовской свиты на примере данных участка Салымского месторождения. Геология нефти и газа. 2015. № 3. С. 57–62.
9. Федосеев А.А., Глинских В.Н., Казаненков В.А. Относительное содержание породообразующих компонентов и основные литологические типы пород баженовской свиты и её стратиграфических аналогов по данным геофизических исследований скважин и керна. Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2018. Т. 13. № 2. 19 с.
10. Петерсилье В.И., Пороскун В.И., Яценко Г.Г. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом. Москва-Тверь. ВНИГНИ. НИЦ «Тверьгеофизика». 2003. 130 с.

**ИЗМЕНЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА ПАЛЕОЗОЙСКИХ НЕФТЕЙ  
ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.**

*Жердева А.В., Гончаров И.В., Фадеева С.В., Обласов Н.В., Веклич М.А.*

Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, Томск, Россия.

[ZherdevaAV@tomsknipi.ru](mailto:ZherdevaAV@tomsknipi.ru)

Аннотация. В рамках работы выполнена корреляция нефтей по изотопному составу углерода (ИСУ,  $\delta^{13}\text{C}$ ). Для исследования были выбраны 25 нефтей из 15 скважин ТО. Анализ выполнен для нефтей и выделенных из них фракций. По результатам анализа построены зависимости распределения ИСУ между фракциями. Максимальное изменение  $\delta^{13}\text{C}$  показали компоненты ароматической фракции, разброс значений для них составил 4,2 ‰. Проведены корреляции между молекулярными параметрами (МП) и изотопным составом. В результате выделены группы представителей палеозойских нефтей. Обнаружена связь между изменением ИСУ и МП термической зрелости.

Ключевые слова: Томская область, нефти палеозойского типа, изотопный состав углерода, катагенез.

**CHANGE CARBON ISOTOPIIC COMPOSITION OF PALEOSOIC OILS OF THE  
TOMSK REGION.**

*Zherdeva AV, Goncharov IV, Fadeeva SV, Oblasov NV, Veklich MA*

Tomsk research and design Institute of oil and gas, Tomsk, Russia.

[ZherdevaAV@tomsknipi.ru](mailto:ZherdevaAV@tomsknipi.ru)

Abstract. The carbon isotopic ratios ( $\delta^{13}\text{C}$ ) of Paleozoic-type oils of the Tomsk region were studied. The  $\delta^{13}\text{C}$  measurement was performed for oils and their chromatographic fractions. The distribution of  $\delta^{13}\text{C}$  between the fractions is constructed based on the results of the analysis. The maximum change in the carbon isotopic ratios showed the components of the aromatic fraction, the spread of the values for them was 4.2 ‰. Correlations were made between the molecular parameters and the values of  $\delta^{13}\text{C}$ . As a result, isolated groups of Paleozoic oil representatives. A relationship was found between the change in the carbon isotopic ratios and the molecular parameters of thermal maturity and facies-genetic.

Key words: Tomsk region, Paleozoic-type oil, carbon isotopic composition, catagenesis.

На территории Томской области (ТО) находится значительная часть залежей нефтей Западной Сибири (ЗС), происхождение которых связывают с нефтематеринскими породами палеозоя, поэтому разведка месторождений палеозойских нефтей является одним из перспективных ориентиров развития нефтегазоносности региона.

Исследованию палеозойских нефтей ЗС посвящено значительное количество работ (Гончаров, Конторович, Запивалов, Костырева, Бордюг и др.), но происхождение этих

нефтей до сих пор является предметом дискуссий. Сложности в исследовании и типизации связаны в первую очередь с проблемой исследования нефтематеринских пород (НМП) палеозоя. Этому препятствует невысокая освещённость скважин керновым материалом, низкое содержание органического вещества (ОВ) и зачастую полностью исчерпанный нефтегенерационный потенциал вероятных НМП. В результате нет возможности построения прямых корреляций между ОВ и нефтями. Кроме того, в силу длительного периода накопления палеозойских отложений (200 млн. лет), соответственно смены условий осадкообразования, нефти связанные с ОВ этих пород представляют собой *семейство* нефтей.

Молекулярный облик нефтей палеозоя имеет ряд особенностей. Характерным для него является преобладание С29 стерана над С28 [1]. Как правило, наблюдается резкое преобладание алкилбензолов с нечетными алкильными заместителями n-C15, n-C17 и n-C19 (параметр АВІ) [2], а также встречается необычное распределение длинноцепочечных алкилнафталинов [3]. Все это связано с определенным видом биопродуцентов, распространенным в палеозойское время [4,5]. Особый состав нефтей, генерированных ОВ пород палеозоя отличает их от нефтей мезозойского генезиса, но с увеличением зрелости особенности состава могут сглаживаться или попросту нивелироваться, что формирует сложности в разделении их по группам.

В рамках настоящей работы была выполнена корреляция палеозойских нефтей по изотопному составу углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ). Анализ выполнен как для самих нефтей, так и выделенных из них фракций. Для исследования были выбраны 25 нефтей из 15 скважин ТО.

По результатам анализа для всех нефтей построены зависимости распределения ИСУ между фракциями (рис 1а). Как видно из рисунка 1а, изотопные кривые имеют схожий между собой вид. Предел изменения значений ИСУ неразделенных нефтей составил порядка 3‰ (-31,5 ÷ -28,5‰). Максимальное изменение ИСУ отмечено для ароматической фракции, разброс значений  $\delta^{13}\text{C}$  для которой составил 4,2 ‰ (-30,8 ÷ -26,4‰). Аналогичный характер кривых распределения ИСУ мы наблюдали для экстрактов из пород баженовской свиты высокой катагенетической зрелости [6], что не противоречит представлениям о зрелости нефтей палеозойского типа.

Ранее нефти палеозойского генезиса ТО были разделены нами на несколько групп по молекулярному составу [7]. В одну из групп выделились нефти Кулгинского, Южно-Табаганского, Южно-Тамбаевского месторождений. Они характеризуются повышенным содержанием тетрациклического терпана состава С24 (отношение тетрациклического гопана состава С24 к трициклическому С26) по сравнению с остальными палеозойскими нефтями ТО и имеют самые высокие значения параметра АВІ. Данные особенности указывают на отличный от других палеозойских нефтей источник их образования.

Полученные результаты ИСУ нефтей этой группы показали крайние значения в диапазоне  $\delta^{13}\text{C}$  всех исследованных в данной работе образцов (Рис. 1б). Как известно, с течением катагенеза генерируемые породой углеводороды (УВ) обогащаются тяжелым изотопом. С ростом катагенеза также сглаживается распределение высокомолекулярных алкилбензолов, значения параметра АВІ уменьшаются [4]. Рисунок 1б показывает, что с уменьшением значений АВІ в нефтях происходит утяжеление ИСУ. При этом видно, что изменение этих параметров в целом происходит однонаправленно во всей выборке образцов, но нефти описанной выше группы выделяются в отдельный тренд. Это отчетливо видно и на рисунке 1в, где представлена зависимость параметра АВІ от  $T_s/T_m$  (отношение

трисноргопана и триснорнеогопана). Увеличение этого параметра также указывает на повышение термического воздействия на НМП.

В результате, при помощи полученных данных по ИСУ палеозойских нефтей ТО, дополнительно подтверждается версия о присутствии как минимум двух источников, участвующих в их генерации. С использованием ИСУ и МП выявлены различия в катагенезе ОБ этих пород. Таким образом, показано, что использование ИСУ наряду с МП информативно для корреляции и дискриминации нефтей по генетическим типам и катагенезу.

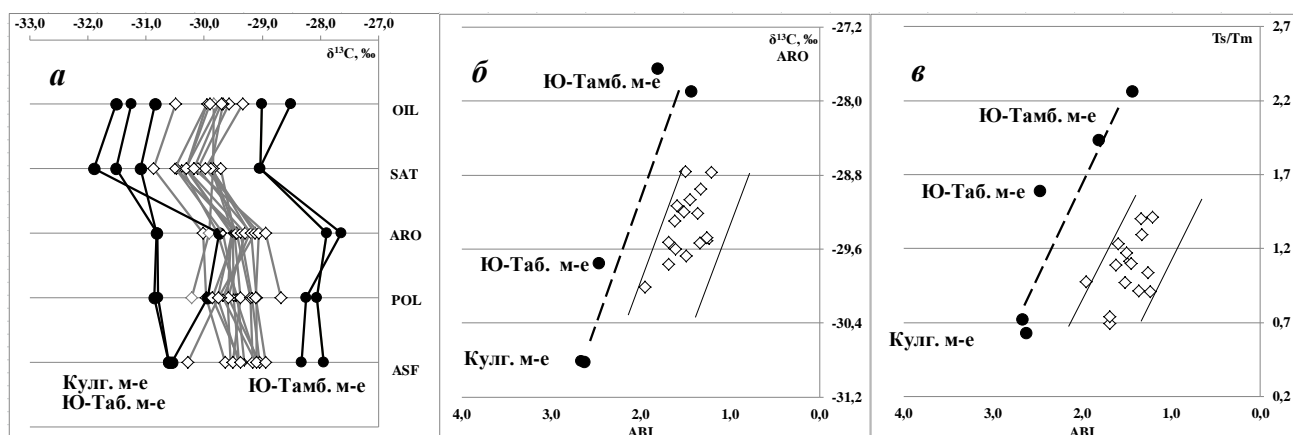


Рисунок 1 – Изменение изотопного состава углерода.

*а – распределение ИСУ между фракциями, б – зависимость изменения ИСУ от ABI, в – зависимость изменения ABI от Ts/Tm.*

OIL - неразделенная нефть, SAT (saturated HC) – насыщенные УВ, ARO (aromatic HC) – ароматические УВ, POL (polar HC) – смолы, ASF (asphaltene) – асфальтены.

#### Литература:

1. Lorenz Schwark, Petra Empt Sterane biomarkers as indicators of palaeozoic algal evolution and extinction events. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2006. Vol. 240 - P. 225–236.
2. Oblasov N.V., Goncharov I.V., Ostroukhov S.B., Samoilenko V.V., Fadeeva S.V. Alkylbenzenes composition as a possible age-related indicator. Abstracts of the communications presented to the 24th International Meeting on Organic Geochemistry. Bremen, September 06–11. 2009. Abstract No. P-320.
3. Goncharov, I.V., Nosova, S.V., Vyatkina N.V. On origin of long-chain alkylbenzenes and alkyl-naphthalenes. *The 20th International Meeting on Organic Geochemistry: Book of Abstracts (Nancy, 2001)* - P-TUE1-25.
4. Фадеева С.В. Генетические типы и катагенез нефтей юго-востока Западной Сибири. Диссертация на соискание учёной степени канд. геол.-минер. наук. Томск. 2013. 195 с.
5. Обласов Н.В. Геохимия углистого органического вещества и его роль в формировании месторождений нефти и газа на территории Томской области. Диссертация на соискание учёной степени канд. геол.-минер. наук. Томск. 2010. 155 с.
6. Goncharov I.V., Samoilenko V.V., Veklich M.A., Zherdeva A.V. Carbon isotopic composition of extracts from the rocks of the bazhenov formations and its stratigraphic analogues. *The 28th International Meeting on Organic Geochemistry: Book of Abstracts (Florence, Italy, September 17-22, 2017)*. - P.748-749
7. Goncharov I.V., Fadeeva S.V., Oblasov N.V., Samoilenko V.V. Revisiting the Nature of Paleozoic Oils in the South-East of Western Siberia. *The 27th International Meeting on Organic Geochemistry: Book of Abstracts (Prague, Czech Republic, September 13-18, 2015)*. – Abstract No. D0118.

**ЛЕТУЧИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В КОРДИЕРИТАХ  
МУЗКОЛЬСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ПЕГМАТИТА  
КУХИ-ЛАЛА (ПАМИР)**

(по данным газовой хромато-масс-спектрометрии)

*Затолокина К.И.*

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева, Новосибирск, Россия  
Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

[igor.geyts@gmail.com](mailto:igor.geyts@gmail.com)

Аннотация. Впервые методом беспиролизной газовой хромато-масс-спектрометрией были проанализированы кордиериты Памира и обнаружены летучие компоненты представителей не менее 12 гомологических рядов органических соединений. На их долю в целом приходится до 10-12 отн.%. На основе полученных данных, для кордиерита Музкольского комплекса характерен преимущественно водный состав флюида: CO<sub>2</sub> – 27.8 отн.% и H<sub>2</sub>O – 60.3 отн.%; мольная доля диоксида углерода (CO<sub>2</sub>/(CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O)) равна 0.32. Обнаруженная разница концентраций H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> в центральной и краевой частях образца Кухи-Лала, свидетельствует о том, что кордиерит является не только пробоотборником флюидной фазы, но и отражает эволюцию состава флюида.

Ключевые слова: флюидные компоненты, кордиерит, летучие органические соединения, газовая хромато-масс-спектрометрия.

**VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN THE CORDIERITES OF THE MUZKOL  
METAMORPHIC COMPLEX AND PEGMATITE KUKHI-LALA (PAMIR)**

(according to gas chromatography-mass spectrometry)

*Zatolokina K.I.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia  
Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

[igor.geyts@gmail.com](mailto:igor.geyts@gmail.com)

Abstract. For the first time, the Pamir cordierites were analyzed by the method of without pyrolysis gas chromatography-mass spectrometry and the volatile components of at least 12 homologous rows of organic compounds were detected. Their share as a whole accounts for up to 10-12 rel.%. Based on the data obtained, the Cordierite of the Muzkol complex is characterized mainly by the water composition of the fluid: CO<sub>2</sub> - 27.8 rel.% and H<sub>2</sub>O - 60.3 rel.%; the mole fraction of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>/(CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)) is 0.32. The detected difference in the concentrations of H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> in the central and marginal parts of the Kukhi-Lal sample suggests that cordierite is not only a sampler for the fluid phase, but also reflects the evolution of the fluid composition.

Keywords: fluid components, cordierite, volatile organic compounds, gas chromatography-mass spectrometry.

Перспективными пробоотборниками минералообразующего флюида могут быть как флюидные включения, так и минералы, в структуре которых достаточно резервных полостей и каналов, обуславливающих потенциальную возможность размещения в них объемных органических соединений. К ним относится микропористый каркасный алюмосиликат кордиерит, встречающийся в метаморфических породах эпидот-амфиболитовой, амфиболитовой и гранулитовой фаций, в ксенолитах гранитов, в самих гранитах, в пегматитах, в роговиках, в кварцевых жилах, а также в горелых породах, в ксенолитах вулканитов, в лунных породах и даже в метеоритах.

На сегодняшний день, достаточно хорошо изучено положение молекул воды и диоксида углерода в кордиерите. Существует большое количество работ по исследованию кордиерита методами ИК-спектроскопии [1], масс-спектрометрии [2,3, 4], хроматографии [5], как зарубежных авторов, так и. Все предыдущие работы сводились к термическим методам изучения воды и диоксида углерода в структурных каналах. Цель наших исследований – впервые данным методом оценить присутствие в кордиерите других флюидных компонентов.

Для изучения состава флюидных компонентов в кордиерите и его аналитической воспроизводимости был использован ювелирный кордиерит из метаморфических пород эпидот-амфиболитовой фации Музкольского комплекса, Памир. Для выявления особенностей локализации летучих компонентов в кордиерите ( $F=21.5\%$ ) из пегматита Кухи-Лала были проанализированы центр и край. Методом капиллярной газовой хромато-масс-спектрометрии определены компонентный состав и относительные концентрации (отн.%) летучих из разных зон и фракций кордиерита. Экстракция газовой смеси произведена без пиролиза при ударном разрушении образца в потоке инертного газа.

Было проведено более десяти опытов в одном образце Музкольского комплекса, в каждом из которых обнаружено от 165 до 170 летучих компонентов, являющихся представителями не менее 12 гомологических рядов органических соединений. Установлено (табл. 1), что доминирующим флюидными компонентами во всех опытах являются  $H_2O$  (в пределах 57–59%) и  $CO_2$  (25.8–32%). Содержание алифатических углеводородов 3,5–4.2%, включая парафины и олефины. Суммарная концентрация циклических углеводородов, нафтенов, аренов и ПАУ, около 0.6–1.9%. Доля кислородсодержащих углеводородов около 5–9,2%: спирты, простые и сложные эфиры – 0.8–1.9%; альдегиды – 2.5–4.6%, кетоны – 1–2%, карбоновые кислоты – 0.6–1.6%. Количество серосодержащих соединений составляет не более 0.1–0.3%. Суммарная концентрация азотсодержащих соединений около 0.6–0.8%.

Следует обратить внимание, что в кордиерите Кухи-Лала тренд распределение тех же летучих компонентов близок к Музкольскому: также преобладает вода и диоксид углерода. Доля других компонентов не превышает 12 отн. % (табл. 1). Обнаруженная разница в концентрациях воды и  $CO_2$  в центральной и краевой зонах может быть объяснена потерей воды в краевой части кристалла при посткристаллизационном прогреве, благодаря сохранению мультимодальности внутри каждого класса органических соединений.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что в кордиеритах, помимо  $H_2O$  и  $CO_2$ , присутствуют другие летучие органические соединения, в зависимости от фракции, зоны кристалла, содержание их варьирует. На долю органических соединений в целом приходится до 10-15%. Количество азот и серосодержащих соединений не превышает 1%.

Научный руководитель - д.г.-м.н. А.А. Томиленко.



**Таблица 1 Распределение флюидных компонентов в кордиеритах Музкольского метаморфического комплекса и месторождения Кухи-Лал.**

Флюидные компоненты (в отн.%)	Музкольский (фракция)			Кухи-Лал (кристалл)	
	1	2	3	Центр	Край
<b>Углеводороды</b>	<b>9.42</b>	<b>14.36</b>	<b>13.22</b>	<b>5.09</b>	<b>10.4</b>
<b>Алифатические:</b>	<b>3.54</b>	<b>4.17</b>	<b>3.69</b>	<b>1.26</b>	<b>3.42</b>
• Парафины	1.57	1.73	1.74	0.51	1.33
• Олефины	1.97	2.44	1.95	0.75	2.09
<b>Циклические:</b>	<b>0.68</b>	<b>0.65</b>	<b>1.86</b>	<b>0.15</b>	<b>0.27</b>
• Циклоалканы (нафтены)	0.055	0.07	0.11	0.02	0.05
• Арены	0.62	0.58	1.75	0.14	0.23
<b>Гетероциклические:</b>	<b>0.24</b>	<b>0.31</b>	<b>0.35</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>
• Диоксаны	0.05	0.07	0.04	0.001	0.002
• Фураны (эфиры)	0.19	0.24	0.31	0.02	0.04
<b>Кислородосодержащие:</b>	<b>4.97</b>	<b>9.23</b>	<b>7.32</b>	<b>3.7</b>	<b>6.67</b>
• Спирты, простые и сложные эфиры	0.84	1.88	1.04	0.6	1.04
• Альдегиды	2.5	4.61	3.72	2.2	3.75
• Кетоны	1.02	1.89	0.97	0.3	0.88
• Карбоновые кислоты	0.61	0.84	1.59	0.6	1
<b>Азотсодержащие соединения (N<sub>2</sub>-C<sub>9</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>)</b>	<b>0.56</b>	<b>0.76</b>	<b>0.56</b>	<b>0.12</b>	<b>0.4</b>
<b>Серосодержащие соединения (COS-C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>S)</b>	<b>0.29</b>	<b>0.18</b>	<b>0.12</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>32.05</b>	<b>25.79</b>	<b>29.04</b>	<b>5.54</b>	<b>23.49</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>57.68</b>	<b>58.91</b>	<b>57.06</b>	<b>89.23</b>	<b>65.67</b>
<b>C/(H+O+C)</b>	0.357	0.305	0.337	0.062	0.358
<b>Общее количество компонентов</b>	165	170	166	166	170

**Литература:**

1. Сокол Э.В., Столповская В.Н., Лепезин Г.Г. Новые данные о воде в кордиеритах (по материалам ИК-спектроскопии) // Доклады РАН, 1998. - Т.359. №5. - С. 671-675.
2. Лепезин Г.Г., Меленевский В.Н. Проблема H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> в кордиеритах // Доклады АН СССР, 1983. - Т.269. - № 4. - С.920-924.
3. Лепезин Г.Г., Меленевский В.Н., Осоргин Н.Ю., Юрковский С.А. Определение коэффициентов диффузии воды в кордиеритах // Доклады АН СССР, 1983. - Т.268. - № 5. - С.1218-1222.
4. Лепезин Г.Г., Осоргин Н.Ю., Шведенков Г.Ю. Определение коэффициентов диффузии CO<sub>2</sub> в кордиеритах // Доклады АН СССР, 1984. - Т.275. - № 4. - С.970-974.
5. Бульбак Т.А., Шведенкова С.В. Зависимость содержания воды в каналах структуры от состава Fe-Mg-твердых растворов кордиерита. Доклады АН, 2008. - Т. 419. - № 5. - С. 661-664.

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В САХАЛИНСКОМ РЕГИОНЕ

*Земцов А.Д.*

Филиал Военной Академии Ракетных Войск Стратегического Назначения имени Петра Великого, Серпухов, Россия  
[zemec76@gmail.ru](mailto:zemec76@gmail.ru)

Аннотация. Рассматривается вопрос идентификации сейсмических событий с помощью нейронных систем и оценивается точность нейронной сети.

Ключевые слова: нейронные сети, сейсмическое событие, сейсмический сигнал, станционные дискриминанты, сейсмические волны.

### IDENTIFICATION OF SEISMIC SIGNALS IN SAKHALIN AREA USING NEURAL NETWORKS.

*Zemtsov A.D.*

The Branch of the Military Academy ISBM them Peter the Great, Serpukhov, Russia,  
[zemec76@gmail.com](mailto:zemec76@gmail.com)

Abstract. The article deals with the identification of a seismic event using neural systems and estimates the accuracy of the neural network.

Keywords: neural networks, seismic event, seismic signal, station discrimination, seismic waves.

В настоящее время, нейронные сети применяются в различных областях науки и техники. Актуальным вопросом повышения эффективности функционирования сейсмического метода специального мониторинга является применение нейронных сетей для селекции сейсмических сигналов различной природы.

Для исследования эффективности применения систем искусственного интеллекта, в данной работе проведен эксперимент и построена модель нейронной сети для различия землетрясений ближней (до 200 км) и региональной (200-2500 км) зоны. Данные для эксперимента взяты из научной работы «Анализ формы записей землетрясений ближней и региональной зон с использованием цифровых каналов регистрации комплекса К-802-ГЕО на основе коровых волн (Pn, Pb, Pg; Sn, Sb, Sg; Lg...) для 10 ЗМТ ближней зоны (до 200 км) и 10 ЗМТ региональной зоны (от 200 до 2500 км)», проведенной в зональной лаборатории специального контроля (г. Южно-Сахалинск).

В таблице 1 представлены параметры сейсмических сигналов от землетрясений в ближней зоне, а в таблице 2 для сейсмических сигналов от землетрясений в региональной зоне, где

$t_1, t_2, t_3$  – значение длительности в секундах для первой второй и последней сейсмической волны соответственно.

$T_1, T_2, T_3$  – значение характерных периодов в секундах для первой второй и последней сейсмической волны соответственно.

$A_1, A_2, A_3$  – значение амплитуды в микрометрах для первой второй и последней сейсмической волны соответственно.

$T$  – общая длительность сейсмического сигнала в секундах.

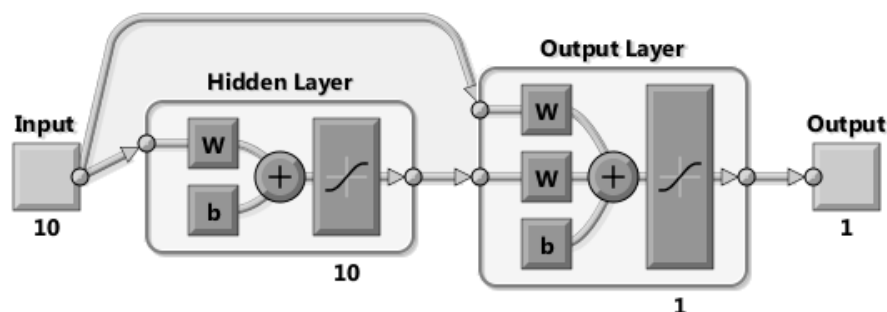
**Таблица 1. Данные для сейсмических сигналов от землетрясений из ближней зоны**

T, с	A1	T1	t1	A2	T2	t2	A3	T3	t3
23	0,034	0,6	2,8	0,198	0,9	4	0,036	0,7	17
59	0,008	0,7	9	0,012	0,9	6	0,016	0,6	44
63	0,021	0,8	11,3	0,012	0,7	8	0,012	0,8	35
37	0,015	0,8	2,3	0,053	0,7	5	0,019	0,7	25
50	0,007	0,7	4	0,013	0,8	4	0,011	0,8	42
31	0,004	0,9	2,5	0,026	0,6	4	0,01	0,8	25
24	0,026	0,7	4,2	0,133	1	3,5	0,028	0,8	16,5
27	0,016	0,6	5,6	0,027	0,7	5	0,015	0,9	17
50	0,017	0,7	3	0,062	0,8	3	0,028	0,7	44
59	0,011	0,8	9,5	0,018	0,7	3	0,016	0,8	47

**Таблица 2. Данные для сейсмических сигналов от землетрясений из дальней зоны**

T, с	A1	T1	t1	A2	T2	t2	A3	T3	t3
102	0,038	1	9	0,018	0,9	7,5	0,012	1	35
158	0,03	0,8	11,8	0,038	0,8	6	0,024	0,8	82,6
106	0,063	0,7	9,8	0,119	0,9	9	0,051	0,7	82
84	0,026	0,9	9,8	0,023	0,7	20	0,023	1	40
156	0,014	0,7	12	0,011	0,8	29	0,012	1,1	90
235	0,563	0,8	16,6	0,708	1	24	0,211	1	126
80	0,021	0,7	5,7	0,011	0,9	12	0,044	1,4	30
77	0,049	1,1	11,2	0,017	1	14	0,019	1,2	37
156	0,032	0,7	24,1	0,021	0,7	25,5	0,013	0,9	70
172	0,046	0,7	16	0,031	0,8	15	0,02	1	72

Основываясь на результатах исследований [2], выбор архитектуры нейронной сети был сделан в пользу сверточной нейронной сети с функцией активацией TANSIG. Ее структура представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 - Структура нейронной сети**

Результаты эксперимента представлены на рисунке 2. Исходя из данного графика, можно сделать вывод, что сверточная нейронная сеть за 9 эпох обучения достигает значения

среднеквадратической ошибки в определении типа сигнала порядка  $10^{-6}$ , что говорит о высокой точности работы данной сети.

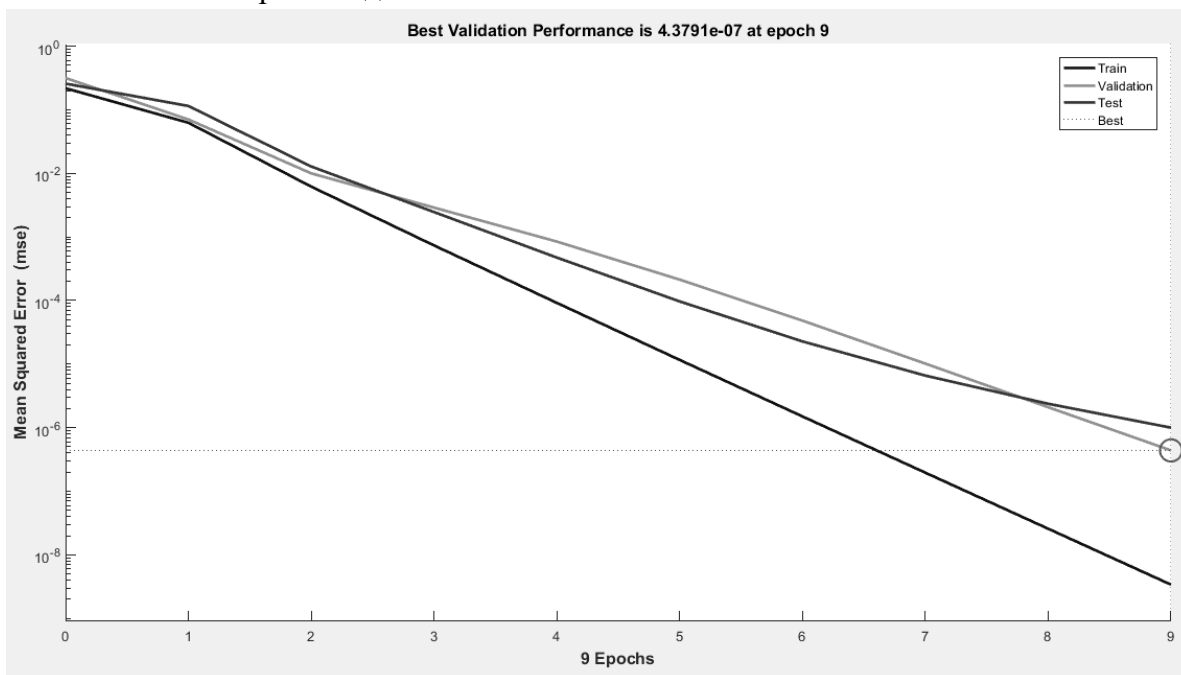


Рисунок 2 - Зависимость среднеквадратической ошибки от количества эпох обучения

В результате проведенных исследований, можно сформулировать следующие выводы:

1. Нейронная сеть в задачи селекции сейсмических сигналов достигает точности порядка  $10^{-6}$  при распознавании сигналов от землетрясений в ближней и региональной зонах на основе коровых волн.
2. Среднеквадратические ошибки тестового набора данных составили порядка  $10^{-4}$ .

#### Литература:

1. Земцов А.Д., Глазов Д.Н. - Идентификация сейсмических сигналов по одному дискриминанту с применением нейронных сетей. Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем. 2018. Т. 36 № 7. С. 99-103.
2. Кедров О.К. Сейсмические методы контроля ядерных испытаний – М.; Саранск: Тип. «Красный Октябрь», 2005, 420 с.

**КЕМБРИЙСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ШУРМАКСКОЙ СВИТЫ: СОСТАВ И ВОЗРАСТ  
ПОРОД ПИТАЮЩИХ ПРОВИНЦИЙ***Иванов А.В.*

Институт геологии и минералогии им. В.С.Соболева СО РАН<sup>1</sup>, Новосибирск  
Иркутский государственный университет, Иркутск, [ivanov-tunguska@mail.ru](mailto:ivanov-tunguska@mail.ru)

Аннотация. Изучен состав и определен возраст пород шурмакской свиты юго-западной части Сангиленского нагорья. В результате U-Pb датирования цирконов из туфа известково-щелочного состава установлен возраст накопления осадочно-вулканогенных пород шурмакской свиты на рубеже 500 млн лет. Источниками сноса послужили породы палеопротерозойского континентального блока. В результате проведенного исследования не установлено ни единого факта в пользу того, что породы шурмакской свиты могут являться составной частью Агардакского блока офиолитов и меланжа, как это представлено на современных тектонических схемах.

Ключевые слова: конгломераты, U-Pb датирование цирконов.

**CAMBRIAN DEPOSITS OF SHURMAK FORMATION: COMPOSITION AND AGE OF  
SOURCE AREA ROCKS***Ivanov.A.V.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk  
Irkutsk State University, Irkutsk, [Ivanov-tunguska@mail.ru](mailto:Ivanov-tunguska@mail.ru)

Abstract. The composition was studied and the age of the Shurmak formation of the south-western part of the Sangilen highlands was determined. As a result of U-Pb zircon dating from tuff with calcium-alkaline composition, the age of accumulation of sedimentary-volcanogenic rocks of the Shurmak formation at 500 Ma is established. Source areas for these sediments were rocks of paleoproterozoic continental block. As a result of the study, there is not a single fact that the rocks of the Shurmak formation can be an integral part of the Agardak block of ophiolites and melange, as it is represented in modern tectonic schemes.

Key words: conglomerates, U-Pb zircon dating

Объектом нашего исследования стали породы осадочно-вулканогенного комплекса шурмакской свиты юго-западной части Сангиленского нагорья. Основную часть свиты составляют конгломераты, в подчиненном количестве в разрезе присутствуют туфопесчаники и эффузивы основного состава. В нижней части разреза преобладают песчаники и алевролиты с редкими прослоями вулканитов основного состава. Выше в разрезе начинают преобладать конгломераты, переслаивающиеся с туфопесчаниками и туфами. Органических остатков в изучаемых породах не обнаружено, поэтому их возраст принят условно кембрийским.

В разрезе свиты преобладают грубообломочные породы. Это указывает на недалекий перенос обломочного материала от источников сноса до бассейна осадконакопления пород шурмакской свиты. Целью наших исследований стали оценка времени седиментации отложений шурмакской свиты и определение состава и возраста пород питающих провинций.

В конгломератах установлено преобладание крупных гранитных окатанных обломков и отмечен их однородный состав. Так по своим петрографическим и геохимическим характеристикам гранитные валуны по своему составу отвечают тоналитам. Кроме этого, среди крупных обломков валунной размерности в достаточно большом количестве присутствуют обломки основных и ультраосновных пород, а также аргиллиты и кремнистые осадочные породы. Среди магматических пород, согласно петрографическим и петрохимическим (диаграмма TAS) характеристикам преобладают обломки базальтов, реже андезибазальтов, трахеандезибазальтов, андезитов и дацитов. Ультраосновные породы представлены единичными валунами пикробазальтов, в том числе, умеренощелочных.

Возраст отложений шурмакской свиты определен нами на основе U-Pb датирования цирконов из туфов средней части разреза. Туфы по своему составу отвечают андезибазальтам. Возраст цирконов из этих пород определен в интервале 495-505 млн лет на основе их U-Pb датирования методом LA-ICP-MS (ГЕОХИ РАН) и отражает возраст накопления осадочно-вулканогенной толщи шурмакской свиты.

О туфогенной природе матрикса конгломератов свидетельствуют данные о возрасте обломочных цирконов в их составе. Наиболее представительная популяция имеет аналогичный с туфами возраст на рубеже 500 млн лет. Кроме этого представительной является популяция цирконов с возрастом 800 млн лет. Единичные зерна имеют палеопротерозойский возраст. Аналогичное распределение возраста популяций цирконов имеют туфопесчаники из нижней части разреза.

Датирование крупных валунов из конгломератов дали следующие результаты. Два валуна тоналитов имеют идентичный возраст цирконов, который составляет 800 млн лет. Единичные зерна цирконов в этих валунах имеют палеопротерозойский возраст 2.1 и 2.4 млрд лет. При выделении цирконов из валуна кислого вулканита было выделено всего 15 зерен для которых было получено 7 конкорданных значений определений их возраста. Наиболее молодое зерно имеет возраст 780 млн лет. Все остальные зерна имеют палеопротерозойский возраст от 2.4 до 2.57 млрд лет. Близость оценки возраста валунов гранитов и кислых вулканитов позволяет полагать что они образовались в результате единого тектономагматического события в пределах одного палеопротерозойского блока на рубеже 800 млн лет.

Для всех датированных пород шурмакской свиты – туфопесчаников, матрикса и валунов из конгломератов изотопные Sm-Nd характеристики имеют палеопротерозойский модельный возраст от 1.7 до 2.4 млрд лет при  $\epsilon Nd$  от -3.4 до -8.6. Эти данные в совокупности с результатами датирования цирконов указывают на преобладание в источниках сноса древнего корового материала палеопротерозойского возраста.

Таким образом, источниками обломочного материала для терригенных пород шурмакской свиты являются породы палеопротерозойского блока, в том числе граниты и вулканиты с возрастом около 800 млн лет. Одновременно с накоплением отложений этой свиты в осадочном бассейне происходила активная вулканическая деятельность, которая так же поставляла материал в бассейн седиментации.

Результаты этого исследования указывают на более позднее совмещение отложений шурмакской свиты с породами Эрзинского метаморфического комплекса, возраст гранулитового метаморфизма которого определен в интервале 505-495 млн лет [1] и не проявлен в породах шурмакской свиты. Другим следствием данного исследования является отсутствие связи пород шурмакской свиты с комплексами Агардакского террейна офиолитов и меланжа [2], как считалось раньше. Накопление отложений шурмакской свиты происходило в осадочном бассейне в пределах континентального палеопротерозойского блока.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 18-05-006044*

#### **Литература:**

1. Козаков И. К., Азимов П. Я. Геодинамическая обстановка формирования гранулитов Сангиленского блока Тувино-Монгольского террейна (Центрально-Азиатского складчатого пояса). Петрология. 2017. Т. 25. № 6. С. 635–645.
2. Симонов В.А., Сафонова И.Ю., Ковязин С.В., Котляров А.В. Физико-химические параметры неопротерозойского и раннекембрийского плюмового магматизма Палеоазиатского океана. Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 5 С. 648-664.

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСУШЕНИЯ БОЛОТА В БАССЕЙНЕ Р. ГАВРИЛОВКА

*Иванова Е.С.<sup>1,2</sup>, Гашкова Л. П.<sup>1,2</sup>, Малолетко А.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Сибирский научно-исследовательский институт Сельского хозяйства и торфа, Томск, Россия, [gashkova-lp@rambler.ru](mailto:gashkova-lp@rambler.ru)

<sup>2</sup>Научно-исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается изменение соотношения видов травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов верхового сосново-кустарничково-сфагнового болота в результате осушения. Обнаружено снижение проективного покрытия *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre* и *Rubus chamaemorus*. Проективное покрытие *Vaccinium uliginosum* и *Andromeda polifolia* наоборот, увеличивается на осушенном болоте. В моховом ярусе влияние осушения сказалось на уменьшении частоты встречаемости *Sphagnum angustifolium* и *Sphagnum magellanicum* и увеличении этого показателя у зелёных мхов *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum* и *Polytrichum strictum*.

Ключевые слова: Осушение, верховое болото, проективное покрытие, частота встречаемости видов.

## EVALUATION OF VEGETATION CHANGES AS A RESULT OF DRAINING OF THE BOG IN THE GAVRILOVKA RIVER BASIN

*Ivanova E.S.<sup>1,2</sup>, Gashkova L.P.<sup>1,2</sup>, Maloletko A.A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Siberian Research Institute of Agricultural and Peat, Tomsk, Russia,

<sup>2</sup>National Research Tomsk state university, Tomsk, Russia, [gashkova-lp@rambler.ru](mailto:gashkova-lp@rambler.ru)

Abstract. The article considers the change in the ratio of species of grass-shrub and moss-lichen tiers of the upper pine-shrub-sphagnum bog due to draining. A decrease in the projective coverage of *Chamaedaphne calyculata* (3.6 times), *Ledum palustre* (about 6 times) and *Rubus chamaemorus* (4-fold) was detected. Projective coverage of *Vaccinium uliginosum* and *Andromeda polifolia*, on the contrary, increases on drained sites. In the moss layer, the effect of drainage influenced the decrease in the frequency of occurrence of *Sphagnum angustifolium* (3.4 times) and *Sphagnum magellanicum* (9-fold) and the increase in this value in green mosses *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum* and *Polytrichum strictum*.

Key words: drainage, bog, projective cover, frequency of occurrence of species.

Торфяные месторождения представляют собой хранилища углерода глобального масштаба [1]. Болота служат местообитаниями для многих высокоспециализированных видов растений и животных [2]. Торфяная залежь является архивом для палеоэкологических исследований [3]. Осушение вызывает изменение экосистемы болота,



приводящее к увеличению биогеохимической активности видов [4]. На болотах после осушения резко увеличивается вероятность пожаров [5]. Все перечисленные изменения приводят к трансформации растительности на осушенных участках [6].

Целью данной работы было проследить изменения соотношения видов травяно-кустарничкового и мохового ярусов на верховом болоте после осушения.

Исследования проводились в пределах Бакчарского района Томской области, на двух участках болот, расположенных в междуречье Иксы и Бакчара. Одно из болот осушено в начале 80-х годов прошлого века, находится в бассейне р. Гавриловка. Второе болото расположено за несколько километров за пределами осушительной сети, в бассейне р. Ключ. Растительность исследованных участков представляет собой сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз. Для сравнения соотношения видов травяно-кустарничкового яруса рассматривалось проективное покрытие видов. Для выявления различий в пределах мохового яруса сравнивалась частота встречаемости видов мхов.

При сравнении видов травяно-кустарничкового яруса выяснилось, что на осушенных участках резко снижается проективное покрытие кустарничков *Chamaedaphne calyculata* (в 3,6 раз), *Ledum palustre* (почти в 6 раз) и морошки *Rubus chamaemorus* (в 4 раза). Кустарнички *Vaccinium uliginosum* и *Andromeda polifolia* наоборот, увеличивают проективное покрытие на осушенных участках соответственно в 8 и 2 раза. Проективное покрытие *Oxycoccus microcarpus* достоверно не меняется (рисунок 1).

Сравнение видов мохово-лишайникового яруса показало на осушенном участке снижение частоты встречаемости *Sphagnum angustifolium* (в 3,4 раза) и *Sphagnum magellanicum* (в 9 раз). Зелёные мхи *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum* и *Polytrichum strictum*, напротив, показывают увеличение частоты встречаемости на осушенных участках (рисунок 2).

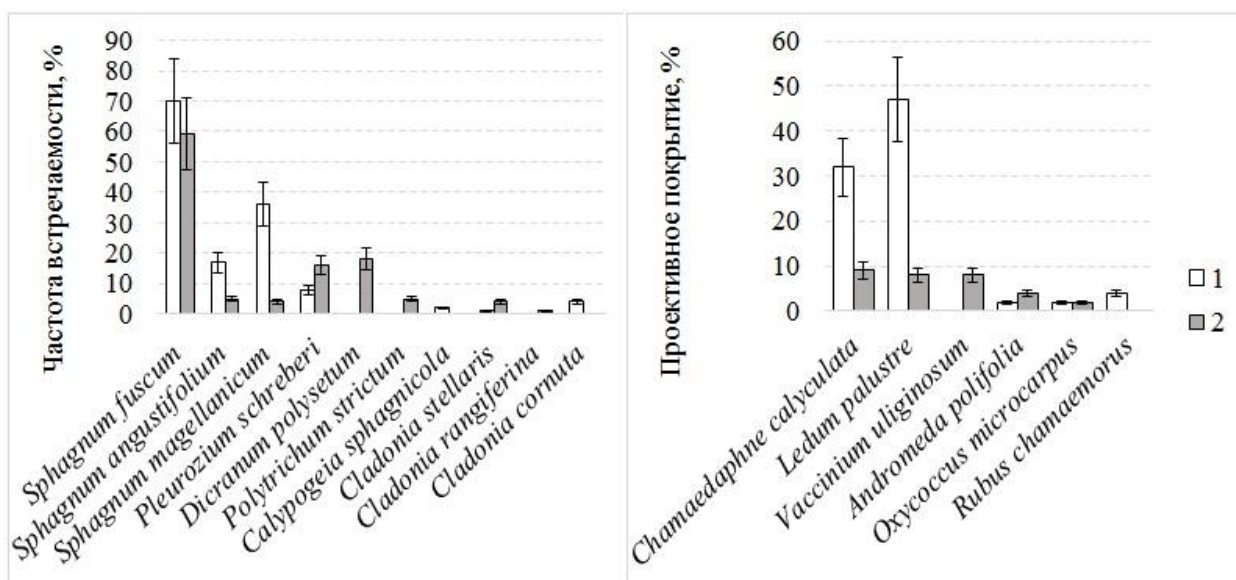


Рисунок 1 – Сравнение частоты встречаемости видов мохово-лишайникового яруса и проективного покрытия видов травяно-кустарничкового яруса (1 – естественный участок; 2 – осушенный участок)

Таким образом, в результате проведённого исследования выявлено, что осушение верхового болота вызывает трансформацию растительного покрова, которое выражается в изменении количественного соотношения видов. В травяно-кустарничковом ярусе

осушенного болота обнаружено снижение проективного покрытия *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre* и *Rubus chamaemorus* (в 4 раза). Проективное покрытие *Vaccinium uliginosum* и *Andromeda polifolia* наоборот, увеличивается на осушенном участке. В моховом ярусе осушенного болота снизилась частота встречаемости для сфагновых мхов и увеличилась для зелёных мхов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00376 мол\_а.*

#### **Литература:**

1. Yu, Z.C. (2012) Northern peatland carbon stocks and dynamics: a review. *Biogeosciences*, 9, 4071-4085.
2. Wojtun' B. Samecka-Cymerman A., Kolon K., et al. *Andromeda polifolia* and *Oxycoccus microcarpus* as pollution indicators for ombrotrophic bogs in the Western Sudety Mountains (SW Poland). *Journal of Environmental Science and Health*. 2013. Vol. 48, Part A. P. 686-693.
3. Chambers, F.M. & Charman, D.J. (2004) Holocene environmental change: contributions from the peatland archive. *The Holocene*, 14, 1-6.
4. Гашкова Л. П. Биогеохимическая активность растений по отношению к тяжёлым металлам в условиях осушенных болот (на примере Бакчарского и Иксинского болотных массивов). Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Томск: Изд. ТГУ, 2017. с. 137-140.
5. Turetsky, M.R., Harden, J.W., Friedli, H.R., Flannigan, M.D., Payne, N., Crock, J. & Radke, L.F. (2006) Wildfires threaten mercury stocks in northern soils. *Geophysical Research Letters*, 33, L16403.
6. Гашкова Л.П., Синюткина А.А. Оценка трансформации осушенного верхового болота (на примере участка Бакчарского болотного массива) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. №1(29). С. 164-179.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО КАРОТАЖА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКЕ НА КАМЕННОУГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

*Игнатьев Н.Н.*

Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия  
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия  
[nikolai-ignatev@lenta.ru](mailto:nikolai-ignatev@lenta.ru)

Аннотация. В процессе разработки месторождений угля большое значение имеет опережающая эксплуатационная разведка. Однако керновое бурение является достаточно трудоёмким и дорогостоящим процессом. Для оптимизации процесса эксплуатационной разведки на Олонь-Шибирском каменноугольном месторождении применяется метод механического каротажа скважин. Данный метод позволяет получать данные о положении и строении угольного пласта, а также приблизительно оценить его зольность. Кроме того, запись каротажных кривых производится в процессе бескернового бурения, что исключает спускоподъемные операции.

Ключевые слова: механический каротаж, уголь, разведочное бурение, бескерновое бурение, добыча угля

## IMPLIMENTATION OF MECHANICAL LOGGING AT COAL DEPOSIT

*Ignatiev N.N.*

Geology institute of Russian academy of science, Moscow, Russia,  
A. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. Core drilling is an expensive and long-term process on the one hand. But on the other hand, information about geological conditions and quality of coal is crucial for coal mining process. However non-core drilling with implementation of mechanical logging facilitates to extract data on coalbed morphology and ash content in coal. The method of mechanical logging is widely used by geological survey on Olon-Shibirskoe coalfield to estimate coal bed's roofs depth. This method can positively affect the geological exploration for coal mining, reduce costs and increase labour productivity.

Key words: coal, ash content, mechanical logging, drilling, mining

Главной задачей геолога при добыче любого полезного ископаемого является получение максимально подробной информации о геологическом строении месторождения, качестве и количестве полезного ископаемого. Однако бурение с отбором керна зачастую являются трудоёмким и дорогостоящим процессом. [2] Поэтому поиск новых методов и способов получения геологической информации имеет огромное значение не только для науки, но и для практических целей производства.

Известно, что уголь, благодаря особенностям своего состава и происхождения, весьма значительно выделяется среди других осадочных пород. Это очень ярко проявляется как в его химических, так и физических свойствах. Например, каменный уголь значительно отличается от вмещающих пород по своим физико-механическим параметрам. [1] Данная особенность позволяет уверенно выделять уголь на основании скорости проходки скважины при бурении.

Данный параметр используется при записи кривых механического каротажа скважин, который широко применяется на Олонь-Шибирском и Никольском каменноугольных месторождениях для оценки положения кровли и почвы пластов угля, а также наличия в них породных прослоев. При проведении механического каротажа записывается не только скорость проходки скважины, но и другие параметры бурения: скорость вращения бурового снаряда, момент вращения, давление на забой, давление воздуха в системе воздушной промывки. При сопоставлении данных механического каротажа с данными стандартных геофизических исследований скважин, можно легко обнаружить сходство между кривой скорости проходки скважины и кривой ГГК-С (Рис. 1). На этапе разведки месторождения зольность угля принималась по данным ГГК-С, интенсивность рассеянного гамма-излучения которого в первую очередь зависит от среднего эффективного атомного номера пород. С этой целью использовалась методика В.И. Уткина «Селективный гамма-гамма каротаж на угольных месторождениях» (Наука, М., 1975). [3]

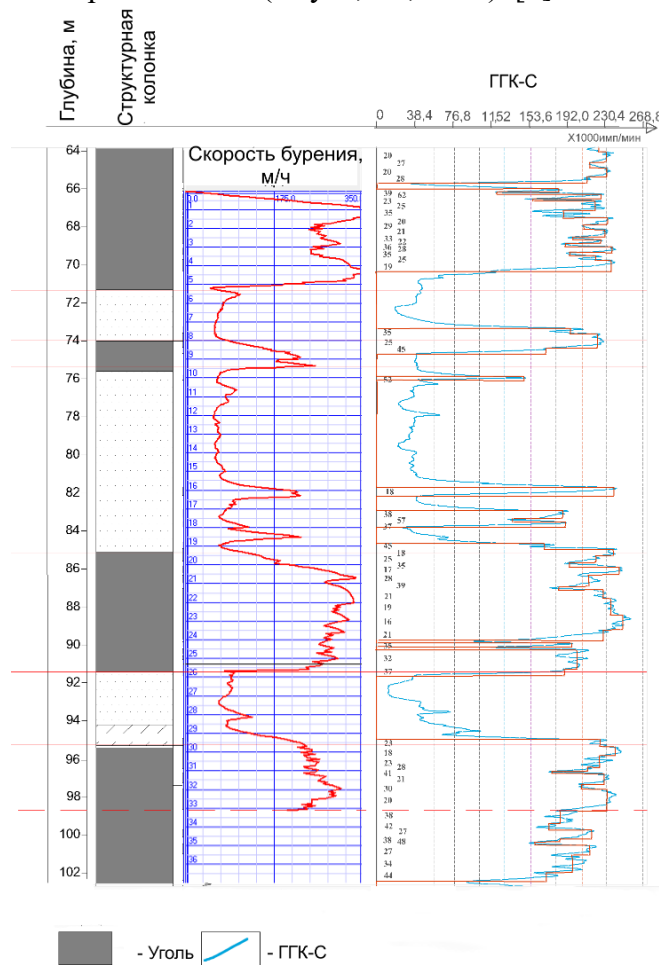


Рисунок 2 – Сопоставление кривых скорости бурения со структурной колонкой и каротажной кривой ГГК-С

При анализе графиков становится очевидно, что скорость бурения увеличивается в угольных пластах и уменьшается при бурении вмещающих пород. При расчётах была выявлена сильная отрицательная корреляционная зависимость между скоростью бурения и зольностью: коэффициент корреляции равен  $-0,86$ . Для анализа корреляции других параметров бурения (скорости вращения бурового снаряда, момента вращения, давления на забой, давления воздуха в системе воздушной промывки) с зольностью угля была построена корреляционная матрица, которая показала отсутствие зависимости между рассматриваемыми величинами.

На данный момент ведутся работы по исследованию возможностей применения механического каротажа для определения зольности угольных пластов в процессе эксплуатационной разведки месторождения.

В дальнейшем планируется провести дополнительные исследования:

1. Изучение возможностей применения механического каротажа для определения других параметров пластов угля, таких как влажность, содержание серы, трещиноватость и т.д.
2. Изучение вмещающих пород, разделение их на литотипы в соответствии с данными механического каротажа.
3. Определение зон тектонической нарушенности для уточнения горно-геологических условий отработки месторождений.
4. Возможность применения механического каротажа на углях других стадий метаморфизма.

#### **Литература:**

1. Гречухин В.В. Геофизические методы исследования угольных скважин. Москва. «Недра». 1965. 468 с.
2. Мах Карел. Использование записи механических параметров бескернового бурения (механический каротаж) в процессе геологической разведки буроугольного месторождения Билина (Чешская Республика). Известия ВУЗов. Геология и разведка. 2012. №4. с. 80-84.
3. Ломидзе В.С., Луговой А.А., Иванов Н.И., Аникина Л.А. Геологический отчёт по результатам разведочных и эксплуатационных работ на участках «Центральный» и «Южный» Олонь-Шибирского месторождения с подсчётом запасов угля для добычи открытым способом по состоянию на 01.01.2013 г. Владивосток, 2013.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ В ПОРОДАХ-КОЛЛЕКТОРАХ НИЖНЕВЕНДСКОГО  
ТЕРРИГЕННОГО КОМПЛЕКСА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ**

*Изъюров А.Д.*

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия,  
[alexizyurov@gmail.com](mailto:alexizyurov@gmail.com)

Аннотация. Рассмотрены вторичные преобразования пород-коллекторов нижневендского терригенного комплекса Непско-Ботуобинской антеклизы. Проведен стадийный анализ литогенеза и выявлена последовательность выполнения первичного порового пространства аутигенными минералами, влияющими на специфику строения осадочного чехла, его состава и физических свойств, а также распределения в нем твердых и горючих полезных ископаемых.

Ключевые слова: Непско-Ботуобинская антеклиза, терригенные отложения, нижний венд, породы-коллекторы, вторичные процессы.

**CHARACTERIZATION OF THE EPIGENETIC PROCESSES OF MINERAL  
FORMATION IN RESERVOIR ROCKS OF LOWER VENDIAN TERRIGENOUS  
COMPLEX OF NEPSKO-BOTUOBINSKAYA ANTECLISE**

*Izyurov A. D.*

Gubkin Russian state University of oil and gas (national research university) named after I. M. Gubkin, Moscow, Russia, [alexizyurov@gmail.com](mailto:alexizyurov@gmail.com)

Abstract. Considered secondary transformations of rocks lower Vendian terrigenous complex of the Nepsko-Botuobinskaya anteclyse. Held stadial analysis of lithogenesis and identified the sequence of the primary pore space with authigenic minerals that affect the specific structure of the sedimentary cover, its composition and physical properties, and the distribution in it of solid and fossil fuels.

Key words: Nepsko-Botuobinskaya anteclyse, terrigenous deposits, lower Vend, reservoir rocks, secondary processes.

Отложения нижнего венда Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА) характеризуются широким разнообразием комплексов минералов, включающих типичные для осадочных терригенных пород, а также минералы, формирующиеся в результате многостадийной эволюции разнообразных процессов минералообразования. Многостадийность аутигенного минералообразования, в целом, характерна для пород осадочного чехла Сибирской платформы и во многом определяет специфику его строения, состава и физических свойств, а также распределения в нем различных, в том числе горючих полезных ископаемых [1, 2].

Одним из главных эпигенетических процессов, широко распространенных в нижневендских терригенных отложениях НБА, является регенерация зерен кварца, которая была массовой и многостадийной. Встречаются зерна с каемками до 5 генераций. В ряде разрезов скважин встречаются зоны, где регенерация зерен кварца в значительной степени изменяет структуру породы и, достигая своего максимума, закрывает первичное поровое пространство, образуя «сливные» песчаники. В отдельных интервалах разреза широко распространены процессы регенерации зерен калиевых полевых шпатов (КПШ). Полевые шпаты, чаще всего щелочные, слагающие регенерационную кайму, наследуют минералогический состав материнского зерна (калишпаты и альбит), и, как следствие, оптическую ориентировку и спайность. В тоже время в ряде разрезов могут встречаться каемки регенерации, отличные по составу от минералогии зерен. В песчаниках часто отмечается регенерация зерен турмалина – явление достаточно редкое для осадочных разрезов.

В нижневендских терригенных отложениях НБА активно проявляются процессы перекристаллизации зерен кварца, а также их стресс-коррозии. В них отмечаются микроструктуры бластеза обломочного кварца преимущественно рекристаллизационно-гранулярного типа с «шахматным» угасанием агрегатов новообразований. Процессы стресс-коррозии проходили довольно активно, что выражается в массовой деформации зерен кварца, возникновении микротрещин и многочисленных полосок Бема. Сдавленные зерна имеют черные полосы, образованные вкрест направлению сдвига. Их появление связано с выдавливанием газовых пузырьков и других флюидов из зерен. В породах распространены конформные, сутурные и инкорпорационные микроструктуры на границах зерен (вплоть до полного исчезновения каемок). Большинство зерен кварца сдавленные и потрескавшиеся.

Для терригенных отложений НБА характерно массовое развитие вторичной цементации порового и трещинного пространства. При этом отмечается отчетливая стадийность «залечивания» первичного порового пространства, которая проявляется в последовательной смене регенерационного цемента (кварцевого или калишпатового) на карбонатный, сульфатный и галитовый. Карбонатный материал, чаще всего представленный кристаллами доломита, которые корродируют регенерационные каемки обломочных зерен. Вероятно, сопряженно с карбонатизацией происходило выщелачивание некоторых зерен кварца и КПШ.

Вслед за карбонатизацией наступила стадия сульфатизации порового пространства. Ангидрит полностью или частично заполняет остаточное пустотное пространство. Финальной стадией заполнения пустотного пространства явилось засолонение. Галит (редко сильвин) находится в породе в виде крупных идиоморфных кубических кристаллов, а также в виде «пластичной» массы, расклинивающей инкорпорационные контакты зерен, что, возможно, приводит к образованию рыхлых пород за счет микрофлюидоразрывов межзерновых контактов.

Многостадийность минералообразования определяет специфику строения осадочного чехла, его состава и физических свойств, а также распределения в нем твердых и горючих полезных ископаемых.

#### **Литература:**

1. Гурова Т.И., Чернова Л.С. Литология и условия формирования резервуаров нефти и газа Сибирской платформы. Москва. Недра. 1988. 251 с.
2. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Минеральные индикаторы литогенеза. Сыктывкар. Геопринт, 2008. 564 с.

**КОМПЛЕКСНЫЕ РАЗНОМАСШТАБНЫЕ ЛИТОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ НИЖНЕВЕНДСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ**

*Изьюрова Е.С.*

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия,  
[ekonovalceva@yandex.ru](mailto:ekonovalceva@yandex.ru)

Аннотация. Рассмотрены литолого-геофизические характеристики нижневендских терригенных отложений Непско-Ботуобинской антеклизы. Предложены новый методологический подход в адаптации разномасштабных литолого-геофизических исследований и методика литологической интерпретации стандартного комплекса ГИС, позволяющая выделять в разрезе породные ассоциации.

Ключевые слова: Непско-Ботуобинская антеклиза, терригенные отложения, нижний венд, литологическая интерпретация данных ГИС.

**INTEGRATED MULTI-SCALE LITHOLOGIC AND GEOPHYSICAL STUDIES  
LOWER VENDIAN TERRIGENOUS DEPOSITS OF NEPSKO-BOTUOBINSKAYA  
ANTECLISE**

*Izjurova E. S.*

I. M. Gubkin Russian State University of oil and gas, Moscow, Russia,  
[ekonovalceva@yandex.ru](mailto:ekonovalceva@yandex.ru)

Abstract. The lithological and geophysical characteristics of the lower Vendian terrigenous deposits of the Nepsko-Botuobinskaya antecline are considered. A new methodological approach to the adaptation of different-scale lithological and geophysical studies and a method of lithological interpretation of the standard GIS complex, which allows to distinguish rock associations in the context, are proposed.

Key words: Nepsko-Botuobinskaya antecline, terrigenous deposits, lower Vend, lithological interpretation of GIS data.

Изучению литологии вендских отложений Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА) посвящены многочисленные работы А.Г. Акуловой, М.И. Белозеровой, Н.Н. Белозеровой, М.Х. Булач, В.Н. Воробьева, Т.И. Гуровой и др [1]. Несмотря на значительный объем проведенных исследований, остается целый ряд проблем, связанных с литологической интерпретацией данных ГИС продуктивных пластов нижнего венда, отличающихся высокой степенью геологической неоднородности, которая обусловлена частым чередованием в разрезе гравийно-песчаных, алевро-песчаных и алевро-глинистых литотипов с разнообразным минералогическим составом пород.



Изучаемые нижневендские отложения представлены конгломератами; гравелитами мелкообломочными песчаными; песчаниками крупно-, средне- и мелкозернистыми; песчаниками разнозернистыми гравелитистыми; алевритами; песчано-глинистыми брекчиями; аргиллитами песчано-алевритистыми. Между выделенными литотипами существуют переходные разности. Характерной чертой разреза нижневендских терригенных отложений является частое чередование литотипов, при этом толщина отдельных прослоев может не превышать нескольких сантиметров. Такая особенность во многом осложняет литологическую интерпретацию данных ГИС и расчленение разреза.

Для выполнения литологической интерпретации данных ГИС в разрезе нижневендских отложений были выделены породные ассоциации (ПА), представляющие собой парагенетический комплекс литотипов, толщина которых отвечала бы вертикальной разрешающей способности ГИС, то есть от 40 см и более. В ПА объединялись литотипы, образовавшиеся в сходных гидродинамических условиях, определявших размер обломков, степень их отсортированности и окатанности, а также текстурные характеристики. В разрезах скважин, охарактеризованных керном, были выделены следующие ПА: алевро-глинистая; гравийная; гравийно-конгломератовая; гравийно-песчаная; гравийно-песчано-глинистая; карбонатно-песчано-алевро-глинистая; конгломератовая; конгломерато-песчано-гравийно-алевритовая; песчаная; песчано-алевритовая; песчано-алевро-глинистая; песчано-брекчиевидная. В целом для литотипов, составляющих ПА, характерен полимиктовый состав. В отдельных прослоях наблюдается повышенное значение различных групп минералов. Так, например, содержание калиевых полевых шпатов может достигать 20% объема породы. В гравийно-песчано-глинистых ПА отмечаются прослои, обогащенные монацитом, содержание которого может достигать 25% объема породы, что сказывается на аномально высоких значениях естественной радиоактивности пород. Это во многом повлияло на невозможность использования кривой интегрального гамма-метода для оценки глинистости пород, расчленения и корреляции разрезов скважин. В комплексе ГИС отсутствует другой метод определения глинистости пород - метод СП, поскольку бурение скважин осуществляется на соленых растворах. Спектральный гамма-метод записан в единичных скважинах.

Для решения задач литологической интерпретации методов ГИС в РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина на кафедре геофизических исследований скважин были разработаны специальные приемы и методики интерпретации стандартного комплекса ГИС, позволившие получить непрерывные кривые глинистости и гравелитистости по разрезу, с помощью которых породы разреза были разделены на ПА. С целью получения эталонной кривой глинистости по литологическим данным был выбран разрез скважины, наиболее полно охарактеризованной керном, на котором была проведена оценка слоистой и объемной глинистости по макро- и микроисследованиям в образцах и шлифах. Замеры проводились с шагом по глубине 15 см, в то время как вертикальная разрешающая способность методов ГИС составляет около 40 см. Также для оценки слоистой глинистости привлекались данные высокоразрешающего электрического метода FMI компании «Шлюмберже». Полученные таким образом эталонные кривые глинистости были использованы для разработки методики определения коэффициента объемной глинистости пород по комплексу нейтронного и акустического методов, показания которых зависят не только от пористости, но и от глинистости пород.

Методика расчета коэффициента гравелитистости основана на определении «фиктивного» коэффициента объемной глинистости по гамма каротажу с использованием

стандартного подхода и зависимости В.В. Ларионова, а затем, вычитании из него коэффициента глинистости, полученного по комплексу нейтронного и акустического методов. Таким способом выделяется доля радиоактивной компоненты, не связанной с наличием в породе глинистых минералов. Для выделения ПА по данным ГИС с использованием кривых глинистости и гравелитистости на керновых данных были подобраны граничные значения этих коэффициентов для каждой ПА/

Установлено, что в породах нижнего венда НБА содержание акцессорного минерала монацита прямо пропорционально доле гравийной фракции. Повышенное содержание монацита определяет аномальные значения гамма активности пород.

Таким образом, разработана методика литологической интерпретации стандартного комплекса ГИС, основанная на расчете непрерывных кривых глинистости и гравелитистости, с помощью которых в разрезе нижневендских отложений выделяются ПА. Генетический анализ ПА позволил провести литофациальные реконструкции неоднородных тонкослоистых продуктивных пластов для ряда месторождений НБА.

#### **Литература:**

1. Акулова А.Г., Гурова Т.И., Мельников Н.В., Килина Л.И. Резервуары нефти и газа Сибирской платформы и методика прогноза их качества//В кн.: Коллектора нефти и газа и флюидоупоры. Новосибирск. 1983. С. 59-62.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ В ОЦЕНКЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В НЕФТЕНОСНЫХ И УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

*Исаева Е.Р., Иванов В.П., Тимкин Т.В.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия,  
г. Томск, [isaevaer@tpu.ru](mailto:isaevaer@tpu.ru)

*Аннотация.* Для изучения углефицированного вещества в угольной геологии применяется инфракрасная спектроскопия, в нефтяной геологии используется метод Rock-Eval. Установленные связи между параметрами цикла «BulkRock, оптическими плотностями отдельных частот ИК-спектра, структурно-генетическими и углепетрографическими показателями позволяют выявлять особенности строения и формирования свойств углефицированного вещества, что необходимо для оценки уровня термической зрелости ОВ нефтематеринских пород.

*Ключевые слова:* углефицированное вещество, генетические свойства, термическая зрелость, Rock-Eval, ИК-спектрометр

## THE USE OF IR SPECTROSCOPY IN THE ASSESSMENT OF THE GENETIC PROPERTIES OF THE ORGANIC MATTER IN OIL SHALE AND COAL-BEARING SEDIMENTS

*Isaeva E.R., Ivanov V.P., Timkin T.V.*

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk,  
[isaevaer@tpu.ru](mailto:isaevaer@tpu.ru)

*Abstract.* To explore carbonized substances in coal Geology applied infrared spectroscopy, in petroleum Geology used in the method of Rock-Eval. The established relationships between the parameters of the BulkRock cycle, optical densities of individual frequencies of the IR spectrum, structural-genetic and petrography of coal parameters allow to identify structural features and features the formation of the carbonized substance properties, which is necessary to assess the level of thermal maturity of oil source rocks.

*Key words:* carbonized substance, genetic properties, thermal maturity Rock-Eval, IR spectrometer

Для уточнения объемов генерации УВ и решения вопросов корреляции нефть-нефтематеринские породы проводится оценка зрелости органического вещества с помощью термического (Rock-Eval), оптического (отражательной способности витринита) и физико-химического (хроматомасс-спектрометрическое исследование экстрактов) методов, которые дополняют друг друга [1,2]. При анализе керогенов и органически насыщенных пород пиролитическим методом Rock-Eval для моделирования эволюции

нефтематеринской породы не всегда возможно однозначно трактовать условия генерации УВ или их отсутствие.

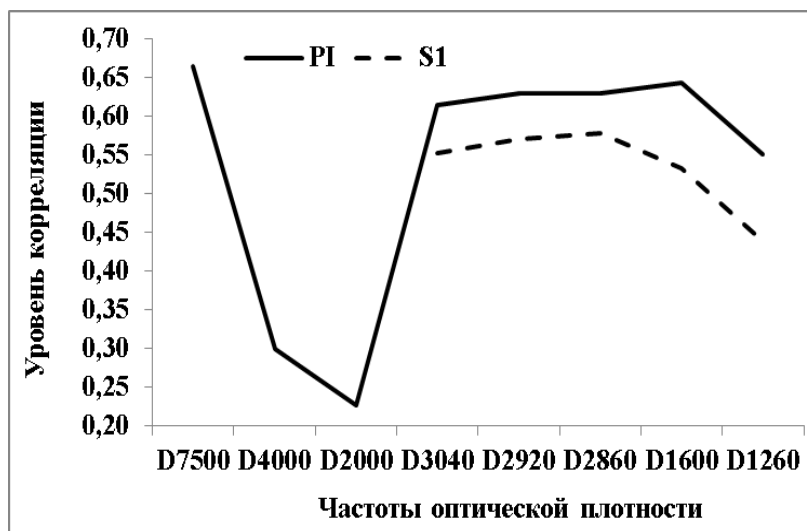


Рисунок 1 - Зависимость частот оптических плотностей ИК-спектра и параметров Rock-Eval

ИК-спектрометрический метод исследования углей и керогенов, являющийся не разрушаемым методом, позволяет по параметрам структурно-группового анализа судить об условиях образования ОВ [3].

Например, в керогенах графики корреляции оптической плотности частот D7500, D4000, D2000, D3040, D2920, D2860, D1600, D1260 ИК-спектра с параметрами S1 (свободные УВ) и PI (коэффициент продуктивности) (рис. 1), раскрывают особенности образования свободных УВ до 300°C и алифатических соединений, которые обуславливают продуктивность нефтематеринских пород.

В углях подобная связь указывает на степень их пиролизуемости [4], а это не что иное, как оценка строения органического (углефицированного) вещества в части его потенциала для генерации свободных углеводородов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-35-00499.*

#### Литература:

1. Гончаров И.В., Самойленко В.В., Носова С.В., Обласов Н.В. Зрелость органического вещества баженовской свиты по хроматомасс-спектрометрическим данным. Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. 2004. С. 133–135.
2. Гончаров И.В., Кригин В.А., Самойленко В.В., Обласов Н.В., Фадеева С.В. К вопросу о генерационном потенциале яновстанской свиты северо-востока Западной Сибири. Химия нефти и газа: Седьмая Международная конференция. Томск, ИОА СО РАН. 2009. С. 26–30.
3. Иванов В. П., Исаева Е. Р. Геохимическая обстановка и органический синтез углей и керогенов. Кокс и химия. 2015. № 6. С. 30–34.
4. Иванов В. П., Школлер М. Б., Станкевич А. С. Изменение структурных характеристик и свойств кузнецких углей разной степени метаморфизма и восстановленности в процессе их окисления. Кокс и химия. 2002. № 5. С. 4–11.

## СИНТЕЗ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АЛЮМИНАТОВ КАЛЬЦИЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ ЗЕМЛИ

*Искрина А.В.<sup>1</sup>, Бобров А.В.<sup>1,2</sup>, Спивак А.В.<sup>2</sup>, Дубровинский Л.С.<sup>3</sup>, Ерёмин Н.Н.<sup>1</sup>, Марченко Е.И.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия  
[grigoryeva\\_av888@mail.ru](mailto:grigoryeva_av888@mail.ru)

<sup>2</sup> Институт экспериментальной минералогии РАН, г. Черноголовка, Россия

<sup>3</sup>Баварский Геоинститут, г. Байройт, Германия

Аннотация. Предполагается, что Са-алюминаты являются возможными концентраторами алюминия в условиях переходной зоны и нижней мантии Земли. В их числе в системе Са–Al–O установлено несколько соединений (CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, CaAl<sub>4</sub>O<sub>7</sub>, CaAl<sub>12</sub>O<sub>19</sub>, Ca<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ca<sub>12</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>33</sub>), стабильных в широком P–T диапазоне. Были синтезированы фазы Ca<sub>2</sub>Al<sub>6</sub>O<sub>11</sub> и CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> при 15 ГПа и 1600°C в системе СаО–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ca<sub>2</sub>Al<sub>6</sub>O<sub>11</sub> был получен впервые. С помощью метода монокристаллической рентгеновской дифракции получена стехиометрическая формула новой фазы и расшифрована её структура. Фаза Ca<sub>2</sub>Al<sub>6</sub>O<sub>11</sub> кристаллизуется в пространственной группе *P4<sub>2</sub>/mnm* и параметры кристаллической решетки  $a = b = 11.1675(4)$  Å;  $c = 2.83180(10)$  Å;  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ;  $V = 353.16(2)$  Å<sup>3</sup>;  $Z = 2$ . Соединение CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> имеет ромбическую сингонию, параметры решётки  $a = 8.8569(10)$  Å;  $b = 2.8561(4)$  Å;  $c = 10.2521(11)$  Å;  $V = 259.34(5)$  Å<sup>3</sup>;  $Z = 8$  и пространственную группу *Pnma*. Полученные данные требуют уточнения P–T диаграммы для системы Са–Al–O. Обе исследуемые фазы устойчивы в условиях переходной зоны и могут рассматриваться как потенциальные концентраторы алюминия в глубинных геосферах Земли.

Ключевые слова: Са-алюминаты, алюминий, мантия, переходная зона Земли, монокристаллическая рентгеновская дифракция

## SYNTHESIS AND STRUCTURAL FEATURES OF THE CALCIUM ALUMINATES IN THE TRANSITION ZONE OF THE EARTH

*Iskrina A.V.<sup>1</sup>, Spivak A.V.<sup>2</sup>, Bobrov A.V.<sup>1,2,3</sup>, Dubrovinsky L.S.<sup>4</sup>, Eremin N.N.<sup>1</sup>, Marchenko E.I.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>M.V. Lomonosov Moscow State University, Department of Geology, Moscow, Russia  
[grigoryeva\\_av888@mail.ru](mailto:grigoryeva_av888@mail.ru)

<sup>2</sup> Institute of Experimental Mineralogy RAS, Chernogolovka, Russia

<sup>3</sup>V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Bayerisches Geoinstitut, University of Bayreuth, Bayreuth, Germany

Abstract. Aluminates may be the hosts of aluminum under the conditions of the transition zone and lower mantle of the Earth. There are Ca-aluminates, among which several compounds are registered the Ca–Al–O system (CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; CaAl<sub>4</sub>O<sub>7</sub>; CaAl<sub>12</sub>O<sub>19</sub>; Ca<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>6</sub>; Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; Ca<sub>12</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>33</sub>). The phases of CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and Ca<sub>2</sub>Al<sub>6</sub>O<sub>11</sub> were synthesized at 15 GPa and 1600°C (the latter was obtained for the first time). The structures were refined and the crystal chemical

formulae of the phases were proposed by the method of single-crystal X-ray diffraction. New phase  $\text{Ca}_2\text{Al}_6\text{O}_{11}$  crystallizes with space group  $P4_2/mnm$  and lattice parameters  $a = b = 11.1675(4) \text{ \AA}$ ;  $c = 2.83180(10) \text{ \AA}$ ;  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ;  $V = 353.16(2) \text{ \AA}^3$ ;  $Z = 2$ . Orthorhombic unit-cell parameters for  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$  are  $a = 8.8569(10) \text{ \AA}$ ;  $b = 2.8561(4) \text{ \AA}$ ;  $c = 10.2521(11) \text{ \AA}$ ;  $V = 259.34(5) \text{ \AA}^3$ ;  $Z = 8$  and space group  $Pnma$ . The new data requires refinement of the P-T diagram for the Ca-Al-O system. Both studied phases are stable in the transition zone and can be considered as potential aluminum concentrators in the Earth's deep geospheres.

Key words: Ca-aluminates, aluminum, mantle, transition zone of Earth, single crystal X-Ray diffraction, high-pressure experiments

Алюминий один из самых распространенных элементов в составе Земли. Относительное содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в пиrolите составляет 4.0–4.5 мас. % [5], что значительно ниже, чем в земной коре (например, 16,4 мас. %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в MORB) [3]. Однако субдукция океанической коры может привести к значительному насыщению мантийных глубин Al и другими типичными элементами земной коры.

Предполагается, что в условиях верхней мантии и переходной зоны Al в основном содержится в гранате, включая его мэйджоритовую разновидность. При повышении давления гранат превращается в ассоциацию фаз со структурой перовскитового типа, что сопровождается значительным выделением  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Большинство исследователей предполагают вхождение некоторого количества Al в бриджманит  $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ ,  $\text{CaSiO}_3$ -перовскит, или  $\text{CaMgAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$  со структурным типом голландита [7]. Однако, как видно из данных атомистического Ab initio моделирования [1], только незначительные количества Ca и Al (вместе с  $\text{Fe}^{3+}$ ) могут входить в эти фазы. Вместо этого должны образовываться оксиды Ca, Al (Fe) и поглощать большую часть алюминия, особенно для состава MORB [4]. В 1976 году Рингвуд [6] предположил существование структурного типа феррита кальция  $\text{CaFe}_2\text{O}_4$  [2] для  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$  в мантии Земли, но последующие переходы этой фазы в более плотные модификации до сих пор не изучены, и эта область требует дальнейших исследований.

Объектом данного исследования являются полиморфные модификации алюмината кальция  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ .

На сегодняшний день в системе Ca-Al-O известно несколько промежуточных соединений, которые стабильны в широком диапазоне давлений и температур ( $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CaAl}_4\text{O}_7$ ,  $\text{CaAl}_{12}\text{O}_{19}$ ,  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ ,  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ ). Некоторые из соединений были обнаружены в природе. К ним относятся  $\text{CaAl}_{12}\text{O}_{19}$ ,  $\text{CaAl}_4\text{O}_7$  и  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ . Фаза  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$  в природе не обнаружена.

Синтез кристаллов в системе CaO- $\text{Al}_2\text{O}_3$  проводился с использованием высокотемпературного 1200-т многопуансонного пресса Sumitomo при давлении 15 ГПа и температуре 1600°C в Баварском Геоинституте (г. Байройт, Германия). Исходный материал ( $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ ) представлял собой смесь химически чистых оксидов CaO и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в стехиометрических пропорциях. Перед опытом оксиды отжигались при температуре 1000°C в течение 12 часов.

Полученные соединения изучены методами оптической микроскопии, SEM и микронзондового анализа. С помощью монокристалльной рентгеновской дифракции расшифрованы структуры и предложены кристаллохимические формулы фаз.

Были синтезированы  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$  и новая, ранее не известная фаза  $\text{Ca}_2\text{Al}_6\text{O}_{11}$ . Фаза  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$  имеет ромбическую сингонию и пространственную группу  $Pnma$ . Параметры ячейки:  $a=8.86 \text{ \AA}$ ,  $b=2.86 \text{ \AA}$ ,  $c=10.25 \text{ \AA}$ ,  $V=259.6 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=6$ . Два атома Al1 и Al2 находятся в октаэдрической координации атомов кислорода, а катионы Ca находятся в шестерной координации.

Новая фаза  $\text{Ca}_2\text{Al}_6\text{O}_{11}$  имеет тетрагональную сингонию и пространственную группу  $P4_2/mnm$ . Параметры ячейки:  $a=11.17 \text{ \AA}$ ,  $b=11.17 \text{ \AA}$ ,  $c=2.83 \text{ \AA}$ ,  $V=353.2 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=8$ . В этой структуре также присутствуют два независимых атома Al1 и Al2. Al1 находится в тетраэдрической координации, а Al2 в октаэдрической координации. Шесть тетраэдров и два октаэдра окружают два атома Ca, каждый из которых находится в окружении восьми атомов кислорода.

Учитывая первые монокристалльные рентгеновские данные для двух фаз высокого давления в системе  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ , представленных здесь, можно сделать вывод о необходимости дальнейших подробных исследований в этой области, включая исследование структурных изменений и вероятных фазовых переходов этих фаз при повышении давления. Важной задачей также является изучение влияния небольших концентраций различных катионов, таких как Fe, Mg, Na и др., на фазовые отношения в системе  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$  и структурные особенности образующихся фаз.

*Работа выполнена при поддержке РФФ 17-17-01169.*

#### **Литература:**

1. Марченко Е.И., Еремин Н.Н., Бычков А.Ю., Гречановский А.Е. Ca- и Mg-перовскитовые фазы мантии земли как возможный резервуар Al по данным компьютерного моделирования, Вестник Московского университета, Серия 4: Геология, М., 2017, С. 3-7
2. Becker D.F., Kasper J.S. The structure of calcium ferrite, Acta Cryst. 10, 1957, P. 332–337.
3. Green, D.H., Hibberson, W.O. and Jaques, A.L. Petrogenesis of mid-ocean ridge basalts. In: The Earth; its origin, structure and evolution., Acad. Press., London, 1979, P. 265-299.
4. Irifune T., Tsuchiya T. Mineralogy of the Earth – Phase Transitions and Mineralogy of the Lower Mantle, Ehime University, Matsuyama, Japan, 2007.
5. McDonough and Sun, The composition of the Earth, Chem. Geol., 120, 1995, P. 223 - 253
6. Ringwood A.E. Earth's mantle, Composition and Petrology of the Earth's Mantle, McGraw-Hill, Dusseldorf, 1976. 618 pp.
7. Ringwood A.E. Phase transformations and their bearing on the constitution and dynamics of the mantle, Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 55, 1991, P. 2083-2110

## ИСТОРИЯ ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ ГОЛЬЧИХИНСКОЙ СВИТЫ НИЖНЕЕНИСЕЙСКОГО ОЧАГА НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ

*Исламидинов Н.Д., Сафронов П.И.*

Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия,  
[IslamidinovND@gmail.com](mailto:IslamidinovND@gmail.com)

Аннотация: Представлены результаты моделирование истории генерации углеводородов органическим веществом (ОВ) гольчихинской свиты Нижнеенисейского очага нефтегазообразования. Реконструирована термическая история осадков. Оценены масштабы и интенсивность генерации жидких и газообразных углеводородов для пород гольчихинской свиты.

Ключевые слова: моделирование, органическое вещество (ОВ), кероген, генерация, углеводороды, зрелость.

## THE HISTORY OF HYDROCARBON GENERATION IN THE SEDIMENTARY ROCKS OF GOLCHIKHINSKAYA SUITE NIZHNEENISEY SOURCE OF OIL AND GAS FORMATION HEARTH

*Islamidinon N.D., Safronov P.I.*

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia [IslamidinovND@gmail.com](mailto:IslamidinovND@gmail.com)

Abstract: Presented the results of modeling the history of hydrocarbon generation of the organic matter in the golchikhinskaya suite Nizhneenisey source of oil and gas formation hearth. Reconstructed the thermal history of sediments. Estimated the scale and intensity of generation of oil and gas for source rock of golchikhinskaya suite.

Key words: modeling, organic matter, kerogen, generation, hydrocarbons, maturity.

В настоящем исследовании приведены результаты компьютерного моделирования масштабов генерации газообразных и жидких УВ керогеном ОВ гольчихинской свиты Нижнеенисейского очага нефтегазообразования. Район исследования располагается на территории Долгано-Ненецкого района Красноярского края. В тектоническом отношении территория исследования находится в западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба (ЕХРП) [6]. Исследованием ЕХРП в разные годы занимались ряд ученых - Конторович и др. [4], Афанасенков [1], Богородская и др. [2], Филипцов и др. [8], Фомин [9].

В последние десятилетия в связи с истощением ресурсной базы возникла необходимость освоения слабоизученных и труднодоступных районов Западной Сибири и шельфов морей. Для уменьшения геологических и финансовых рисков возникла необходимость применения метода бассейнового моделирования и многие отечественные



и зарубежные компании совместно с учеными активно применяют данный метод для оценки перспектив нефтегазоносности. Бассейновое моделирование или историко-геологический метод применялся при оценке перспектив нефтегазоносности осадочного чехла в многочисленных слабоизученных районах Западной Сибири отечественными учеными [6]. Для территории ЕХРП данный метод был применен Сафроновым и др. [7].

В качестве фактического материала были использованы данные, полученные в ИНГГ СО РАН. Моделирование выполнено в программно-методическом комплексе Temis Flow (Weicir Franlab). Была восстановлена история формирования мезозойско-кайнозойского осадочного чехла, термическая история пород, динамика и масштабы генерации углеводородов органическим веществом гольчихинской свиты. В работе было принято, что в породах свиты ОВ представлено керогена второго и третьего типов [3].

Калибровка температурной истории выполнялась на основе анализа распределения по площади и в разрезе отражательной способности витринита и тепловых потоков. Степень катагенеза пород гольчихинской свиты в настоящее время достигает МК<sub>2</sub> в осевых частях Енисей-Хатангского регионального прогиба. Градация МК<sub>1</sub><sup>2</sup> охватывает значительную часть Центрально-Таймырского наклонного желоба и Мессояхской наклонной гряды. Наименее преобразовано ОВ в прибортовых частях территории изучения. Интересно сравнить настоящие результаты с работой Фомина [9].

Генерация УВ началась в альбское время, но к настоящему времени прослеживается увеличение массы сгенерировавших жидких и газообразных углеводородов и распространение площадь очага генерации в юго-западном направлении. В процентном соотношении, объем генерации углеводородов керогена II типа преимущественно превышает объем генерации углеводородов керогеном III типа. Максимальная интенсивность генерации газообразных углеводородов в гольчихинской свите имела место 5-4 млн. лет тому назад и была равна 700 млрд. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> млн. лет. Максимальная интенсивность генерации жидких углеводородов в свите была 72-70 млн. лет тому назад и была равна 5000 тыс. тонн/км<sup>2</sup> млн. лет.

#### Литература:

1. Афанасенков А.П. Особенности катагенетических преобразований рассеянного органического вещества юрско-меловых отложений Енисей-Хатангской нефтегазоносной области. Геохимические и геофизические методы прямых поисков залежей углеводородов в Енисей-Хатангском прогибе. Л., Наука. 1974. С. 69-80.
2. Богородская Л.И., Соболева Е.И. Катагенез органического вещества осадочных пород Енисей-Хатангского регионального прогиба. Геохимические и гидрогеологические предпосылки поисков нефти и газа в Сибири. Новосибирск, СНИИГГиМС. 1983. С. 60-70.
3. Ким Н.С., Родченко А.П. Органическая геохимия и нефтегенерационный потенциал юрских и меловых отложений Енисей-Хатангского регионального прогиба. Геология и геофизика, 2013.
4. Конторович А.Э. и др. Геохимия мезозойских отложений нефтегазоносных бассейнов Сибири. Новосибирск, СНИИГГиМС. 1971. 86 с.
5. Конторович А.Э. и др. Историко-геологическое моделирование процессов нафтидогенеза в мезозойско-кайнозойском осадочном бассейне Карского моря. Геология и геофизика, 2013.
6. Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность Западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба / В.А. Конторович. Геология и геофизика. 2011. Т. 52. №8.
7. Сафронов П.И. и др. Моделирование процессов генерации, миграции и аккумуляции углеводородов в юрских и меловых комплексах Енисей-Хатангского бассейна. Геология и геофизика. – 2011. - № 5. – С. 48-55.
8. Филиппов Ю.А. и др. Применение пиролиза для изучения катагенеза органического вещества мезозойских отложений Енисей-Хатангской и северо-восточной части Пур-Тазовской нефтегазоносных областей. Геология и геофизика. 1999. Т. 40. С. 1837-1842.
9. Фомин А.Н. Катагенез органического вещества и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западно-Сибирского мегабассейна. Новосибирск. ИНГГ СО РАН. 2011. 331 с.

**ПРИРОДА АНИЗОТРОПИИ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ  
МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД ЗИМОВЕЙНИНСКОГО  
МАССИВА (ЮЖНО-ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)**

*Кадильников П.И., Михальцов Н.Э., Матушкин Н.Ю., Верниковская А.Е.*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

[Kadilnikovpi@ipgg.sbras.ru](mailto:Kadilnikovpi@ipgg.sbras.ru)

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Основываясь на изучении анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ) докембрийских магматических и метаморфических пород Зимовейнинского массива (блока) было доказано, что в интрузивных породах (адакиты и габбро-анортозиты) сохранена первичная природа их магнитной текстуры, тогда как во вмещающих эти породы ортогнейсах наличие АМВ объясняется появлением деформаций, возникших до их внедрения.

Ключевые слова: Анизотропия магнитной восприимчивости, Зимовейнинский массив, дайки адакитов, габбро-анортозиты, ортогнейсы

**ORIGIN OF ANISOTROPY MAGNETIC SUSCEPTIBILITY IN MAGMATIC AND  
METAMORPHIC ROCKS OF THE ZIMOVEYNIY MASSIF (SOUTH YENISEY  
RIDGE)**

*Kadilnikov P.I., Mikhailtsov N.E., Matushkin N.Yu. Vernikovskaya A.E.*

A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia,

[Kadilnikovpi@ipgg.sbras.ru](mailto:Kadilnikovpi@ipgg.sbras.ru)

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. Based on studies of anisotropy magnetic susceptibility (AMS) in Precambrian magmatic and metamorphic rocks of the Zimoveyniy massif (block) have proven that the primary origin of magnetic texture was recorded in intrusive rocks (adakites and gabbro-anorthosites) then in hosted this rocks orthogneisses the presence of AMS is explained by the appearance of deformations that occurred before their intrusion.

Key words: Anisotropy of magnetic susceptibility, Zimoveiniy masiff, adakitic dykes, gabbro-anorthosites, orthogneisses.

Природа анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ) магматических и метаморфических пород рассматривается исследователями в связи с упорядочением осей лёгкого намагничивания зерен магнитных минералов под воздействием разнообразных геологических факторов, таких как направленности движений магматических потоков или наложенных тектонических деформаций [1, 2]. Одними из причин возникновения АМВ являются одноосные давления, приводящие к возникновению деформированных

комплексов с различной по сложности внутренней структурой [2, 3], что нередко осложняет компонентный состав естественной остаточной намагниченности (NRM) пород и в итоге создает невозможность применения их для палеомагнитных исследований [4].

В этой работе объектом палеомагнитного изучения являются магматические и метаморфические породы Зимовейнинского массива (блока), находящегося в северо-западной части Южно-Енисейского кряжа (юго-западное обрамление Сибирского кратона). Этот блок находится в зоне сочленения Татарско-Ишимбинской и Приенисейской шовных зон. Дайки адакитов и малых интрузивных тел габбро-анортозитов, U-Pb возраст цирконов которых варьирует в интервале 576 – 546 млн. лет [5], прорывают деформированную толщу метаморфических пород, преимущественно амфиболитовой фации.

Изучение АМВ выполнено для 88 образцов из коллекции пород Зимовейнинского массива с использованием аппаратуры лаборатории Геодинамики и палеомагнетизма ИНГГ СО РАН (г. Новосибирск): многофункционального измерителя магнитной восприимчивости МФК1-FA (Чехия) и специализированного пакета программ «Safyr 4W» и «ANYSOFT 4.2». Для каждого из этих образцов были измерены сферические координаты и величины магнитной восприимчивости, соответствующие трем главным осям эллипсоида АМВ ( $K_1$  – максимальная,  $K_2$  – промежуточная и  $K_3$  – минимальная), степень АМВ –  $Pj = \exp\sqrt{2[(n_1 - n_m)^2 + (n_2 - n_m)^2 + (n_3 - n_m)^2]}$ , где  $n_i = \ln(K_i)$ , ( $i = 1, 2, 3$ ) и  $n_m$  – среднее арифметическое от  $n_1$ ,  $n_2$  и  $n_3$ , параметр формы  $T = \left[\frac{2(n_2 - n_3)}{n_1 - n_3} - 1\right]$ , изменяющийся от  $-1$  (удлиненный эллипсоид), до  $+1$  (сплюснутый эллипсоид), а также параметры линейной ( $L$ ) и плоскостной ( $F$ ) анизотропии.

Полученные значения степени анизотропии  $Pj$  для образцов из габбро-анортозитов варьируют от 1.008 до 1.015 ед. Параметр формы  $T$  изменяется от  $-0.819$  до  $0.786$  ед. В совокупности оси эллипсоидов отдельных образцов габбро-анортозитов распределены хаотически.

Значения  $Pj$  для образцов из вмещающих ортогнейсов изменяются в широких пределах: от 1.080 до 1.320 ед. Форма эллипсоида преимущественно удлиненная – ( $T = -0.941 - 0.074$ ). В среднем, значения линейной анизотропии выше, чем плоскостной: ( $L = 1.014 - 1.253$  ед,  $F = 1.002 - 1.052$  ед.). Ориентировка максимальных осей ( $K_1$ ) эллипсоидов АМВ в большинстве образцов совпадает с простиранием шарниров складок, отвечая магнитной линейности ( $Az K_1 = 237-321^\circ \angle K_1 = 38 - 83^\circ$ ). Максимальная и промежуточная ( $Az K_2 = 6-71^\circ$  и  $212-244^\circ$ ,  $\angle K_2 = 2-23^\circ$ ) оси эллипсоида в этих породах ориентированы в соответствии с положением деформированных поверхностей полосчатости, наблюдаемой в этих породах. Минимальная ось эллипсоида (ось сжатия) имеет юго-восточное ( $Az K_3 = 94-121^\circ \angle K_3 = 36-51^\circ$ ) воздымание.

Значения  $Pj$  для образцов из даек адакитов выше, чем для габбро-анортозитов, но ниже чем для вмещающих ортогнейсов, варьируя в интервале 1.040 – 1.114 ед. Величина  $T = 0.012 - 0.964$  (сплюснутый эллипсоид), среднее значение плоскостной анизотропии ( $F = 1.054$  ед.) выше среднего значения линейной анизотропии ( $L = 1.022$  ед.) в этих образцах. Оси  $K_1$  и  $K_2$  расположены в плоскостях, субпараллельных контактам адакитовых даек, в то время как ось  $K_3$  субперпендикулярна простиранию даек (субмеридиональное и северо-восточное). Подобное распределение осей эллипсоида наблюдается также в экзоконтакте дайковых тел, отличающееся от их ориентировки во вмещающих ортогнейсах.

Таким образом, полученные результаты доказывают первичную природу магнитной текстуры исследуемых эдиакарских интрузивных пород – адакитов и габбро-анортозитов

Зимовейнинского массива. Данные интрузии после их формирования не испытывали пластической деформации, что обуславливает пригодность этих пород к палеомагнитным исследованиям, доказывая высокую достоверность полученного ранее палеомагнитного полюса [6]. Природа АМВ вмещающих ортогнейсов связана с деформациями, происходившими до внедрения интрузий адакитов и габбро-анортозитов. Ориентировка эллипсоида АМВ ортогнейсов указывает на сжатие в северо-западном (юго-восточном) направлении, что отражает процесс левостороннего сдвигового перемещения, и соответствует в целом геологическим данным для неопротерозойских пород из Зимовейнинского и Предивинского блоков Приенисейской тектонической зоны [5, 7].

*Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ 18-35-00556, 18-05-00854 и РНФ 14-37-00030.*

#### **Литература:**

1. Hrouda F. Magnetic anisotropy of rocks and its application in geology and geophysics. *Surveys in Geophysics*. 1982. V. 5. P. 37 – 82.
2. Tarling D.H., Hrouda F. *The magnetic anisotropy of rocks*. New York. Chapman and Hall. 1993. 217 p.
3. Borradaile G.J., Henry B. Tectonic applications of magnetic susceptibility and its anisotropy. *Earth Science Reviews*. 1997. V. 42. P. 49–93.
4. Nagata T. Basic magnetic properties of rocks under the effect of mechanical stresses // *Tectonophysics*. 1970. V. 9. № 2–3. P. 167–195.
5. Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю., Кадильников П.И., Романова И.В. Поздненеопротерозойские адакиты Енисейского кряжа (Центральная Сибирь): петрогенезис, геодинамика и U/Pb возраст. *Геология и геофизика*. 2017. Т. 58. № 10. С. 1459–1478.
6. Кадильников П.И., Верниковская А.Е., Михальцов Н.Э., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю. Палеомагнитный полюс Сибирского палеоконтинента на позднеэдиакарском этапе эволюции активной континентальной окраины (Южно-Енисейский кряж). *Доклады Академии наук*. 2018. Т. 483. № 2. в печати
7. Верниковский В.А., Казанский А.Ю., Матушкин Н.Ю., Метелкин Д.В., Советов Ю.К. Геодинамическая эволюция складчатого обрамления и западная граница Сибирского кратона в неопротерозое: геолого-структурные, седиментологические, геохронологические и палеомагнитные данные. *Геология и геофизика*. 2009. Т. 50. № 4. С. 502–519.

## ИЗОТОПЫ ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИССЛЕДОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Калашикова Д.А.<sup>1</sup>, Симонова Г.В.<sup>1,2</sup>, Маркелова А.Н.<sup>1</sup>, Крайнюков А.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

[galina\\_simonova@inbox.ru](mailto:galina_simonova@inbox.ru)

Аннотация. В статье демонстрируется возможность использования изотопов легких элементов для решения различных задач экологии, археологии, палеоклиматологии, а также для определения фактов фальсификации продуктов питания. Кратко описаны примеры использования стабильных изотопов углерода и азота для оценки загрязнения атмосферного воздуха, для палеореконструкций условий обитания и климатических параметров, для выявления факта подделки продуктов питания. Радиоизотопы углерода (<sup>14</sup>C) и водорода (<sup>3</sup>H) были использованы в работах по определению радиоуглеродного возраста углеродсодержащих образцов и исследованию трития в древесных кольцах.

Ключевые слова: изотопная масс-спектрометрия, стабильные изотопы легких элементов, объекты окружающей среды, тритий, радиоуглерод

## ISOTOPES OF LIGHT ELEMENTS IN ENVIRONMENTAL RESEARCHES

*Kalashnikova D.A.<sup>1</sup>, Simonova G.V.<sup>1,2</sup>, Markelova A.N.<sup>1</sup>, Krainyukov A.A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia

<sup>2</sup>Tomsk State University, Tomsk, Russia, [galina\\_simonova@inbox.ru](mailto:galina_simonova@inbox.ru)

Abstract. The possibility of light elements isotopes applications for solution of various issues of ecology, archeology, paleoclimatology, as well as for determining the foods adulteration is demonstrated. Examples of the stable carbon and nitrogen isotopes usage for air pollution assessing, paleoreconstruction of habitat conditions and climatic parameters, detecting the food counterfeiting are briefly described. Radioisotopes of carbon (<sup>14</sup>C) and hydrogen (<sup>3</sup>H) were used to determine the radiocarbon age of carbonaceous samples and to study tritium in tree rings.

Key words: isotope mass spectrometry, stable isotopes of light elements, environmental objects, tritium, radiocarbon

Легкие элементы (С, Н, О, N, S) являются важными составляющими большинства соединений и входят в состав живых организмов. Изотопы подразделяются на стабильные и нестабильные (радиоактивные). Большинство элементов имеют два и более стабильных изотопа. Например, углерод и азот представлены двумя стабильными изотопами – <sup>12</sup>C, <sup>13</sup>C и <sup>14</sup>N, <sup>15</sup>N. Среди радиоизотопов легких элементов важное место занимают тритий <sup>3</sup>H и радиоуглерод <sup>14</sup>C. Они считаются маркерами антропогенного загрязнения. Кроме этого радиоуглерод широко используется археологами, палеонтологами, климатологами и

экологами при определении возраста различных природных объектов (радиоуглеродный метод). Современные физико-химические методы анализа позволяют использовать в исследованиях окружающей среды не только радиоактивные изотопы, но и стабильные изотопы. Состав стабильных изотопов легких элементов является уникальным для различных объектов окружающей среды, но он может изменяться в результате фракционирования изотопов в ходе природных, химических и климатических процессов [1]. Эти изменения, пропорциональные разнице масс изотопов, позволяет зафиксировать изотопная масс-спектрометрия (IRMS), обладающая исключительно высокой чувствительностью и точностью измерения изотопных отношений и широко используемая в многочисленных областях наук (химия, геология, геохимия, экология, археология и т.д.), а также при контроле медицинских препаратов и при идентификации подделок продуктов питания.

### **1. Стабильные изотопы легких элементов**

В лаборатории бионформационных технологий ИМКЭС СО РАН изотопный анализ стабильных изотопов осуществлялся с помощью масс-спектрометрии изотопных отношений при использовании изотопного масс-спектрометра Delta V Advantage, (Thermo Fischer Scientific, ТомЦКП СО РАН) для решения различных задач:

1.1 Использование изотопов углерода и кислорода позволило провести палеоклиматические реконструкции изменений климатических параметров при исследовании целлюлозы, выделенной из торфа и древесных колец. В нашем исследовании [2] были выявлены изменения в гидрологическом режиме исследуемых лесных районов, которые произошли в результате выборочной рубки деревьев.

1.2. Исследование изотопного состава углерода в атмосферных аэрозолях позволило определить источник происхождения пирогенного углерода – черного углерода, который является одной из наиболее активных фракций атмосферного аэрозоля и поглощают излучение во всем спектральном диапазоне [3]. Проведенные нами лабораторные исследования разных видов топлива (уголь, торф, древесина, бензин и керосин) показали значительные различия изотопного состава углерода. Наиболее тяжелый изотопный состав углерода как исходного топлива, так и сажи приходится на каменный уголь ( $\delta^{13}\text{C} = -23,5/-24\%$ ), а наиболее легкий – на продукты нефтепереработки ( $\delta^{13}\text{C} = -29/-31\%$ ). Имея информацию об изотопном составе пирогенного углерода, выделенного из атмосферных взвесей, осевших на снежный покров, удалось выявить территории в Томске с явным преобладанием определенного источника пирогенного углерода [4].

1.3. Фракционирование изотопов азота наиболее сильно проявляется в экологических исследованиях. Изучение изотопного состава эпифитных мхов Томска (Томская область) и Прокопьевска (Кемеровская область) позволило сделать вывод, что Томск имеет большую антропогенную нагрузку с точки зрения выбросов азотсодержащих соединений по сравнению с Прокопьевском [5].

1.4. Применение изотопного анализа углерода и азота в археологических исследованиях позволило определить не только рацион захороненных лошадей (III век н.э.), но и получить информацию для реконструкции природно-ландшафтных и климатических условий [6].

1.5. На уровне современных знаний измерение стабильных изотопов является наиболее эффективным средством установления географического положения, а также фактов фальсификации продуктов питания. Мы провели сравнение изотопного состава

углерода в меде и выделенном из него протеине, которое позволило выявить из 17 образцов меда 7 образцов, разбавленных сахарными сиропами [7].

## 2. Радиоактивные изотопы $^{14}\text{C}$ и $^3\text{H}$

Удельную активность радиоизотопов в ЛБИТ ИМКЭС СО РАН определяют жидкостно-сцинтилляционным методом на спектрометре-радиометре Quantulus 1220 (ТомЦКП СО РАН). Активность радиоуглерода в углеродсодержащих образцах (торф, почва, уголь, древесина, костный материал) позволяет определить их радиоуглеродный возраст, с учетом периода полураспада  $^{14}\text{C}$  ( $T_{1/2}=5730$  лет). А учитывая изотопное фракционирование  $\delta^{13}\text{C}$  в датированном образце, можно ввести поправку на измеренное значение содержания углерода  $^{14}\text{C}$ .

Проведены исследования удельной активности трития в водных образцах (атмосферные осадки, березовый сок, пробы техногенной и природной воды) в городе Томске и его окрестностях [8]. Также для фоновых и антропогенно-нагруженных территорий был проведен сравнительный анализ тритиевой воды, выделенной из целлюлозы древесных колец [9]. Для периода с 1991 г. по 2010 г. для содержания трития в целлюлозе годовых колец сосны обыкновенной наблюдался нисходящий тренд – удельная активность снижалась с 15,3 Бк/л до 5,8 Бк/л. Пик удельной активности трития (13,2 Бк/л) был зафиксирован в 2008 г. для сосны из окрестностей с. Георгиевка, что, по-видимому, объясняется запланированной остановкой двух реакторов на ОАО «СХК» [10].

### Литература:

1. Проблемы аналитической химии. Том 15. Изотопная масс-спектрометрия газообразующих элементов. / Под ред. В.С. Севастьянова. Москва. ФИЗМАТЛИТ. 2011. 240 с.
2. Калашникова Д.А., Маркелова А.Н., Мелков В.Н., Симонова Г.В. Изотопный состав легких элементов в природных объектах томской области как маркер палеоклиматических изменений. Известия ВУЗов. Физика. 2016. Т. 59. №7/2. С. 87–93.
3. Kalashnikova D.A., Markelova A.N., Melkov V.N., Simonova G.V. Isotope composition of the pyrogenic carbon of various origins. Химия в интересах устойчивого развития. 2016. Т. 24. №4. С. 467–471.
4. Markelova A.N., Volkov Y.V., Simonova G.V., Kalashnikova D.A. Stable isotope ratio analysis for assessing of anthropogenic air pollution in Tomsk. Conference proceedings of 17th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017. Bulgaria. 2017. V. 17. I. 41. P. 567–574.
5. Simonova G.V., Kalashnikova D.A. Assessment of air pollution by epiphytic mosses and lichens. Conference proceedings of 18th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2018. Bulgaria. 2018. V. 18. I. 5.1. P. 51–58.
6. Тишкин А.А., Мелков В.Н., Симонова Г.А. Изотопный состав углерода  $\delta^{13}\text{C}$  и азота  $\delta^{15}\text{N}$  в погребенных останках из курганов памятников Яломан-II и III на Алтае. Сохранение и изучение культурного наследия Алтайского края : сборник научных статей, отв. ред. А.А. Тишкин, В.П. Семибратов. XXIV. Барнаул. 2018. С. 179–186.
7. Ветрова О.В., Калашникова Д.А., Мелков В.Н., Симонова Г.В. Выявление фальсификации меда сахарными сиропами методом масс-спектрометрии стабильных изотопов. Журнал аналитической химии. 2017. Т. 72. № 7. С. 645–649.
8. Кабанов М.В., Мелков В.Н., Симонова Г.В., Маркелова А.Н. Мониторинг концентрации трития в водных объектах и березовом соке в окрестностях города Томска. Экологические системы и приборы. 2012. №1. С. 42–45.
9. Симонова Г.В., Кабанов М.В., Маркелова А.Н., Мелков В.Н., Николаева С.А. Содержание трития и радиоуглерода в природных средах в окрестностях г. Томска. Вопросы радиационной безопасности. 2013. №4. С. 30–44.
10. Экологический мониторинг состояния окружающей среды Томской области в 2009 г. / Под ред. А.М. Адама. Томск. Оптимум. 2010. 164 с.

## РАМАНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ ГРАНАТА В АЛМАЗАХ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

*Калугина А.Д.<sup>1</sup>, Зедгенизов Д.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

[a.kalugina@g.nsu.ru](mailto:a.kalugina@g.nsu.ru)

<sup>2</sup> Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

Аннотация. В работе приведены данные исследования включений гранатов в алмазах Сибирской платформы методом Рамановской спектроскопии. Установлены зависимости положения основных частотных мод Рамановских спектров гранатов ( $\nu_1$ ,  $\nu_2$ , R(SiO<sub>4</sub>)) от их химического состава. Отмечены влияние изоморфизма для пар Ca $\leftrightarrow$ Mg, Al $\leftrightarrow$ Cr на смещение мод  $\nu_1$  и  $\nu_2$ , соответственно, а также корреляция между содержанием FeO и смещением моды R(SiO<sub>4</sub>). Полученные результаты могут быть использованы для идентификации гранатов разных алмазоносных парагенезисов.

Ключевые слова: алмаз, гранат, Рамановская спектроскопия, парагенезис

## RAMAN SPECTROSCOPY OBSERVATION OF GARNET INCLUSIONS IN DIAMONDS FROM SIBERIAN PLATFORM

*Kalugina A.D.<sup>1</sup>, Zedgenizov D.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [a.kalugina@g.nsu.ru](mailto:a.kalugina@g.nsu.ru)

<sup>2</sup> V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

Abstract. This study provides a new results of Raman investigation of garnet inclusions in diamonds from Siberian platform. Relationships between main frequency modes ( $\nu_1$ ,  $\nu_2$ , R(SiO<sub>4</sub>)) and composition of the garnets have been found. Ca $\leftrightarrow$ Mg and Al $\leftrightarrow$ Cr isomorphism affects the Raman shift for stretching ( $\nu_1$ ) and bending ( $\nu_2$ ) modes, respectively. The correlation between FeO content and the rotational frequency mode (R(SiO<sub>4</sub>)) are also detected. The observed correlations may be used to identify the garnets of different diamondiferous parageneses.

Key words: diamonds, garnets, Raman spectroscopy, paragenesis

Гранат является важным минералом пород мантии Земли (в перидотитах ~10%, в эклогитах ~50%) и часто встречается в виде включений в алмазах. Включения гранатов в алмазах используются для характеристики состава и физико-химических параметров среды их образования [1]. Включения гранатов в основном относятся к перидотитовому (Р-тип) и эклогитовому (Е-тип) парагенезисам, и реже встречаются гранаты пироксенитового парагенезиса.

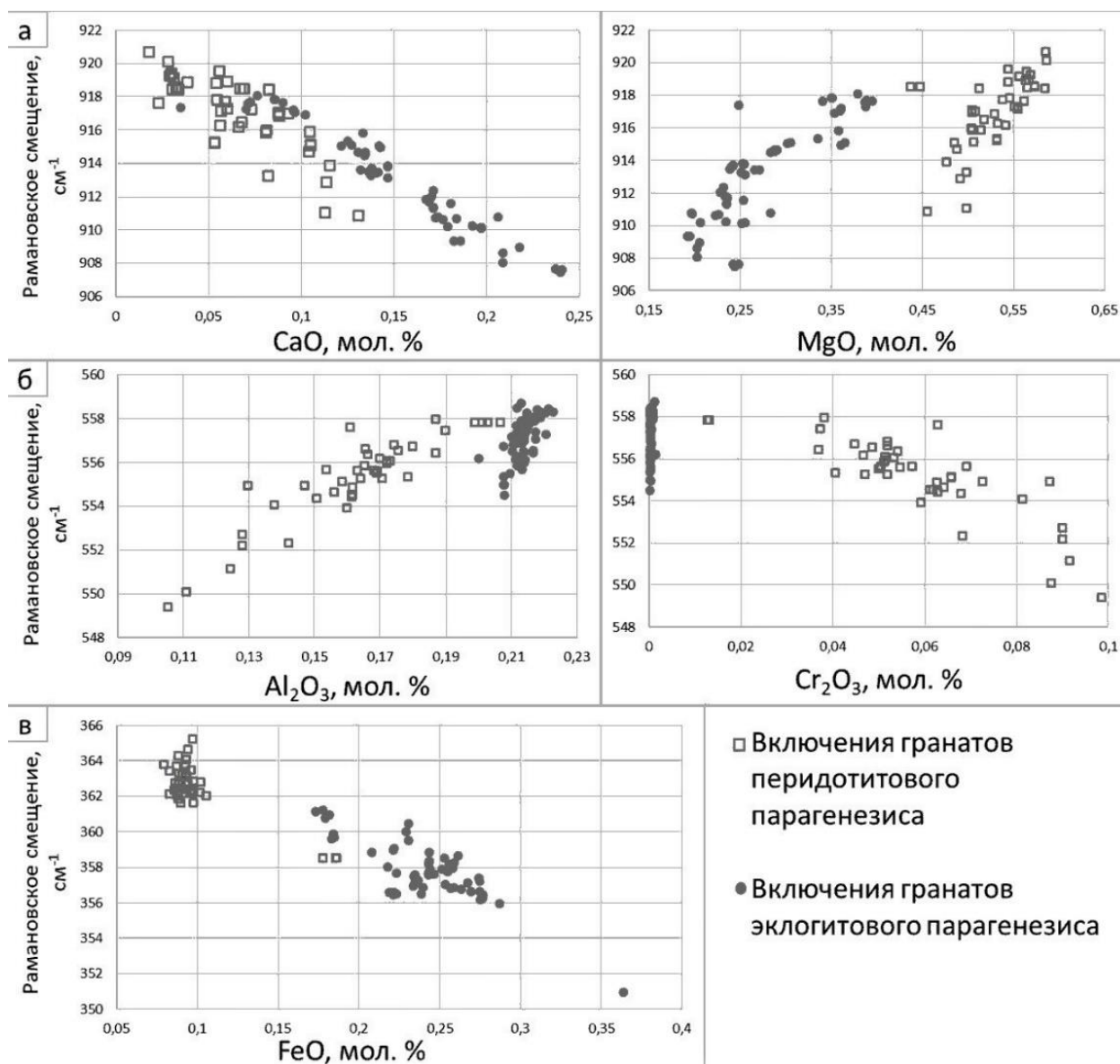
Рамановская спектроскопия широко используется для изучения специфических структурных характеристик минералов, в том числе включений высокобарических минеральных фаз в алмазах. В настоящей работе приводятся новые данные Рамановской



спектроскопии 101 включений гранатов разных парагенезисов в алмазах из нескольких месторождений Сибирской платформы. Включения были выведены на поверхность в единой полировке с алмазом хозяином. По данным рентгеноспектрального микроанализа исследованные включения гранатов Р-типа обеднены СаО (1,29-7,34 масс. %) и обогащены MgO (17,6-23,7 масс. %). Для них также характерно высокое содержание Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,93-14,9 масс. %). Для гранатов Е-типа были определены содержания СаО от 1,98 до 13,5 масс. %, MgO от 7,76 до 15,9 масс. %, и Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> <0,21 масс. %.

Для Рамановских спектров минералов группы граната всегда характерно наличие трех наиболее интенсивных мод с частотами близкими к 350, 550 и 900 см<sup>-1</sup>, возникающими за счет вращательных (R(SiO<sub>4</sub>)), деформационных колебательных ( $\square_2$ ) и валентных колебательных ( $\square_1$ ) энергий SiO<sub>4</sub>-тетраэдра [2, 3]. Основным фактором, определяющим изменения положения основных частотных мод спектра граната, является функция зависимости их химического состава от энергий растяжения и кручения связей Si-O [4, 5]. Для гранатов Е-типа были записаны Рамановские спектры с частотными максимумами, варьирующими в пределах 351-361, 555-558, 908-918 см<sup>-1</sup>. Для гранатов Р-типа зафиксированы частотные максимумы в пределах 359-363, 551-558, 913-919 см<sup>-1</sup>. Для изученных включений гранатов наблюдается отрицательная линейная зависимость между содержанием СаО и модой валентных колебаний ( $\square_1$ ) (рис. 1а). Для гранатов Р-типа и Е-типа эта мода показывает две разные положительные зависимости от содержания MgO (рис. 1а). Для гранатов Р-типа отмечены прямая зависимость положения частот деформационной колебательной моды ( $\square_2$ ) со содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и обратная зависимость с содержанием Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (рис. 1б). Для вращательной моды (R(SiO<sub>4</sub>)) в изученных гранатах была выявлена четкая отрицательная зависимость от содержания FeO (рис. 1в).

Выявленные корреляции показывают, что положение основных частотных пиков Рамановских спектров включений гранатов зависят от их химического состава и структуры. Показано, что смещением положения мод деформационных ( $\square_2$ ) и валентных ( $\square_1$ ) колебательных энергий связаны с изоструктурными замещениями Al $\leftrightarrow$ Cr и Ca $\leftrightarrow$ Mg, соответственно. Полученные результаты могут быть использованы для идентификации гранатов Е- и Р-типов по характерным спектроскопическим особенностям, а также для разделения гранатов алмазоносных и не алмазоносных парагенезисов.



**Рисунок 3 - Корреляции между содержанием оксидов главных элементов и Рамановским смещением разных пиков для включений граната перидотитового и эклогитового парагенезисов в алмазах: а – зависимости положения моды валентных колебаний ( $\square_1$ ) от содержаний CaO и MgO, б – зависимости положения моды деформационных колебаний ( $\square_2$ ) от содержаний  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , в – зависимость положения вращательной моды ( $\text{R}(\text{SiO}_4)$ ) от содержания FeO.**

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Российского научного фонда (грант №16-17-10067).*

#### Литература:

1. Соболев Н.В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск. Наука. 1974. 263 с.
2. Hofmeister A.M., Chopelas A. Vibrational spectroscopy of end-member silicate garnets. Phys. Chem. Miner. 1991. №17. С. 503–526.
3. Kolesov B.A., Geiger C.A. Raman scattering in silicate garnets an investigation of their resonance intensities. J. Raman Spectrosc. 1997, №28, С. 659–662.
4. Kolesov B.A., Geiger C.A. Raman spectra of silicate garnets. Phys. Chem. Miner. 1998. №25. С. 142–151.
5. Bersani D., Andò S., Vignola P., Moltifiori G., Marino I.-G., Lottici P.P., Diella V. Micro-Raman spectroscopy as a routine tool for garnet analysis. Spectrochim. Acta. 2009. №73. С. 484–491.

**КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ НОВЫХ СИНТЕЗИРОВАННЫХ KREE-СИЛИКАТОВ И АЛЮМОСИЛИКАТОВ**

*Канева Е.В., Суворова Л.Ф., Таусон В.Л.*

Институт геохимии им А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

[kev604@mail.ru](mailto:kev604@mail.ru)

Аннотация. Выявлены особенности кристаллических структур, синтезированных в гидротермальных условиях KREE-силикатов и алюмосиликатов ( $REE = Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Tm$  и  $Yb$ ). Уточнение структурных моделей соединений методом монокристаллической рентгеновской дифракции позволило установить их кристаллохимические особенности и форму вхождения редкоземельных элементов в структуру.

Ключевые слова: гидротермальный синтез, KREE-силикаты, KREE-алюмосиликаты, кристаллическая структура

**CRYSTAL STRUCTURES OF NEWLY SYNTHESIZED KREE-SILICATES AND ALUMINOSILICATES**

*Kaneva E.V., Suvorova L.F., Tauson V.L.*

A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia,

[kev604@mail.ru](mailto:kev604@mail.ru)

Abstract. The features of crystal structures of KREE-silicates and aluminosilicates ( $REE = Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Tm$  and  $Yb$ ), synthesized under hydrothermal conditions, are revealed. The refinement of structural models by means of SCXRD made it possible to establish their crystal chemical features and form of the occurrence of rare-earth elements in the structure.

Key words: hydrothermal synthesis, KREE-silicates, KREE-aluminosilicates, crystal structure

В современной геохимии редкоземельные элементы (РЗЭ, REE) рассматриваются в качестве индикаторов условий и механизмов образования пород и минералов ([1] и др.), редокс-сенсоры окислительного состояния магматических систем [2] и т.д. Однако по причине отсутствия диагностики форм вхождения РЗЭ, коэффициенты их распределения между минералами природных и экспериментальных систем остаются неизвестными. Важную роль в экспериментальном изучении распределения редкоземельных элементов в широком спектре составов играет довольно распространенная парагенетическая пара слюда – КПШ, а задачей проводимых экспериментов является выявление условий и факторов вхождения в них отдельных РЗЭ.

Гидротермальный синтез производится В.К. Тароевым в автоклаве, герметизированном аргонодуговой сваркой, при 500 °C ( $\pm 5$  °C) и давлении 100 Мпа (1 кбар), продолжительность опыта – 45 суток. Эксперименты проводились с использованием смеси оксидов  $SiO_2-Al_2O_3-REE_2O_3$  ( $REE = Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb$ ) во флюиде  $KOH-H_2O$ ,

выбор состава которого определяется тем, что водно-щелочные растворы КОН можно считать моделью природных флюидов. Для выполнения опытов использовались Ni и Cu контейнеры и соответствующие добавки NiO и Cu<sub>2</sub>O для контроля летучести кислорода в системе. При использовании буферных ассоциаций в результате эксперимента образуются новые силикатные соединения К и РЗЭ, являющиеся потенциально полезными для применения в различных сферах технологии и материаловедения в качестве люминесцентных, лазерных, пьезоэлектрических и других материалов [3]. Целью данной работы, продолжающей исследование кристаллических структур синтезированных KREE-соединений [3], является установление их кристаллохимических и структурных особенностей.

Химический состав синтезированных кристаллов исследовался на электронно-зондовом микроанализаторе JXA-8200 Jeol, снабженном растровым электронным микроскопом высокого разрешения, энергодисперсионным спектрометром (EDS) с SiLi детектором и пятью спектрометрами с волновой дисперсией (WDS). Кристаллы силикатов и алюмосиликатов были проанализированы на монокристалльном дифрактометре AXS D8 VENTURE Bruker с двумя источниками излучения и детектором Photon 100 под монохроматизированным MoK $\alpha$  излучением. Полученные в результате уточнения структурные характеристики, а также кристаллохимические формулы исследуемых кристаллов приведены для сравнения в табл. 1

Таблица 1. Кристаллохимические характеристики синтезированных соединений

Кристаллохимическая формула	Симметрия, параметры эл. ячейки	<REE-O> (Å)	ИМП*	$\sum$ в.у. REE**
<b>К-REE-алюмосиликаты</b>				
K <sub>1.95</sub> Pr <sub>1.01</sub> AlSi <sub>4</sub> (O,OH) <sub>12</sub> ·0.31H <sub>2</sub> O	C2/c, a = 26.853(1), b = 7.393(1), c = 14.885(1) Å, $\beta$ = 123.551(1) °	2.453(3)	Pr <sup>3+</sup> : ~2.4 Pr <sup>4+</sup> : ~2.3	3.15
K <sub>1.99</sub> Tb <sub>1.01</sub> AlSi <sub>4</sub> (O,OH) <sub>12</sub> ·0.31H <sub>2</sub> O	C2/c, a = 26.619(1), b = 7.255(1), c = 14.820(1) Å, $\beta$ = 123.515 (1) °	2.382(3)	Tb <sup>3+</sup> : 2.34 Tb <sup>4+</sup> : ~2.2	3.03
K <sub>1.96</sub> DyAlSi <sub>4</sub> (O,OH) <sub>12</sub> ·0.41H <sub>2</sub> O	C2/c, a = 26.696(1), b = 7.248(1), c = 14.771(1) Å, $\beta$ = 123.772(1) °	2.375(4)	Dy <sup>2+</sup> : 2.49 Dy <sup>3+</sup> : 2.33	3.02
K <sub>1.99</sub> Sm <sub>0.97</sub> AlSi <sub>4</sub> (O,OH) <sub>12</sub> ·0.38H <sub>2</sub> O [3]	C2/c, a = 26.741(1), b = 7.329(1), c = 14.850(1) Å, $\beta$ = 123.514 (1) °	2.416	Sm <sup>2+</sup> : 2.58 Sm <sup>3+</sup> : 2.38	3.07
K <sub>2.02</sub> Gd <sub>0.96</sub> AlSi <sub>4</sub> (O,OH) <sub>12</sub> ·0.25H <sub>2</sub> O [3]	C2/c, a = 26.67(1), b = 7.294(3), c = 14.835(6) Å, $\beta$ = 123.44 (1) °	2.397	Gd <sup>3+</sup> : 2.36	***
<b>К-REE-силикаты</b>				
K <sub>6.04</sub> Eu <sub>1.02</sub> Si <sub>10</sub> (O,OH) <sub>25</sub>	C2/c, a = 27.676(1), b = 7.048(1), c = 14.215(1) Å, $\beta$ = 116.308(1) °	2.314(2)	Eu <sup>2+</sup> : 2.53 Eu <sup>3+</sup> : 2.31	3.15
K <sub>2.70</sub> Tm <sub>0.98</sub> Si <sub>6</sub> (O,OH) <sub>15</sub> ·0.81H <sub>2</sub> O	Pbam, a = 14.850(1), b = 15.899(1), c = 7.242(1) Å	2.309(5), 2.318(6)	Tm <sup>2+</sup> : 2.39 Tm <sup>3+</sup> : 2.24	2.60, 2.55
K <sub>2.63</sub> Eu <sub>1.01</sub> Si <sub>6</sub> (O,OH) <sub>15</sub> ·0.94H <sub>2</sub> O	Pbam, a = 14.834(1), b = 15.877(1), c = 7.243(1) Å	2.310(5), 2.315(7)	Eu <sup>2+</sup> : 2.53 Eu <sup>3+</sup> : 2.31	3.19, 3.14
K <sub>3.97</sub> Yb <sub>1.93</sub> Si <sub>8</sub> (O,OH) <sub>21</sub> [3]	C2/c, a = 17.440(2), b = 11.786(1), c = 12.802(2) Å, $\beta$ = 130.902(1) °	2.233(3)	Yb <sup>2+</sup> : 2.38 Yb <sup>3+</sup> : 2.23	3.09

$K_{6.89}Sm_3Si_{12}(O,OH)_{32} \cdot 2H_2O$ [3]	$P-1, a = 6.922(1),$ $b = 11.465(1), c = 11.622(1)$ $\text{Å}, \alpha = 88.063(3), \beta =$ $88.449(3),$ $\gamma = 79.266(3)^\circ$	2.33(1), 2.34(1)	$Sm^{2+}: \sim 2.6$ $Sm^{3+}: 2.32$	3.14, 3.09
$K_{6.97}Tb_{2.83}Si_{12}(O,OH)_{32} \cdot 1.36H_2O$ [3]	$P-1, a = 6.872(3),$ $b = 11.440(5), c = 11.542(6)$ $\text{Å}, \alpha = 88.19(4), \beta = 88.86(4),$ $\gamma = 79.65(4)^\circ$	2.291(7), 2.30(5)	$Tb^{3+}: 2.28$ $Tb^{4+}: 2.12$	***
*ИМП – идеальное межатомное расстояние (Å), рассчитано по [4]; **Сумма валентных усилий позиции REE, рассчитана по [5]; ***значения межатомных расстояний для расчета не доступны				

В структурах исследуемых алюмосиликатных соединений, кристаллизующихся в пространственной группе  $C2/c$ , неразветвленные единичные цепочки кремнекислородных тетраэдров связаны между собой тетраэдрами  $AlO_4$  и образуют смешанные двойные слои. Алюмосиликатные слои связаны между собой REE-семивершинниками. Тетраэдрические слои в структурах изучаемых кристаллов могут различаться порядком их укладки, но при этом они совмещаются с помощью действия поворотной оси симметрии второго порядка и разворота REE-полиэдра.

*KREE*-силикаты кристаллизуются в разных пространственных группах триклинной, моноклинной и ромбической сингонии. Структуры соединений основаны на слоях, образованных кремнекислородными тетраэдрами, к которым прикрепляются одиночные и/или пара соединенных по ребру REE-октаэдра.

Внутри полостей, образуемых тетраэдрическими кольцами и полиэдрами, в структурах силикатов и алюмосиликатов располагаются атомы калия и молекулы воды, выявленные в результате рентгеноструктурных исследований. Атомы К в структурах некоторых синтезированных соединений могут быть разупорядочены.

Анализ локального баланса валентных усилий в структуре (табл. 1) показывает, что Pr, Sm, Gd, Tb, Dy, и Yb входят в структуру в трехвалентном состоянии, а Tm имеет две формы: двух- и трехвалентную. Значения межатомных расстояний REE-катион – кислород, а также рассчитанные по [4] идеальные межатомные расстояния даны в табл. 1. Таким образом, уточнение структурной модели соединений методом монокристаллической рентгеновской дифракции позволяет не только выявить особенности кристаллических структур экспериментально полученных фаз, но и установить форму вхождения редкоземельных элементов в структуру синтезируемого вещества.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 16-05-00392 А.*

#### Литература:

1. Hulsbosch N., Hertogen J., Dewaele S. et al. Alkali metal and rare earth element evolution of rock-forming minerals from the Gatumba area pegmatites (Rwanda): Quantitative assessment of crystal-melt fractionation in the regional zonation of pegmatite groups. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2014. V. 132. P. 349 – 374.
2. Smythe D.J., Brenan J.M. Magmatic oxygen fugacity estimated using zircon-melt partitioning of cerium. *Earth and Planetary Science Letters*. 2016. V. 453. P. 260-266.
3. Taroev V.K., Kashaev A.A., Malcherek T. et al. Crystal structures of new potassium silicates and aluminosilicates of Sm, Tb, Gd and Yb and their relation to the armstrongite  $(CaZr(Si_6O_{15}) \cdot 3H_2O)$  structure. *Journal of Solid State Chemistry*. 2015. V. 227. P. 196 – 203.
4. Shannon R.D., Revised effective ionic radii and systematic studies of unternatomic distances in halides and chalcogenides. *Acta Crystallographica*. 1976. V. A32. P. 155 – 169.
5. Brown I.D. Recent developments in the methods and applications of the bond valence model. *Chemical Reviews*. 2009. V. 109. P. 6858 – 6919.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОНЕЙТРИННОГО ПОТОКА ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ДЕТЕКТОРА LENA (ФИНЛЯНДИЯ)

*Караман А.А., Гончаров А.Г.*

Санкт-Петербургский Государственный университет, Институт наук о Земле,  
[Nastyakoc97@gmail.com](mailto:Nastyakoc97@gmail.com)

Аннотация. На сегодняшний день вопросы строения Земли и механизма ее теплогенерации все еще открыты. Метод геонейтрино позволит определить вклад первичного и радиогенного тепла в общий тепловой поток, а также уточнить геохимические модели строения Земли.

Ключевые слова: геонейтрино, радиоактивные элементы, нейтринные детекторы

## GEONEUTRINO FLUX MODELLING FOR PROPOSED DETECTOR LENA (FINLAND)

*Karaman A.A., Goncharov A.G.*

Saint-Petersburg State University, Institute of Earth sciences,  
[Nastyakoc97@gmail.com](mailto:Nastyakoc97@gmail.com)

Abstract. Nowadays questions about Earth's structure and heat generation are still open. Using geoneutrino method can help us approximate contribution of primordial and radiogenic heat in Earth's internal heat budget and define the most reliable geochemical model.

Key words: geoneutrino, radioactive elements, neutrino detectors.

**Геонейтрино** – это электронные антинейтрино, образовавшиеся в результате инверсионного  $\beta$ -распада радиоактивных элементов. Геонейтрино возможно обнаружить специальными устройствами – детекторами с жидкими сцинтилляторами. На данный момент запущено два нейтринных детектора – японский KamLand и итальянский Borexino. LENA (Low Energy Neutrino Astronomy) - один из запланированных геонейтринных детекторов, который планируется разместить в шахте Пюхасалми (Puhäsalmi) в центральной Финляндии.

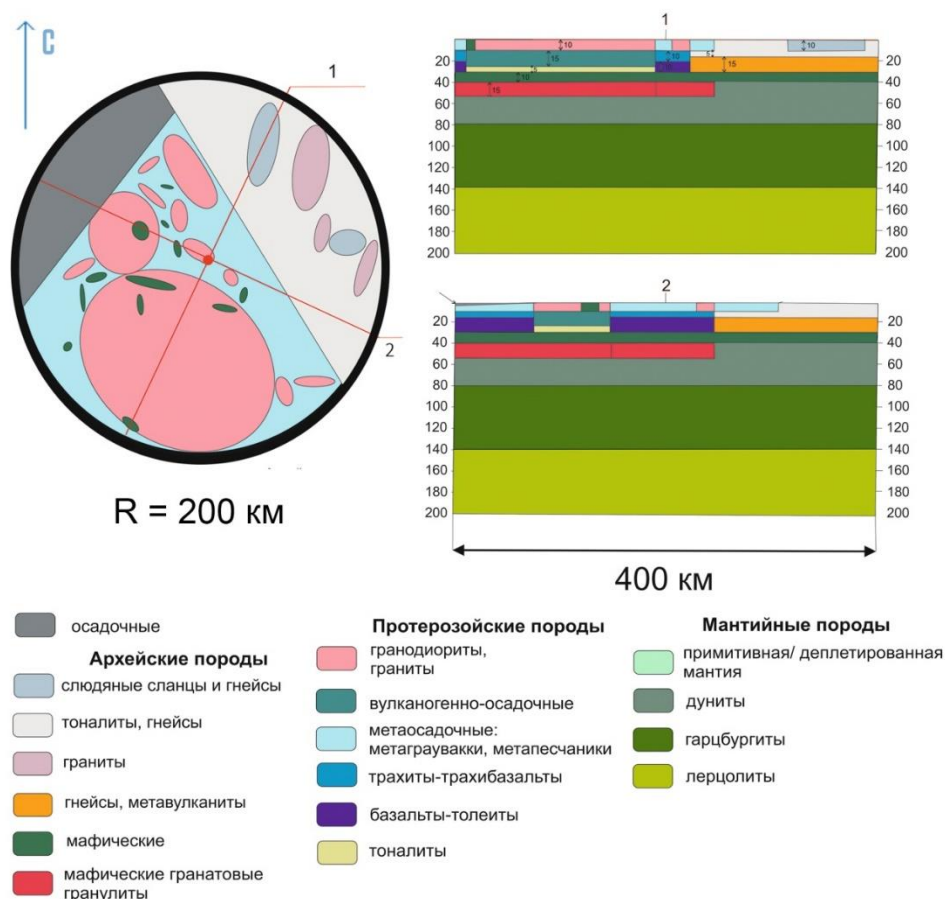
**Геологическое строение земной коры в зоне детектора.** Шахта Пюхасалми находится в зоне сложного геологического строения коры, где происходит сочленения архейских и протерозойских пород. Архейские ТТГ гнейсы, зеленокаменные пояса, супкраквустальные вулканогенно-осадочные и гранито-гнейсовые комплексы слагают Карельский кратон. Протерозойские породы представлены Центрально-Финляндским гранитоидным комплексом и поясами Саво и Ботническим, сложенными гнейсами, метаосадками и метавулканитами, близкими к океаническим островным дугам.

Характерная черта геологического строения Протерозойской части – наличие в нижней коре высокоскоростного слоя. Согласно данным по ксенолитам, высокоскоростной

слой может быть представлен архейскими мафическими гранатовыми гранулитами, богатыми амфиболом протерозойскими гранулитами и эклогитами.

**Строение литосферной мантии в зоне детектора.** Модели, созданные с использованием сейсмических разрезов и данных по мантийным ксенолитам [3], литосферная мантия под зоной сочленения пород Архея и Протерозоя состоит из нескольких слоев. Некоторые исследователи относят высокоскоростной слой не к нижней коре, а к литосферной мантии, что для геонейтринной модели непринципиально. Средний слой литосферной мантии по многим характеристикам схож с породами Карельского кратона и сложен гранатовыми дунитами и гарцбургитами [3]. Считается, что он является остатком от плавления и что именно из него была выплавлена Архейская континентальная кора. Нижняя литосферная мантия представлена лерцолитовыми пироповыми вариациями.

**Создание модели для расчета геонейтринного сигнала.** Вокруг точки, определяющей местоположение шахты Пюхасалми, был «вырезан» цилиндр с высотой и радиусом 200 км. Мы ограничили количество объектов для рассмотрения, соединив сходные по значениям плотности и распространенности радиоактивных изотопов геологические объекты. Таким образом, была составлена упрощенная карта геологического строения данного участка и два перпендикулярных друг-другу разреза (Рис.1). Существенное допущение для разработки модели – все изотопы распространены по объему равномерно, а плотность постоянна для конкретной



**Рисунок 1 - Схематическая геологическая карта участка с радиусом 200 м от проектируемого детектора LENA и упрощенные разрезы. Модель «Слоистая литосферная мантия».**

фигуры. Для мантии мы используем модель «земная кора – слоистая литосферная мантия» и модель «земная кора – однородная литосферная мантия».

**Расчет геонейтринного потока.** Вычисление геонейтринного сигнала производилось с помощью программ MS Excel и MS Visual Studio. Определялось количество антинейтрино в секунду с каждой объемной фигуры, затем использовался метод Монте-Карло для определения потока геонейтрино через детектор. Для сравнения полученных результатов с данными коллег [1,4,5] использовалась TNU – единица земных нейтрино, которая определяет количество детектируемых взаимодействий антинейтрино с протонами, в количестве  $10^{32}$ , в течение одного года [2].

**Таблица 1. Результаты. Значения потоков от U, Th и суммы изотопов в  $\text{с}^{-1}\text{см}^{-2}$  и TNU.**

Резервуар	$\Phi(\text{Th}) \text{ с}^{-1}\text{см}^{-2}$	$\Phi(\text{U}) (\text{ с}^{-1}\text{см}^{-2})$	TNU(Th)	TNU(U)	TNUsum
<b>Кора</b>	948646,0306	1220152,508	3,79458	4,88061	8,67519
<b>Слоистая литосферная мантия</b>	78861,8	141719,28	0,31545	0,56688	0,88232
<b>Обобщенная слоистая мантия</b>	123754,42	223288,71	0,49502	0,89315	1,38817

**Заключение.** В ходе проведения моделирования мы выясняли, что земная кора – основной источник геонейтринного сигнала. Поток зависит непосредственно от расстояния до детектора, поэтому локальную кору нужно моделировать наиболее детально: именно она вносит существенный вклад в итоговый результат. При правильной интерпретации земной коры, мы можем выделять исконно мантийный сигнал, а затем решать обратную задачу. Метод геонейтрино чувствителен к вариациям моделей мантии: усредняя концентрации и плотности, мы получаем больший сигнал от литосферной мантии, чем при разделении ее на отдельные слои. Правильно интерпретировав вклад литосферы в геонейтринный поток, мы сможем оценить теплогенерацию мантии и решить парадокс «недостающего источника тепла».

#### **Литература:**

1. Huang Y., Chubakov V., Mantovani F. A reference Earth model for the heat producing elements and associated geoneutrino flux. *Geochemistry Geophysics Geosystems*. 2013. V. 14. № 6. Pp. 2003-2009.
2. Mantovani F., Carmignani L., Fiorentini, G. & Lissia M. Antineutrinos from Earth: A reference model and its uncertainties. *Phys.Rev.* 2004. D. 69. Pp. 1-7.
3. Peltonen P., Brüggmann G. Origin of layered continental mantle (Karelian craton, Finland): Geochemical and Re–Os isotope constraints. *Lithos*. 2006. V. 89. Pp. 405–423.
4. Šrámek O., Roskovec B., Wipperfurth S.A., Revealing the Earth’s mantle from the tallest mountains using the Jinping Neutrino Experiment. *Scientific Reports*. Article number: 33034. 2016. Pp. 1-5
5. Wan L., Hussain G., Wang Z., Chen S. Geoneutrinos at Jinping: Flux prediction and oscillation analysis. *Phys. Rev.* 2017. D. 95.



**ОБРАЗОВАНИЕ ПИРОКСЕНИТОВЫХ ЖИЛ В ПЕРИДОТИТАХ  
ЭГИЙНГОЛЬСКОГО МАССИВА (ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ AFC МОДЕЛИРОВАНИЯ)**

*Каримов А.А.*

Институт геохимии им А.П. Виноградова, Иркутск, Россия

[anas@igc.irk.ru](mailto:anas@igc.irk.ru)

Аннотация. Образование большого количества магм на Земле происходит в субдукционных зонах при активном участии литосферной мантии. Пироксениты надсубдукционных зон в данном случае играют важную индикаторную роль, и являются ключевыми объектами в понимании процессов как модификации литосферной мантии, так и образовании расплавов в зонах субдукции. Было качественно показано, что образование пироксенитов происходит в результате преобразования надсубдукционного перидотитового субстрата просачивающимися бонинтовыми расплавами. С помощью метода AFC моделирования было установлено, что формирование пироксенитов происходит последовательно с постоянным изменением состава преобразующего расплава.

Ключевые слова: мантия, перидотит, пироксенитовые жилы, бониниты, AFC.

**PYROXENITE VEINS GENERATION IN PERIDOTITES OF EGIINGOL MASSIF  
(FIRST DATA OF AFC MODELING)**

*Karimov A.A.*

A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Irkutsk, Russia, [anas@igc.irk.ru](mailto:anas@igc.irk.ru)

Abstract. The formation of a large number of magmas on Earth occurs in subduction zones with the active participation of the lithospheric mantle. Pyroxenites of suprasubduction zones in this case play an important indicator role and are key objects in understanding the processes of both modification of the lithospheric mantle, and the formation of melts in subduction zones. The formation of pyroxenites occurs as a result of the transformation of the suprasubduction peridotite source by percolating boninite melts. Using the AFC modeling method, it was found that the formation of pyroxenites occurs sequentially with a constant change of the composition of the percolating melt.

Key words: mantle, peridotite, pyroxenite veins, boninites, AFC.

Проблема гетерогенности верхней мантии не может быть решена только лишь в рамках модели частичного плавления классических мантийных источников. Частичное плавление лерцолитового источника в безводных условиях может описать почти весь спектр базальтов на планете [1], но пестрый состав расплавов, формирующихся в островодужных обстановках, требует иного подхода к пониманию процессов, происходящих в литосферной мантии над зонами субдукции.

На сегодняшний день существует целый ряд моделей формирования пироксенитов в мантии. По одним из наиболее ранних представлений считается, что пироксениты представляют собой продукты метаморфической сегрегации из перидотитов в результате процессов пластического течения [2], в то же время была предложена модель фракционной кристаллизации астеносферных расплавов, которые мигрируют через литосферную мантию [3 и др.]. Также есть гипотеза, связанная с рециклингом океанической коры в мантии, здесь пироксениты интерпретируются как остатки от ранее субдуцировавшей океанической коры [4] – модель «Мраморного пирога». Пироксениты могут быть ранними кумулятами бонинитовых расплавов, которые зарождаются в надсубдукционных обстановках [5 и др.]. В последнее время, наиболее активно обсуждается модель взаимодействия расплав – порода [6 и мн. др.]. В офиолитах надсубдукционного типа присутствие ассоциации гарцбургиты + дуниты + хромититы + ортопироксениты рассматривается как индикатор магматической модификации мантии, обусловленной бонинитовыми и островодужными толеитовыми магмами [7 и др.].

Эгийнгольский массив расположен в бассейне верхнего течения р. Эгийн-Гол в области сопряжения Армакгольского и Эгийнгольского разломов и приурочен Джидинской островодужной системе. В настоящее время установлено покровно-складчатое строение Джидинской зоны [8]. Островодужный этап развития, по данным U-Pb датирования цирконов из габброидов, происходил 560-570 млн. лет назад [9].

Как было показано нами ранее [10] шпинели пироксенитовых жил наследуются от гарцбургитов. В вебстеритах шпинель более мелкая, ниже магнезиальность и выше содержания титана. Оливины пироксенитов имеют близкую магнезиальность с оливинами гарцбургитов (Mg# 0.89-0.92) и более высокие концентрации NiO. Для орто- и клинопироксенов наблюдаются: близость состава соответствующих минералов, и сдвиг к составам соответствующих минералов (орто- и клинопироксен) вебстеритов к высококальциевым бонинитам офиолита Троодос [11] и близких по локализации бонинитов Джидинской зоны [12], по сравнению с ортопироксенитами. Для ортопироксенов наблюдается бóльшая равновесность с бонинитовым расплавом, чем для клинопироксенов. Таким образом, исходя из минералогических исследований уже можно заключить, что образование пироксенитов происходило при взаимодействии пересыщенного кремнием расплава с перидотитами надсубдукционной зоны, состав расплава при этом близок к бонинитовому.

Содержания редких несовместимых элементов резко контрастирует в перидотитах и пироксенитах. Наибольшее обеднение наблюдается в образцах, наиболее удаленных от мест развития пироксенитовых жил, и наоборот, перидотиты, находящиеся вблизи пироксенитовых жил, имеют более обогащенные спектры распределений, как и сами пироксениты. Пироксениты в свою очередь также различаются формой распределения редких элементов, так для ортопироксенитов характерно U-образное распределение с более выраженной «задранностью» легкой части спектра, тогда как для вебстеритов наблюдается обратная картина – при U-образном распределении элементов наибольшее обогащение наблюдается в тяжелой части. Не было обнаружено сколь-либо заметной корреляции между уровнем и формой распределения редких элементов пироксенитов и их минерального состава, мощности, локализации.

В таком случае становится очевидным, что за разнообразие вещественного состава пироксенитовых жил и контактирующих с ними перидотитов ответственен состав преобразующего расплава, и он – состав расплава, судя по всему, непрерывно меняется.

Состав преобразующего расплава возможно реставрировать с помощью уравнения ассимиляции и фракционной кристаллизации (AFC), предложенного DePaolo [13]. Наиболее обедненный состав перидотита, обнаруженный на удалении от развития пироксенитовых жил, был использован как первичный перидотитовый субстрат, который не был подвержен взаимодействию с просачивающимися расплавами. В качестве преобразующего расплава был взят состав бонинитов офиолита Троодос [14] и составы бонинитов Джидинской островодужной системы. В результате моделирования было установлено, что наиболее подходящими составами, которые участвовали в образовании пироксенитовых жил по перидотитам являются Джидинские бониниты. Кроме того, наблюдается большая сходимость между промежуточными расплавами, образованными от более высоко-магнезиальных бонинитов, и наиболее обедненными пироксенитами. И, наоборот, промежуточные расплавы, образованные в результате ассимиляции низко-магнезиальными бонинитами перидотитов Эгийногола, соответствуют наиболее обогащенным вебстеритам. Такое поведение элементов может косвенно свидетельствовать о стадийном образовании пироксенитов Эгийногола и вероятной фракционной кристаллизации бонинитов

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00535 мол\_а.*

#### **Литература:**

1. Francis D. Implications of picric lavas for the mantle sources of terrestrial volcanism. *Lithos*. 1995. V. 34. P. 89–105.
2. Dick H.J., Sinton J.M. Compositional layering in alpine peridotites: evidence for pressure solution creep in the mantle. *The Journal of Geology*. 1979. V. 87(4). P. 403–416.
3. Wilshire H.G., Shervais J.W. Al-augite and Cr-diopside ultramafic xenoliths in basaltic rocks from western United States. *Physics and Chemistry of the Earth*. 1975. V. 9. P. 257–272.
4. Allègre C.J., Turcotte D.L. Implications of a two-component marble-cake mantle. *Nature*. 1986. V 323(6084). P. 123–127.
5. Varfalvy V., Hebert R., Bedard J.H., Lafleche M.R. Petrology and geochemistry of pyroxenite dykes in upper mantle peridotites of the North Arm Mountain Massif, Bay of Islands Ophiolite, Newfoundland; implications for the genesis of boninitic and related magmas. *The Canadian Mineralogist*. 1997. V. 35(2). P. 543–570.
6. Garrido C.J., Bodinier J.L. Diversity of mafic rocks in the Ronda peridotite: evidence for pervasive melt–rock reaction during heating of subcontinental lithosphere by upwelling asthenosphere. *Journal of petrology*. 1999. V. 40(5). P. 729–754.
7. Pagé P., Bédard J.H., Schroetter J.M., Tremblay A. Mantle petrology and mineralogy of the Thetford Mines ophiolite complex. *Lithos*. 2008. V. 100(1). P. 255–292.
8. Альмухамедов А.И., Гордиенко И.В., Кузьмин М.И., Томуртоого О., Томурхуу Д. Джидинская зона – фрагмент Палеоазиатского океана. *Геотектоника*. 1996. № 4. С. 25–42.
9. Гордиенко И.В., Гороховский Д.В., Елбаев А.Л., Баянова Т.Б. Новые данные о возрасте раннепалеозойского габброидного и гранитоидного магматизма Джидинской зоны каледонид (Юго-Западное Забайкалье, Северная Монголия). *Доклады Академии Наук*. 2015. Т. 463. №5. С. 576–580.
10. Karimov A.A., Gornova M.A., Belyaev V.A. Pyroxenite veins within SSZ peridotites – evidence of melt-rock interaction (Egiingol massif), major and trace element composition of minerals. *Geodynamics and tectonophysics*. 2017. V. 8(3). P. 483–488. DOI: 10.5800/GT-2017-8-3-0269
11. Cameron W.E. petrology and origin of primitive lavas from the Troodos ophiolite, Cyprus. *Contrib. Mineral. Petrol.* 1985. V.35. P. 239–255.
12. Альмухамедов А.И., Гордиенко И.В., Кузьмин М.И., Томуртоого О., Томурхуу Д. Бониниты Джидинской зоны каледонид, Северная Монголия. *Докл. РАН*. 2001, Т. 377. № 4. С. 526–529.
13. DePaolo D.J. Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallization. *Earth and planetary science letters*. 1981. V. 53(2). P. 189–202.
14. Arculus R.J., Pearce J.A., Murton B.J., Van der Laan, S.R. Igneous stratigraphy and major element geochemistry of Holes 786A and 786B in Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results. – Ocean Drilling Program, College Station, TX, 1992. V. 125. P. 143–169.

**НОВЫЙ ПОДХОД К РАСЧЛЕНЕНИЮ МНОГОПЛАСТОВОГО КАЛИЙНОГО  
ГОРИЗОНТА (НА ПРИМЕРЕ ГОРИЗОНТА IV-П ПЕТРИКОВСКОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ)**

*Кирикович А.В.*

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,

[lexkirik@mail.ru](mailto:lexkirik@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена применению методов математической статистики при изучении калийных солей, а именно при расчленении многопластового калийного горизонта. Объектом изучения стал промышленный горизонт IV–п подготавливаемого к разработке Петриковского месторождения калийных солей. На основе статистической обработки данных химических анализов о составе калийных солей было предложено новое выделение пластов в разрезе горизонта.

Ключевые слова: Петриковское месторождение, калийный горизонт, статистика.

**A NEW APPROACH TO THE DISMEMBERMENT OF THE MULTILAYER POTASH  
HORIZON (ON THE EXAMPLE OF HORIZON IV-P OF PETRIKOV POTASH  
DEPOSIT)**

*Kirykovich A.V.*

Belarusian State University, Minsk, Belarus, [lexkirik@mail.ru](mailto:lexkirik@mail.ru)

Abstract. The article is devoted to the application of methods of mathematical statistics in the study of potassium salts, namely, in the dismemberment of a multilayer potash horizon. The object of study was the preferred mining horizon IV-p of the Petrikov potash deposit prepared for the development. Based on statistical processing of chemical analysis data on the composition of potassium salts, a new layer separation was suggested in the horizon section.

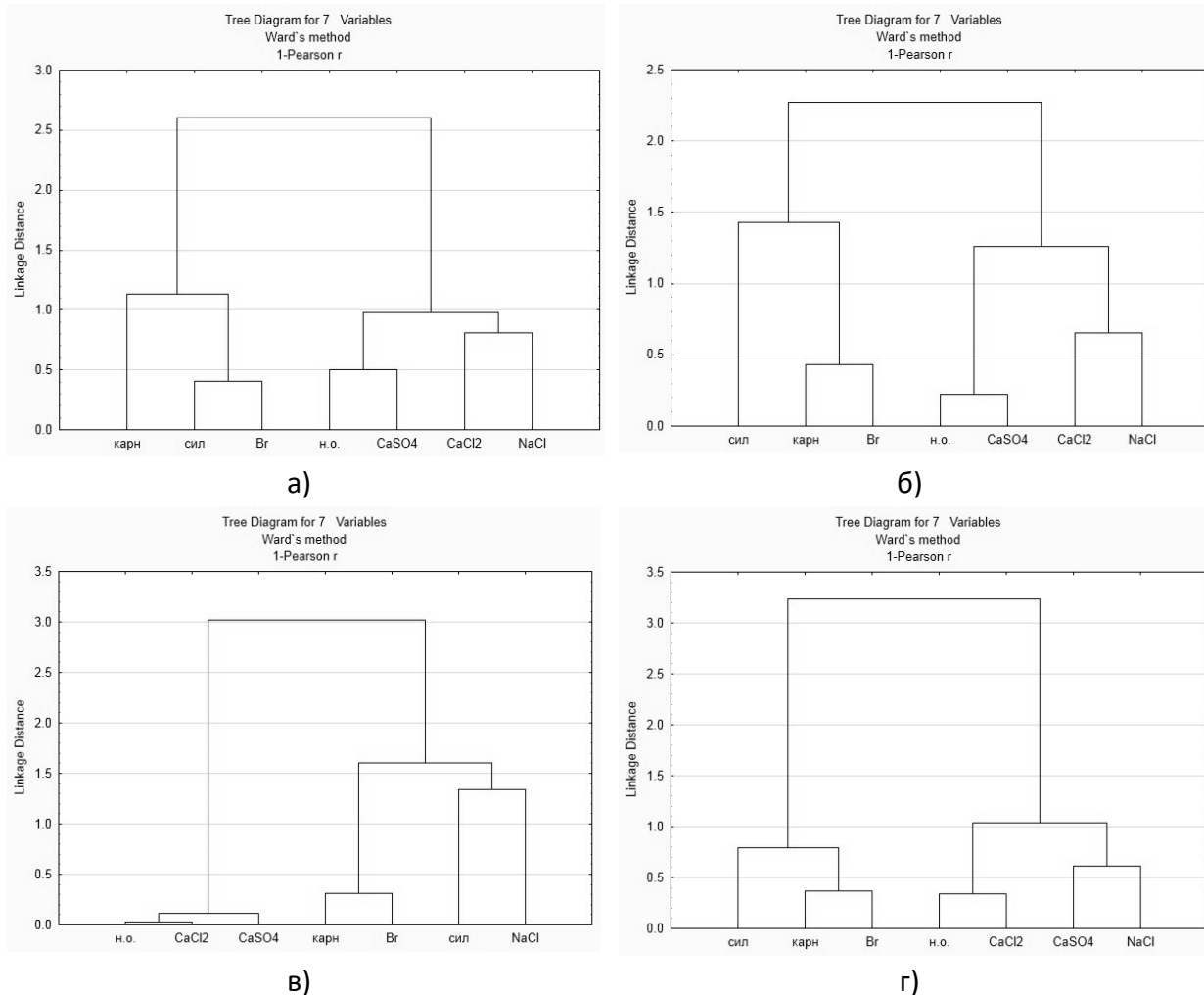
Key words: Petrikov deposit, potash horizon, statistics.

Горизонт IV-п – основной промышленный горизонт Петриковского месторождения. Мощность его колеблется в пределах 7-10 м [1]. Представлен горизонт чередованием калийных слоев и слоев каменной соли. Основное значение имеют 4 калийных слоя, которые проиндексированы (снизу-вверх) от 1 до 4. Калийные слои сложены сильвинитом, часто карналлитсодержащим и иногда карналлит-галитовой породой [1].

Правильное расчленение многопластовой калийной залежи на отдельные пласты должно быть универсальным и отвечать решению различного рода геологических задач. Одним из подходов является геохимический, основанный на взаимоотношении основных компонентов калийных пород по каждому слою. Для решения данной задачи лучше всего подходит метод из математической статистики tree-clustering (иерархическая кластеризация) с визуализацией результатов в виде дендрограммы. В качестве

дополнительных методов для описания расчленения можно использовать корреляционную матрицу и факторный анализ, а для оценки полученных результатов подходит однофакторный дисперсионный анализ ANOVA.

По результатам проведенной кластеризации содержания основных компонентов по всем калийным слоям горизонта IV-п можно выделить четыре пласта, которые включают слои со схожими структурами дендрограмм (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Характерные дендрограммы для пластов горизонта IV-п:**  
**а) сильвинитовый; б) сильвинит-карналлитовый; в) глинисто-карналлит-сильвинитовый; г) карналлит-сильвинитовый**

Сильвинитовый пласт включает дополнительные слои 03-01 и слои промышленного значения 1-3. На дендрограмме пласта (рис. 1а) присутствуют три прямые связи, свидетельствующие о схожести распределения показателей компонентов внутри пары: сильвин-Br с опосредованным карналлитом, н.о.-CaSO<sub>4</sub> и CaCl<sub>2</sub>-NaCl. Среди всех пластов Br напрямую связан с сильвином только в данном пласте. Эта связь свидетельствует о преобладании среди слоев пласта сильвинитов с высоким содержанием сильвина и низким карналлита. В корреляционной матрице это выражено умеренной прямой корреляционной связью сильвин-Br ( $r=0,57$ ) и сильной обратной связью сильвин-NaCl ( $r=-0,79$ ) против аналогичных связей карналлита со значительно меньшими коэффициентами корреляции 0,31 и -0,30 соответственно. Упомянутые связи карналлита являются наименее значимыми по всему горизонту. Факторный анализ подтверждает роль сильвина, он присутствует в

двух главных факторах: тектонический (увеличение содержания сильвина и Br с корреляционным уменьшением показателей NaCl и CaSO<sub>4</sub>) с нагрузкой 41,1% и палеогеографический (увеличение содержания карналлита с уменьшением сильвина) с нагрузкой 18,4%. Средние содержания сильвина (31,81) и карналлита (5,22) по пласту являются наибольшим и наименьшим средним, соответственно, среди всех калийных пород горизонта. По другим компонентам породы сильвинитового пласта отличаются наименьшим содержанием н.о. (0,33), CaSO<sub>4</sub> (0,49) и CaCl<sub>2</sub> (0,09).

Выше залегает сильвинит-карналлитовый пласт, включающий слои с 4 по 6. Породы данных слоев представлены в основном калийными породами смешанного состава. Дендрограмма сильвинит-карналлитового пласта схожа с дендрограммой нижележащего пласта (рис. 1б). Карналлит играет ведущую роль в калийных породах. В корреляционной матрице он образует умеренную прямую корреляционную связь с Br ( $r=0,70$ ) и сильную обратную связь с NaCl ( $r=-0,77$ ), в то время как сильвин вовсе не образует статистически значимых связей с Br и NaCl. Можно отметить умеренную обратную связь карналлит-сильвин ( $r=-0,42$ ), которая является наиболее значимой по сравнению с другими пластами. По результатам факторного анализа карналлит выходит на первые позиции в двух главных факторах: тектонический (увеличение содержания карналлита и Br с корреляционным уменьшением показателей NaCl и CaCl<sub>2</sub>) с нагрузкой 35,95% и палеогеографический (увеличение содержания карналлита, н.о. и CaSO<sub>4</sub> с уменьшением сильвина) с нагрузкой 31,4%. Содержание карналлита (22,51) в калийных породах слоев 4-6 является наибольшим среди остальных пластов. При этом содержание Br (0,157) среди всех калийных пород горизонта наиболее высоко.

Глинисто-карналлит-сильвинитовый пласт включает слои с 7 по 9, которые представлены калийными породами смешанного состава с прослойками глины. Дендрограмма пласта (рис. 1в) кардинально отличается от остальных дендрограмм. Перестройка ее структуры свидетельствует об увеличении роли несоляных компонентов. В корреляционной матрице наибольшей значимостью обладают связи, образованные несоляными компонентами (н.о., CaSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>). Коэффициенты корреляции среди н.о.-CaSO<sub>4</sub> ( $r=0,74$ ), н.о.-CaCl<sub>2</sub> ( $r=0,62$ ) и CaSO<sub>4</sub>-CaCl<sub>2</sub> ( $r=0,46$ ) являются наибольшими среди всех пластов. По результатам факторного анализа палеогеографический фактор (увеличение содержания н.о., CaCl<sub>2</sub> и CaSO<sub>4</sub> с корреляционным уменьшением NaCl) с нагрузкой 48,9% более выражен тектонического фактора (увеличение NaCl с уменьшением содержания карналлита и Br) с нагрузкой 27,7%. Более высокое содержание несоляных компонентов относительно других пластов подтверждается дисперсионным анализом.

Карналлит-сильвинитовый пласт включает самые верхние слои 10-15, которые представлены калийными породами смешанного состава. Структура дендрограммы (рис. 1г) близка по соляным компонентам к сильвинит-карналлитовому пласту, а по несоляным – к глинисто-карналлит-сильвинитовому пласту. Поведению компонентов в данном пласте присущи характерные черты вышеупомянутых пластов. Остальные методы подтверждают данное утверждение.

Каждый пласт обладает своим уникальным набором геохимического поведения основных компонентов калийных пород, которые возможно обнаружить и описать при помощи упомянутых методов математических исследований.

#### Литература:

1. Гарецкий Р.Г., Высоцкий Э.А., Кислик В.З., Ерошина Д.М., Петрова Н.С. Калийные соли Припятского прогиба. Минск. Наука и техника. 1984. 182 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА НА ПЛОЩАДКУ ПРОЕКТИРУЕМОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
(НА ПРИМЕРЕ Г.КРАСНОДАРА)**

*Кирилко Н.Е., Васильев Ю.П.*

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

[kirelko@bk.ru](mailto:kirelko@bk.ru)

Аннотация. Вибрационные воздействия от железнодорожного транспорта оказывают влияние на верхние части строения путей и близлежащие сооружения. Объектом исследований являются колебания поверхности грунта, фундамента и несущей стены существующего здания по ул. Новороссийской, 3/7 в г. Краснодаре, находящегося в зоне динамических воздействий от проходящих поездов. Цель – инструментальное измерение параметров колебаний грунта, несущей стены здания, колонн и пола второго этажа. Задачи – определение допустимости динамических воздействий на исследуемые здания согласно действующим строительным нормам. Рассчитаны ожидаемые деформации и предельные допустимые деформации оснований фундаментов.

Ключевые слова: сейсмоприемники, акселерограмма, велосигграмма, спектр колебаний, мобильная геофизическая лаборатория

**THE STUDY OF VIBRATION CAUSED BY RAIL TRANSPORT TO THE SITE OF  
THE PROJECTED BUILDING (ON THE EXAMPLE OF KRASNODAR)**

*Kirilko N. E., Vasiliev Yu. P.*

Kuban state University, Krasnodar, Russia, [kirelko@bk.ru](mailto:kirelko@bk.ru)

Annotation. Vibration effects from railway transport have an impact on the upper parts of the track structure and nearby structures. The object of research is the soil, Foundation and bearing walls of the existing building on the street Novorossiyskay, 3/7 in Krasnodar, located in the area of dynamic effects from passing trains. Objective instrumental measurements of ground vibrations, the bearing wall of the building, columns and floor of the second floor. Tasks - determination of the admissibility of dynamic effects on the investigated buildings in accordance with the current building codes. Calculated the expected deformation and the maximum allowable deformation of Foundation.

Key words: seismic sensors, accelerogram, velocigrams, variations, mobile geophysical laboratory

При движении поездов по железнодорожному полотну, возникает множество видов вибрационных волн. Вибрационные воздействия оказывают влияние на верхние части строения путей и близлежащие сооружения.

Объектом исследования выступили – грунт, фундамент и несущие стены существующего здания, находящегося в зоне динамических воздействий от проходящих

поездов. Предмет исследования – фактические параметры колебания поверхности грунта, фундамента и несущей стены инженерного сооружения. Цель – установление соответствия фактических параметров сейсмических волн, вызванных воздействием движения поездов, допускаемым величинам по нормативным документам на проектирование и устройство инженерного сооружения в условиях плотной городской застройки. Для достижения цели были выполнены следующие задачи:

- 1) измерения характеристик сейсмических волн при помощи 5 датчиков;
- 2) выбор наиболее интенсивного воздействия на существующее здание;
- 3) обработка данных в соответствии с [1];
- 4) сравнение с максимально допустимыми значениями [2].

Для регистрации параметров колебаний использовалась мобильная геофизическая лаборатория, оснащённая виброизмерительной аппаратурой, работающей в диапазоне частот 0,02...400 Гц. Запись измеряемых параметров осуществлялась одновременно по 15 каналам: пять трёхкоординатных сейсмоприёмников являлись датчиками измерения ускорений. В качестве датчиков колебаний использовались лёгкие и малогабаритные (65×65×65 мм) трёхкоординатные сейсмоприёмники А1633 водозащитного исполнения. Регистрация, оцифровка колебаний и обработка данных проводилась с помощью лицензионных программ, а также специально разработанных программ сотрудниками Кубанского государственного университета [3].

Определение параметров колебаний на основе инструментальных записей выполнялось в соответствии с рекомендуемыми методиками [1, 2, 4]. На основании проведённых измерений и согласно санитарным нормам [2] возникающую вибрацию характеризуют по времени как импульсную, а по способу передачи на человека как общую вибрацию в жилых помещениях. По характеру спектра – это широкополосные вибрации с непрерывным спектром шириной более одной октавы

Чтобы не произошло развитие существующих трещин и не появились новые, необходимо на весь последующий период эксплуатации соблюдать следующие критериальные условия:

1)  $\alpha_{\phi} \leq [\alpha]_I$  – максимальное ускорение вертикальных колебаний фундамента по результатам инструментальных измерений составило  $\alpha_{\phi} = 0,03 \text{ м/с}^2$ , что в несколько раз ниже допустимых ускорений вертикальных колебаний фундамента  $[\alpha]_I$ , приведённых в табл. 2 [1] и при которых не происходят дополнительные деформации основания;

или  $V_{\phi} \leq [V]$  – максимальная расчётная скорость колебаний фундамента по результатам обработки измерений составила  $V_{\phi} = 6 \text{ мм/с}$ , что в несколько раз ниже допустимых скоростей колебаний фундамента  $[V]$ .

По данным расчетов мы пришли к выводу, что для первого пассажирского поезда (Proba 0\_0) предельные значения допустимы для вибрационных мест: категории 1 – транспортной; категории 2 – транспортно-технологической; категории 3 – технологической типа "а". Предельные значения не допустимы для вибрационных мест: категории 3 – технологической типа "б"; категории 3 – технологической типа "в"; в жилых помещениях, палатах больниц, санаториев; в административно-управленческих помещениях и в помещениях общественных зданий. Для второго пассажирского и грузового поездов (Proba 1\_0; Proba 2\_0; Proba 4\_0) предельные значения допустимы только для вибрационных мест: категории 1 – транспортной. Предельные значения не допустимы для вибрационных мест: категории 2 – транспортно-технологической; категории 3 – технологической типа "а"; категории 3 – технологической типа "б"; категории 3 – технологической типа "в"; в жилых



помещениях, палатах больниц, санаториев; в административно-управленческих помещениях и в помещениях общественных зданий.

При разработке проекта свайных фундаментов и шпунтовых ограждений из погружаемых элементов молотами или вибрационным оборудованием вблизи сооружений соблюдено наименьшее расстояние от погружаемых элементов до сооружений [5].

Если в проекте расстояния  $r$  от ближайших забиваемых молотами свай и шпунта предусматриваются меньшими чем, допустимые расстояния  $[r]$ , на которых забивка не вызовет развития деформаций оснований сооружений ( $s_\alpha = 0$ ), определяют из условия

$$\alpha_\phi \leq [\alpha]_I,$$

где  $\alpha_\phi$  – ускорение вертикальных колебаний фундамента на расстоянии  $r$  до погружаемой сваи или шпунта, м/с<sup>2</sup>;

$[\alpha]_I$  – допустимое ускорение вертикальных колебаний фундамента, при котором не происходят дополнительные деформации оснований, м/с<sup>2</sup>;

$s_\alpha$  – дополнительные деформации основания существующего фундамента от динамических воздействий с ускорением  $\alpha_\phi > [\alpha]_I$ .

Рассчитываем ожидаемую деформацию  $s_\alpha$  по формуле:

$$s_\alpha = \frac{[s](\alpha_\phi - [\alpha]_I)}{[\alpha]_{II} - [\alpha]_I};$$

При 15 вагонах:

$$S_\alpha = \frac{1,0(0,075 - 0,15)}{0,7 - 0,15} = -0,136$$

При 57 вагонах:

$$S_\alpha = \frac{1,0(0,13 - 0,15)}{0,7 - 0,15} = -0,036$$

При 57 вагонах:

$$S_\alpha = \frac{1,0(0,15 - 0,15)}{0,7 - 0,15} = 0$$

При 18 вагонах:

$$S_\alpha = \frac{1,0(0,13 - 0,15)}{0,7 - 0,15} = -0,036$$

Исходя из данных вычислений, делаем вывод что ожидаемые деформации  $s_\alpha$  меньше, чем предельные допустимые деформации оснований фундаментов, следовательно, расчёты по дополнительной осадке не требуются.

#### Литература:

1. ВСН 490-87 Проектирование и устройство свайных фундаментов и шпунтовых ограждений в условиях реконструкции промышленных предприятий и городской застройки. Минмонтажспецстрой СССР. М. 1988. 33 с.
2. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы
3. СТП КубГУ 017 – 97. Методика калибровки устройств обработки сигналов сейсмоприемников. Кубанский госуниверситет. Краснодар. 1997. 28 с.
4. СП 50-102-2003 Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и устройство свайных фундаментов. М. 2003. 113 с.
5. Васильев Ю.П., Стоян В.П. О необходимости санитарного контроля вибрации при забивке свай вблизи существующих зданий // Тр. международной научно-практической конф. «Экология и безопасность жизнедеятельности». МАНЭБ. Пенза, 2002. 93-98 с.

## ОШИБКИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЕЛИЧИНЫ ПОДВИЖНЫХ ЗАПАСОВ, СВЯЗАННЫЕ С ТЕХНОЛОГИЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН

*Колеватов А.А., Штейнберг Ю.М., Пономарев А.К., Афанаскин И.В.*

Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»,  
Москва, Россия, [akolevatov@niisi.ras.ru](mailto:akolevatov@niisi.ras.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются ошибки в определении величин, позволяющих оценить подвижные запасы нефти. Ошибки связаны с особенностями технологии гидродинамических исследований скважин, вскрывших сложно-построенные карбонатные трещиноватые коллектора и скважин, вскрывших кероген-содержащие отложения баженовской свиты. В частности, анализируется так называемое «влияние ствола скважины» на величину параметра, характеризующего соотношение проводимости  $K$  в связанных системами каналов и трещин пластов с разными фильтрационно-емкостными свойствами. Приводится оценка фильтрационно-емкостных свойств в условиях исключения влияния ствола скважины.

Ключевые слова: гидродинамические исследования, двойная проницаемость, влияние ствола скважины, забойный штуцер-отсекатель.

## RECOVERABLE RESERVES EVALUATION ERRORS RELATED TO WELL TEST TECHNOLOGY

*Kolevatov A.A., Steinberg Y.M., Ponomarev A.K., Afanaskin I.V.*

Federal State Institution «Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences», [akolevatov@niisi.ras.ru](mailto:akolevatov@niisi.ras.ru)

Abstract. Article overviews parameters evaluation errors, which have an influence on recoverable reserves estimation. Errors related to well-test technology features that occurs during fractured and kerogen-containing bazhen formation testing. In particular well storativity influence is analyzed, which affects on conductivity parameter  $K$  of dual permeability reservoirs. Filtration-capacitive properties also evaluated at zero well storativity.

Keywords: well testing, dual-permeability reservoir, wellbore storage influence, downhole operated choke

### Введение

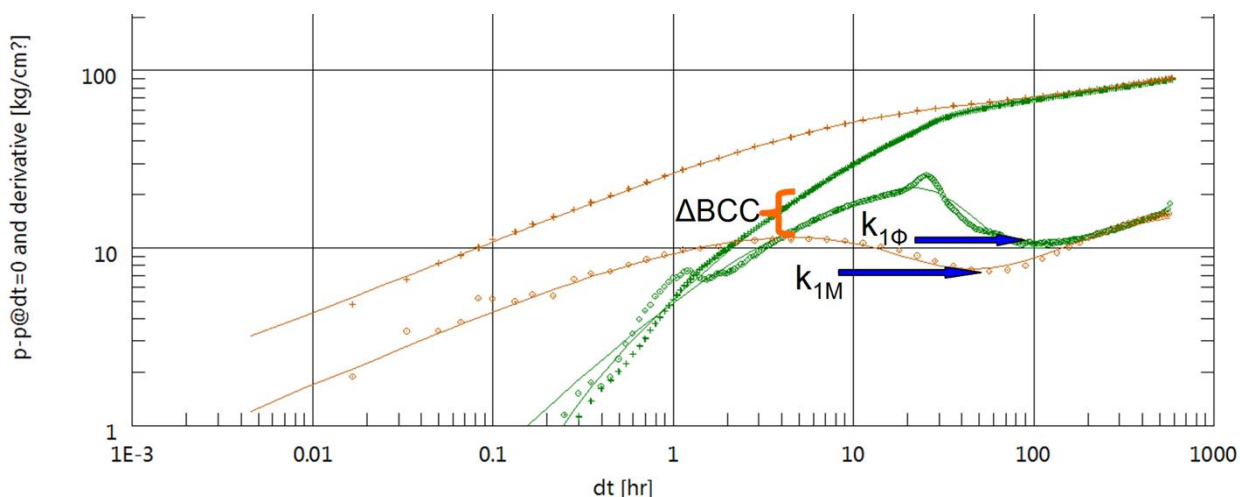
Корректность результатов гидродинамических исследований (ГДИ) зависит от технических и технологических факторов[1]. Ко вторым относят в т.ч., наличие или отсутствие изоляции трубного и затрубного пространства насосно-компрессорной трубы (НКТ), что отражается на виде кривой давления регистрируемого глубинным манометром (влияние ствола скважины (ВСС)). Сильнее всего ВСС сказывается на исследованиях

коллекторов с двойной средой – карбонатных трещиноватых коллекторов, либо на исследованиях коллекторов сложного строения, таких как баженовская свита [2]. Далее рассматривается воздействие ВСС на значения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС).

### Описание объекта исследования и результаты

Наиболее часто встречающиеся структуры сложно-построенных коллекторов – керогенсодержащие пласты с подстилающими порово-кавернозно-трещинными карбонатами пласта, либо карбонатные трещиноватые коллектора с системами трещин разного порядка или двух взаимосвязанных пластов с разными свойствами. Это означает, что условно разобщенные, либо слабо сообщающиеся по системе трещин проницаемые прослойки могут математически описываться как коллектор, состоящий из двух продуктивных пластов. При проведении ГДИ такие коллектора математически описываются [3, 4] уравнениями (1, 2 и 3), включающими два пласта с разной проводимостью, и имеющими характерный вид диагностического графика (рис. 1).

В модели двойной проницаемости наиболее проницаемый пласт характеризуется величинами  $k_1$  и  $h_1$ . Наименее проницаемый пласт характеризуется величинами  $k_2$  и  $h_2$ .



**Рисунок 4. Совмещенный диагностический график модели двойной проницаемости в билгарифмических координатах по скважине № XX19. Месторождение СН.**

**Фактические и смоделированные данные по исследованию 2017г.**

(ΔВСС – разница производных давления при наличии/отсутствии влияния ствола скважины;  $k_{1M}$  – положение участка характеризующего проницаемость наиболее проницаемого пропластка для смоделированного примера;  $k_{1Ф}$  – положение участка характеризующего проницаемость наиболее проницаемого пропластка для фактических данных при наличии ВСС)

Систему описывают 3 дополнительных параметра:

$$(1) \text{ доля наиболее проницаемого пласта к емкости системы: } \omega = \frac{(\phi c_t h)_1}{(\phi c_t h)_1 + (\phi c_t h)_2},$$

где:  $\Phi$  – пористость,  $c_t$  – общая сжимаемость,  $h_1$  и  $h_2$  – мощности пластов;

$$(2) \text{ удельный коэффициент проводимости между пластами: } \lambda = \frac{k_2 h_2}{k_1 h_1 + k_2 h_2} \alpha r_w^2,$$

где:  $r_w^2$  – приведенный радиус скважины,  $k_1$  и  $k_2$  – проницаемости пластов;

(3) отношение  $kh$  (проводимость) наиболее проницаемого пласта к общей  $kh$  системы:

$$\kappa = \frac{k_1 h_1}{k_1 h_1 + k_2 h_2} \quad (3).$$

Величины безразмерных параметров  $\kappa$ ,  $\lambda$  и  $\omega$ , характеризующих перетоки нефти между высоко- и низко-проницаемыми прослоями, соотношение запасов и соотношение проводимости пластов по исследованиям скважин №№ X19 и XX19 составили 0.89-0.99;  $5.49 \cdot 10^{-8}$ - $1.84 \cdot 10^{-7}$  и 0.167 соответственно, и определялись при наличии ВСС.

В рамках исследовательских работ специалистами отдела ОГИМНГО ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН выполнена разработка, позволяющая исключить влияние ствола скважины на регистрируемое забойное давление. С учетом преимущества минимизации ВСС на регистрацию изменений забойного давления при остановке скважины для регистрации КВД было смоделировано исследование скважины №XX19 при отсутствии влияния ствола скважины (рис. 1, верхняя тонкая кривая) с адаптацией безразмерных параметров  $\kappa$ ,  $\lambda$  и  $\omega$ .

### **Заключение.**

Анализ величин ФЕС по итогам моделирования показал, что при практически неизменных величинах скин-фактора, пластового давления и параметра проводимости одно и то же исследование в зависимости от технологии может иметь значительные отличия в результатах и дальнейших заключениях:

1. Параметр  $\kappa$ , отличался от 0.03 до 0.1. При небольшой абсолютной разнице отличие этого параметра от 0.99 означает, что менее проницаемый пласт имеет дренируемые запасы нефти.

2. Параметр  $\omega$ , отличающийся примерно на 50% для случая отсутствия влияния ствола скважины указывает на то, основным источником дренируемых запасов являются низкопроницаемые, но гораздо более мощные пласты, которые при испытаниях в стволе как правило не дают значительного притока.

3. Параметр  $\lambda$ , снизившийся на 30% относительно фактических данных, также может свидетельствовать о более активном массообмене между пластами, чем предполагалось на основе фактических данных.

*Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН, проект № 1.2.П27 Изучение с помощью математического моделирования некоторых особенностей фильтрации флюидов в нефтяных коллекторах с трудноизвлекаемыми запасами (на примере баженовской свиты).*

### **Литература:**

1. Крыганов П.В. Методы повышения достоверности результатов гидродинамических исследований нефтяных пластов и скважин: диссертация кандидата технических наук, Москва 2012, 133с.
2. Вольпин С.Г., Ломакина О.В., Афанаскин И.В. Особенности геологического строения и энергетического состояния залежи в отложениях баженовской свиты. Материалы международной научно-технической конференции Geopetrol 2014, Exploration and production of oil and natural gas reservoirs – new technologies, new challenges (Krakow, 15-18.09.2014) – с. 85-95.
3. Гидродинамические исследования скважин: анализ и интерпретация данных / Деева Т.А., Камартинов М.Р., Кулагина Т.Е., Мангазеев П.В. Томск 2009.
4. Интерпретация результатов исследования скважин / Бурдэ Д.

**ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ\***

*Комаров Р. С.*

Институт наук о Земле Южного федерального университета

[KomarovRoman128@yandex.ru](mailto:KomarovRoman128@yandex.ru)

Аннотация. В данной работе дано краткое описание водных ресурсов Ростовской области, приведены сведения о характерных для области проблемах, связанных с охраной водных ресурсов, а именно: недостаточная очистка сточных вод, низкая плотность сети мониторинга поверхностных вод, загрязнение трансграничных водных объектов. А также описаны причины возникновения данных проблем.

Ключевые слова: водные ресурсы, Ростовская область, загрязнение, мониторинг.

**PROBLEMS OF WATER RESOURCES PROTECTION IN ROSTOV REGION\***

*Komarov R. S.*

Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University

[KomarovRoman128@yandex.ru](mailto:KomarovRoman128@yandex.ru)

Abstract. In this paper, a brief description of the water resources of the Rostov region, provides information about the typical problems of the region related to the protection of water resources, namely: insufficient wastewater treatment, low density of surface water monitoring network, pollution of transboundary water bodies. Also describes the causes of these problems.

Key words: water resources, Rostov region, pollution, monitoring.

В общей сложности количество водных ресурсов Ростовской области оцениваются в 27,7 куб. км годового стока, из которых только 10% формируются в пределах области, а остальные 90% поступают извне. На территории области протекает более 4500 рек, находится более 250 озер, 3 водохранилища и множество прудов.

По территории области протекает одна из крупнейших рек Европы – Дон, которая соединяется каналом с Волгой и образует единую транспортную сеть Европейской части России [5].

Реки Ростовской области имеют смешанное водное питание, которое зависит от количества выпавших в их бассейнах снега и других осадков. Все реки Ростовской области имеют малый уклон и медленное течение, что негативно влияет на экологическое состояние рек, так как подобные условия являются благоприятными для накопления в донных осадках загрязнителей, что может грозить вторичным загрязнением речных вод. Также медленное течение способствует более долгому выносу загрязняющих веществ, что негативно сказывается на состоянии окружающей природной среды [1].

Исходя из вышесказанного можно заключить, что водные ресурсы области нуждаются в тщательной охране, но в Ростовской области, как и в других регионах России,

существует множество индивидуальных проблем, связанных с природоохранной деятельностью.

Основными источниками загрязнения поверхностных вод бассейна р. Дон и его притоков являются сточные воды предприятий жилищно-коммунального хозяйства, химической, нефтехимической, металлургической, сельскохозяйственной и других отраслей промышленности [3]. Таким образом, одной из проблем охраны водных ресурсов Ростовской области является недостаточная очистка сточных вод. Это связано с тем, что общая эффективность очистки в среднем составляет около 77%, а также следует учитывать, что очистное оборудование может быть неисправно или неправильно эксплуатироваться.

Следующей проблемой является недостаточное количество пунктов мониторинга окружающей среды, что делает процесс наблюдения, оценки и прогноза состояния водных ресурсов более затруднительным. Так в 2016 г. наблюдения в бассейне р. Дон проводились на 48 водных объектах, в 95 пунктах и 149 створах [3]. Подобная плотность сети мониторинга для такого региона России как Ростовская область является недостаточной в связи с природно-климатическими условиями и антропогенной нагрузкой.

Дополнительные трудности в охране водных ресурсов Ростовской области вносит трансграничное загрязнение. На территорию Ростовской области некоторые поверхностные воды поступают после интенсивного использования по трансграничным водным объектам с территориями Харьковской, Донецкой и Луганской областей Украины [4]. Так р. Северский Донец (самый крупный правый приток I порядка реки Дон) дважды пересекает границу Российской Федерации, протекая на территории Белгородской области Украины и Ростовской области. Вклад Украины в загрязнение трансграничного Северского Донца составляет не менее 70%. Непосредственно у российских границ, со стороны господствующих ветров концентрируется мощный источник промышленных выбросов – Донецко-Приднепровский район Украины. В его пределах почти 40% выбросов обеспечивала приграничная Донецкая область [4]. Осложняется все тем, что трудно или вообще невозможно установить конкретный источник трансграничного загрязнения, а также не существует технологий, которые могли бы помочь оградиться от подобного рода загрязнений.

Если касаться подземных вод, то можно сказать, что загрязнение подземных вод в районе промышленных городов зависит от техногенного воздействия. Фильтрация стоков с поверхности земли в грунтовые воды практически всегда возможна, так как они имеют свободную поверхность и не перекрываются водоупорами. Поэтому грунтовые воды в целом характеризуются невысокой степенью защищенности и вообще не защищены [2].

Таким образом, можно сказать, что Ростовская область является довольно проблемным регионом с точки зрения охраны водных ресурсов. Следует сказать, что подобным проблемам подвержены и остальные регионы Российской Федерации. Для устранения выявленных выше проблем следует проводить комплекс мероприятий по защите окружающей среды, включающих в себя усиление контроля за выбросом сточных вод, увеличение количества пунктов мониторинга окружающей среды и разработку совместных международных соглашений, направленных на защиту окружающей среды.

*Исследование проведено в рамках работы Студенческого научного общества «Современные проблемы экологического геохимии» на базе Института наук о Земле ЮФУ.*

### **Литература:**

1. Адаменко О.Л. Водные ресурсы Ростовской области как объект антропогенного воздействия. Здоровье населения и среда обитания. 2010. С. 9-11.
2. Ганичева Л. З. Современное состояние подземных вод в районе промышленных городов Ростовской области. Инженерный вестник Дона. 2013.
3. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Информация о наиболее загрязненных водных объектах Российской Федерации (приложение к Ежегоднику за 2016 г.) / ред. колл.: Л.И. 4. Минина, Е.Е. Лобченко, В.П. Емельянова и др. Ростов-на-Дону : Росгидромет. 2016.
4. Ключев Н.Н. Экологические угрозы в российском приграничье. Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. № 1. С. 35-46.
5. Официальный портал правительства ростовской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.donland.ru/O-regione/Priroda/?pageid=76153>

**ИССЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СОСТАВА  $Pb_{1-x}Ba_x(NO_3)_2$** 

*Коржнева К.Е.<sup>1,2</sup>, Исаенко Л.И.<sup>1,2</sup>, Елисейев А.П.<sup>1,2</sup>, Голошумова А.А.<sup>1,2</sup>, Тарасова А.Ю.<sup>1,2</sup>,  
Молокеев М.С.<sup>3,4</sup>*

<sup>1</sup> Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

[ksenia\\_korzheva@mail.ru](mailto:ksenia_korzheva@mail.ru)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск, Россия

<sup>4</sup>Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск, Россия

Аннотация. Впервые были получены соединения состава  $Pb_{0,75}Ba_{0,25}(NO_3)_2$ ,  $Pb_{0,68}Ba_{0,32}(NO_3)_2$ ,  $Ba_{0,58}Pb_{0,42}(NO_3)_2$ ,  $Ba_{0,73}Pb_{0,27}(NO_3)_2$ . Кристаллы выращивались из водных растворов с разным соотношением  $Pb(NO_3)_2$  к  $Ba(NO_3)_2$  в диапазоне температур 75 – 45°C. Была построена часть фазовой диаграммы системы  $Pb(NO_3)_2$ – $Ba(NO_3)_2$ – $H_2O$ . При взаимодействии простых соединений  $Pb(NO_3)_2$  и  $Ba(NO_3)_2$  образуется ряд твердых растворов с постепенным увеличением объема и параметров ячейки. Кристалл  $Pb_{0,68}Ba_{0,32}(NO_3)_2$  прозрачен в диапазоне 0,304-3,5 микрон. Ширина запрещенной зоны около 3,88 эВ.

Ключевые слова: твердый раствор  $Pb_{1-x}Ba_x(NO_3)_2$ , рентгенофазовый анализ, метод уточнения Ритвельда.

**STUDIES OF SOLID SOLUTIONS OF THE COMPOSITION  $Pb_{1-x}Ba_x(NO_3)_2$** 

*Korzheva K.E.<sup>1,2</sup>, Isaenko L.I.<sup>1,2</sup>, Yeliseyev A.P.<sup>1,2</sup>, Goloshumova A.A.<sup>1,2</sup>, Tarasova A.Yu.<sup>1,2</sup>,  
Molokeev M.S.<sup>3,4</sup>*

<sup>1</sup>V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian branch Russian Academy of Sciences, 630090, 3 Ac. Koptyug ave., Novosibirsk, Russia

[ksenia\\_korzheva@mail.ru](mailto:ksenia_korzheva@mail.ru)

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, 630090, 2 Pirogova street, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Kirensky Institute of Physics, Siberian branch Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

<sup>4</sup>Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Russia

Abstract. Compounds of  $Pb_{0,75}Ba_{0,25}(NO_3)_2$ ,  $Pb_{0,68}Ba_{0,32}(NO_3)_2$ ,  $Ba_{0,58}Pb_{0,42}(NO_3)_2$ ,  $Ba_{0,73}Pb_{0,27}(NO_3)_2$  were obtained for the first time. The crystals were grown from aqueous solutions with different ratios of  $Pb(NO_3)_2$  to  $Ba(NO_3)_2$  in the temperature range of 75-45°C. A part of the phase diagram of the system  $Pb(NO_3)_2$ – $Ba(NO_3)_2$ – $H_2O$  was constructed. The interaction of simple compounds of  $Pb(NO_3)_2$  and  $Ba(NO_3)_2$  produces a number of solid solutions with a gradual increase in the volume and parameters of the unit cell.  $Pb_{0,68}Ba_{0,32}(NO_3)_2$  crystal is transparent in the range of 0,304-3,5 microns. The width of the band gap is about 3.88 eV.

Key words: solid solution of  $Pb_{1-x}Ba_x(NO_3)_2$ , powder X-ray diffraction analysis, Rietveld method.



С развитием высоких технологий все больше возрастает потребность в высокоэффективных кристаллических функциональных материалах. Поэтому разработка принципов и алгоритмов поиска таких соединений является важной и актуальной задачей. Известно, что в образовании новых соединений двойных нитратов основную роль играют радиусы и валентности катионов, которые по-разному влияют на структурные мотивы и свойства соединений. В системе двойных нитратов обнаружено большое количество соединений с катионами, имеющими разные радиусы и валентности [1,2].

Согласно Mc. Murdie [3], в системе  $Pb_{1-x}Ba_x(NO_3)_2$  найдены соединения состава  $Pb_{0,67}Ba_{0,33}(NO_3)_2$  и  $Pb_{0,33}Ba_{0,67}(NO_3)_2$ , которые обладают кубической нецентросимметричной структурой (P2<sub>1</sub>3), а по данным Shtukenberg A.G. [4] существует твердый раствор состава  $Pb_{1-x}Ba_x(NO_3)_2$  с тригональной центросимметричной структурой (R-3). Для того чтобы изучить влияние двухвалентных катионов на структуру сложного соединения и определить, какой структурой обладает ряд твердых растворов состава  $Pb_{1-x}Ba_x(NO_3)_2$ , было проведено исследование условий образования этих соединений из водных растворов, их структуры, спектров пропускания и ширины запрещенной зоны.

При выращивании кристаллов  $Pb_{1-x}Ba_x(NO_3)_2$  было поставлено несколько серий экспериментов, в которых соотношение  $Pb(NO_3)_2:Ba(NO_3)_2$  составляло 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6 и 3:7. Все эксперименты проходили в одинаковых условиях в водных растворах. Во всех поставленных экспериментах рост осуществлялся путем медленного охлаждения со скоростью 1°C/сутки в диапазоне температур 75 - 45°C. Кристаллы размером от 0,2 до 1 см были получены после месяца роста.

Выращенные кристаллы исследовали с помощью рентгенофазового анализа и делали уточнение структур методом Ритвельда. Все пики на рентгенограммах были проиндексированы кубической ячейкой (Pa-3) с параметрами, близкими к  $Ba(NO_3)_2$  [5]. Положение Ba в структуре было занято ионами  $Pb^{2+}$  и  $Ba^{2+}$ , а отношение (Pb)/(Ba) уточнено с линейным ограничением  $(Pb)+(Ba) = 1$ . Уточнения были стабильными и давали низкие R-факторы. В результате было выявлено, что все выращенные кристаллы имеют различную стехиометрическую формулу, которая не встречалась до этого в литературных данных. Стехиометрическая формула кристаллов составляла при соотношении  $Pb(NO_3)_2$  к  $Ba(NO_3)_2$ : 8:2 –  $Pb_{0,75}Ba_{0,25}(NO_3)_2$ ; 7:3 -  $Pb_{0,68}Ba_{0,32}(NO_3)_2$ ; 6:4 -  $Ba_{0,58}Pb_{0,42}(NO_3)_2$ ; 5:5 -  $Ba_{0,73}Pb_{0,27}(NO_3)_2$ . А при соотношении 4:6 и 3:7 уже образуется чистый нитрат бария.

Полученные кристаллы из ряда  $Pb_{1-x}Ba_x(NO_3)_2$  имеют кубическую структуру (Pa-3) с параметрами ячейки *a* от 7,955 до 8,098 Å, объемом от 503,39 до 531,12 Å<sup>3</sup>. Длины связей N-O и O-O варьируют от 1,2228 до 1,306 Å, от 2,1078 до 2,2585 Å, соответственно. (Pb/Ba) занимают две неэквивалентные позиции и находятся в углах решетки, размножаясь элементами симметрии. При этом расстояния (Ba/Pb)–O незначительно изменяются. Каждая элементарная ячейка содержит восемь NO<sub>3</sub> треугольников и девять атомов (Pb/Ba). При сравнении выращенных кристаллов из ряда  $Pb_{1-x}Ba_x(NO_3)_2$  с чистыми  $Ba(NO_3)_2$  и  $Pb(NO_3)_2$  наблюдается постепенное увеличение параметров ячейки *a* и объема *V* в ряду от  $Pb(NO_3)_2$  до  $Ba(NO_3)_2$ . В данном ряду все структуры строятся на основании структуры нитрата бария и имеют одинаковое строение, в котором свинец встраивается в позиции бария. Данная структура также характеризуется одинаковым координационным числом (КЧ) катионов 12 и одним видом равностороннего NO<sub>3</sub> треугольника с углами 60° и длинами связей от 2,1078 Å до 2,1597 Å. В результате были получены кристаллы со структурой, отличной от приведенных в литературных данных [3,4].

С помощью рентгенофазового анализа на базе экспериментальных данных (6 точек) была построена часть фазовой диаграммы системы  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2\text{-Ba}(\text{NO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  для температуры 60°C.

Для того чтобы охарактеризовать полученные кристаллы, были измерены спектры пропускания и ширина запрещенной зоны для соединения  $\text{Pb}_{0,68}\text{Ba}_{0,32}(\text{NO}_3)_2$ . Было выявлено, что при комнатной температуре  $\text{Pb}_{0,68}\text{Ba}_{0,32}(\text{NO}_3)_2$  прозрачен в диапазоне 0,304-3,5 микрон, а ширина запрещенной зоны около 3,88 эВ.

### **Заключение**

В результате проведенных исследований впервые были получены прозрачные кристаллы  $\text{Pb}_{0,75}\text{Ba}_{0,25}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Pb}_{0,68}\text{Ba}_{0,32}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ba}_{0,58}\text{Pb}_{0,42}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ba}_{0,73}\text{Pb}_{0,27}(\text{NO}_3)_2$ . Все пики на рентгенограммах этих соединений были проиндексированы кубической ячейкой (Pa-3) с параметрами, близкими к  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ . В структуре соединений каждая элементарная ячейка содержит восемь  $\text{NO}_3$  треугольников и девять атомов (Pb/Ba), занимающих одинаковые позиции. При сравнении полученных кристаллов с чистыми  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  наблюдается постепенное увеличение параметров ячейки  $a$  и объема  $V$ . Была построена часть фазовой диаграммы системы  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2\text{-Ba}(\text{NO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ . Соединение  $\text{Pb}_{0,68}\text{Ba}_{0,32}(\text{NO}_3)_2$  прозрачно в диапазоне 0,304-3,5 микрон и обладает шириной запрещенной зоны 3,88 эВ.

*Работа выполнена в рамках государственного задания, проект № 0330 - 2016 - 0008 и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-32-00359).*

### **Литература:**

1. Isaenko, L. I., Korzhneva, K. E., Goryainov, S. V and others. Structural, optical and electronic properties of  $\text{K}_2\text{Ba}(\text{NO}_3)_4$  crystal. *Physica B: Condensed Matter*. 2018. № 531. p. 149-158.
2. Guohong Zou, Chensheng Lin, et. al.  $\text{Rb}_2\text{Na}(\text{NO}_3)_3$ : A Congruently Melting UV-NLO Crystal with a Very Strong Second Harmonic Generation Response. *Crystals*. 2016. V.6. P. 42.
3. H. F. McMurdie, M. C. Morris, et. al. Standard X-ray Diffraction Powder Pattern. Monograph. Institute for Materials Research National Bureau of Standards Washington, 1975. p. 96.
4. Shtukenberg A.G., Euler H., et. al. Symmetry reduction and cation ordering in solid solutions of strontium – lead and barium – lead nitrates. *Z. Kristallographie*. V 221. N 10. 2006. p. 681.
5. Nowotny. H., Heger, G. Structure refinement of strontium nitrate,  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ , and barium nitrate,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ . *Acta Crystallographica Section C: Crystal Structure Communications*, V 39, 1983. p 952-956.

**СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, ИСТОРИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОГО  
РАЗВИТИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ГЕРАСИМОВСКОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКОГО,  
ФАЦИАЛЬНОГО И БАСЕЙНОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Космачева А.Ю.*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия  
[kosmacheva.elin@mail.ru](mailto:kosmacheva.elin@mail.ru)

Аннотация. Герасимовское месторождение представляет собой систему сложнопостроенных и глубокозалегающих залежей. В настоящее время методические приемы разведки таких объектов совершенствуются посредством использования новых эффективных программных средств, с помощью которых были детализированы структурные построения, восстановлена история тектонического развития территории исследования, проведено моделирование распределения по площади глинистых, алевролитовых и песчаных фракций, а также выполнено моделирование процессов, сопровождающих стадии накопления и преобразования осадочных пород и органического вещества с оценкой объемов сгенерированных углеводородов.

Ключевые слова: Герасимовское месторождение, сложнопостроенная залежь, сейсмогеологическое моделирование, фациальное моделирование, бассейновое моделирование

**STRUCTURE DESCRIPTION, TECTONIC DEVELOPMENT HISTORY AND OIL-  
AND-GAS CONTENT OF GERASIMOV FIELD ACCORDING TO GEOSEISMIC,  
FACIAL AND BASIN MODELLING RESULTS**

*Kosmacheva A.Y.*

A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia  
[kosmacheva.elin@mail.ru](mailto:kosmacheva.elin@mail.ru)

Abstract. Gerasimov field is a system of complex and deep-seated traps. Today the exploration procedures of such reservoirs are modified by means of using the new efficient software tools. These platforms enable not only to specificate the structure features, reconstruct the tectonic development history of the research territory, model the spatial distribution of clay, aleurolite and sand fractions, but also to implement the simulation of the processes supporting the accumulation and reconstitution stages of sedimentary rocks and organic matter with quantitative estimation of generated hydrocarbons.

Key words: Gerasimov field, complex reservoir, geoseismic modelling, facial modelling, basin modelling

В настоящее время наиболее крупные по запасам месторождения нефти и газа вступили в стадию падающей добычи, поэтому возрастает значение сложнопостроенных и глубокозалегающих залежей. Методические приемы изучения этих объектов регулярно совершенствуются. Новые разработанные программные средства повышают детальность и достоверность геологической модели сложнопостроенных ловушек углеводородов, в частности, на Герасимовском месторождении.

Сейсмогеологическая модель подразумевает детализацию структурного плана и восстановление истории тектонического развития территории исследования [1]. Результатом фациальной модели является моделирование распределения по площади глинистых, алевролитовых и песчаных фракций. Бассейновое моделирование направлено на реконструкцию истории геологического развития месторождения и всех процессов, сопровождающих стадии накопления и преобразования осадочных пород и органического вещества с оценкой возможности формирования залежей углеводородов [2].

В структурном плане кровля васюганской свиты в пределах Герасимовского месторождения не претерпевает сильных изменений в сравнении с кровлей доюрского основания, тогда как в структурном плане кровли киялинской и кузнецовской свит отмечается смещение Герасимовского локального поднятия на запад. Зафиксировано три этапа тектонической активизации: раннеюрский, раннемеловой и позднемеловой, при этом все положительные структуры, которые являются потенциальными ловушками углеводородов, в пределах территории исследования были сформированы в юрский этап развития.

Залежи углеводородов продуктивных отложений месторождения в различной степени контролируются структурным, литологическим и тектоническим факторами. В настоящее время жидкие углеводороды активно генерируются породами баженовской свиты и отложениями угольных пластов средней юры, так как на данный момент эти толщи находятся в главной зоне нефтеобразования, тогда как девонские отложения полностью исчерпали свой нефтегенерационный потенциал.

#### **Литература:**

1. Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири. Новосибирск. ГЕО. 2002. 253 с.
2. Галушкин Ю.И. Моделирование осадочных бассейнов и оценка их нефтегазоносности. Москва. Научный мир. 2007. 456 с.

**ИСТОЧНИКИ ОПРЕСНЕНИЯ ВОД ЗАЛИВА СЕДОВА (НОВАЯ ЗЕМЛЯ)  
ПО ИЗОТОПНЫМ ( $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ ) ДАННЫМ**

*Коссова С.А., Дубинина Е.О., Мирошников А.Ю.*

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии  
(ИГЕМ) РАН, Москва, Россия, [sonch\\_1@rambler.ru](mailto:sonch_1@rambler.ru)

Аннотация. Методами изотопного анализа кислорода и водорода изучены воды залива Седова (Новая земля). Установлено, что источником пресного компонента в поверхностном слое вод залива является смесь речных вод (35% Обь и 65% Енисей) имеющая усредненный изотопный состав  $\delta D = -133.2\text{‰}$  и  $\delta^{18}O = -17.9\text{‰}$ .

Ключевые слова: изотопы водорода, Карское море, река Обь, река Енисей, опреснение.

**FRESHWATER SOURCE IN SEDOVA BAY (NOVAYA ZEMLYA) BY ISOTOPE  
DATA ( $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ )**

*Kossova S.A., Dubinina E.O., Miroshnikov A.Yu.*

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry (IGEM) RAS,  
Moscow, Russia, [sonch\\_1@rambler.ru](mailto:sonch_1@rambler.ru)

Abstract. The waters of the Sedova Bay (Novaya Zemlya) were studied by isotope analysis of water oxygen and hydrogen. It is established that the source of the fresh component in the surface layer of the bay waters is a mixture of river waters (35% Ob and 65% Enisei) and it has an averaged isotope composition  $\delta D = -133.2\text{‰}$  and  $\delta^{18}O = -17.9\text{‰}$ .

Key words: hydrogen isotopes, Kara Sea, Ob River, Yenisei River, desalination.

Воды Оби и Енисея являются основным источником пресных вод в Карском море (более 1.5 тыс. км<sup>3</sup> в год [5]), но в акваториях заливов у ЮВ-побережья Новой Земли присутствуют локальные источники опреснения - талые воды ледяного покрова и локальные водотоки. Соотношение пресных компонентов континентального и локального происхождения должно варьировать в зависимости от ряда факторов - удаленности от архипелага, глубины, сезонности. Как нами было показано ранее [1] воды заливов ЮВ-побережья Новой Земли сильно опреснены и это опреснение неравномерно распределено в толще вод.

Современным методом изучения процессов опреснения морских вод является изотопная геохимия кислорода и водорода – элементов, составляющих молекулу воды. Анализ получаемых данных в координатах « $\delta D$ -S» и « $\delta^{18}O$ - $\delta D$ » позволяет установить изотопные параметры и долю опресняющего компонента в морской воде. Изотопные исследования вод Карского моря [1, 2, 3] показали, что процессы опреснения в нем активно проявлены. В настоящей работе изучались источники опреснения вод залива Седова, расположенного на ЮВ побережье архипелага Новая Земля.

**Материал и методы.** Материал для исследований был отобран в двух рейсах НИС «Академик Мстислав Келдыш» (август-сентябрь 2015-2016 г.) с помощью гидрофизического зонда. Для каждой станции изучался вертикальный профиль распределения гидрофизических и изотопных параметров. В прибрежной зоне залива Седова были отобраны образцы локальных водотоков. Схема расположения станций отбора проб в заливе Седова приведена на рис. 1.

Изотопный анализ водорода проведен методом разложения на горячем (800°C) хrome с использованием приборного комплекса H/Device и масс-спектрометра DELTAplus, работающем в режиме двойного напуска. Изотопный анализ кислорода проведен методом изотопного уравнивания с использованием масс-спектрометра DELTA V+, работающего в комплексе с системой GasBench II и автосэмплером PAL. Измерения проведены в режиме постоянного потока гелия. Точность определения величин  $\delta D$  и  $\delta^{18}O$  составила  $\pm 0.3$  и  $\pm 0.2$  ‰ соответственно. Калибровка величин  $\delta D$  и  $\delta^{18}O$  проведена в шкале «V-SMOW- V-SLAP».

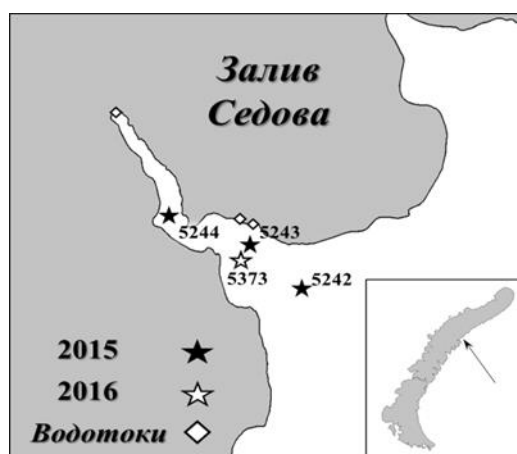


Рисунок 1 - Станции отбора проб в заливе Седова

**Результаты.** Воды залива Седова демонстрируют опреснение поверхностного слоя до глубины 20 м, которое в 2015 году проявилось сильнее. Для всех изученных станций наблюдается сходная динамика распределения величин  $\delta D$  и  $\delta^{18}O$  и солености, возрастающих с глубиной, при этом на глубинах свыше 20 м межгодовые и сезонные вариации изотопных параметров и солености не были установлены.

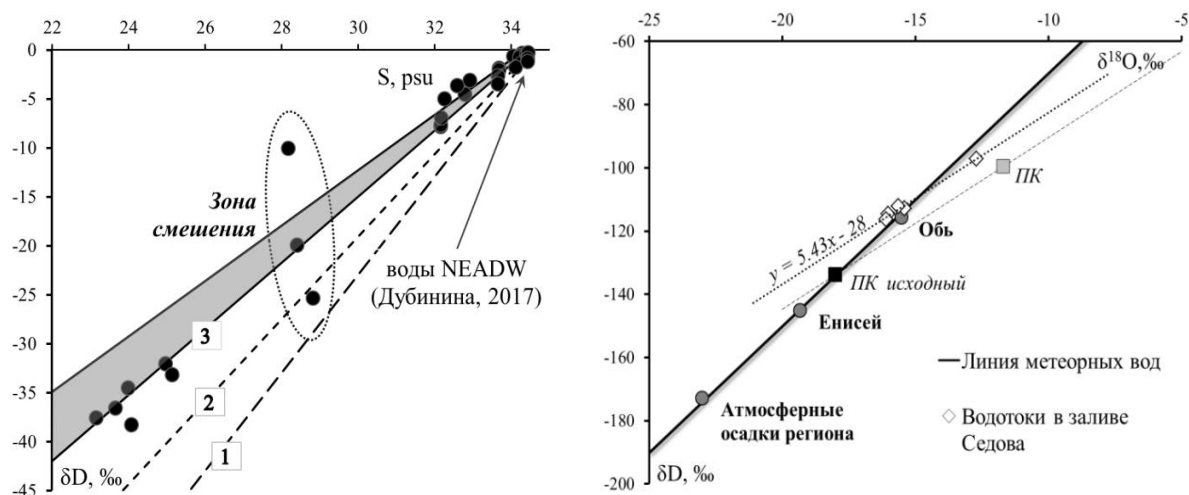
На рис.2 линиями обозначены линии смешения морских вод атлантического происхождения [2] с пресными водами: 1- регионального атмосферного происхождения, 2 –реки Енисей, 3 –реки Обь. Серым выделена зона, отвечающая смешению с локальными водотоками в заливе Седова. В центре диаграммы пунктиром обозначены воды с одинаковой соленостью и разным изотопным составом водорода, залегающие на глубине 10-11 м. Выше лежат воды, опресненные компонентом с более легким изотопным составом водорода, ниже – с более тяжелым. Такое распределение водных масс с четко оформленной зоной изопикнического смешения, удалось идентифицировать только в заливе Седова и только в 2015 году. В 2016 году все точки вод залива Седова оказались близки к составам минимально опресненных вод. Воды, лежащие на поверхности, имеют близкую к линейной корреляцию изотопных параметров с солёностью, что позволяет применить к ним модель двухкомпонентного смешения. Исходя из солености, доля пресного компонента в

поверхностном слое достигает 33‰, а его изотопные параметры -  $\delta D = -99.6$  и  $\delta^{18}O = -11.7$  ‰.

Этот состав не лежит на линии Крейга (рис.2), что может быть обусловлено испарением. Для реконструкции исходных параметров компонента, опресняющего поверхностные воды в заливе Седова, были использованы данные, полученные для водотоков, отобранных в заливе Седова в 2016 году, которые задают условия испарения в данном регионе в данное время года. Параметры исходного пресного компонента составляют  $\delta D = -133,2$  ‰ и  $\delta^{18}O = -17.9$  ‰ («ПК исходный» на рис. 2), что отвечает смеси речных вод Оби и Енисей. Таким образом, в 2015 году на поверхностные воды залива Седова были представлены плюмом частично испаренных речных вод ( $\approx 35\%$  Обь +  $65\%$  Енисей).

**Рис. 2а** Воды залива Седова в координатах « $\delta D$ -S». **Рис. 2б** Диаграмма  $\delta D$ - $\delta^{18}O$  для изученных вод

Воды залива, расположенные ниже глубин 10-11 м, опреснены на первые проценты, источником опреснения их являются воды разного происхождения, в том числе, локальные водотоки (рис. 2). Однако вариации в интенсивности опреснения, выявленные в разные годы, затрагивают только поверхностный слой вод (выше 20 м).



**Рисунок 2 – а. Воды залива Седова в координатах « $\delta D$ -S»; б. Диаграмма  $\delta D$ - $\delta^{18}O$  для изученных вод**

#### Литература:

1. Дубинина Е.О., Коссова С.А., Мирошников А.Ю., Фяйзуллина Р.В. Изотопные ( $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ ) параметры и источники опресненных вод Карского моря. *Океанология*. 2017а. №57(1). С. 38-48.
2. Е.О. Дубинина, С.А. Коссова, А.Ю. Мирошников, Н.М. Кокрятская. Изотопная ( $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ ) систематика вод морей Арктического сектора России. *Геохимия*. 2017б. №11, С. 1041-1052.
3. Bauch D., Erlenkeuser H., Stanovoy V. et al. Freshwater distribution and brine waters in the southern Kara Sea in summer 1999 as depicted by  $\delta^{18}O$  results. *Siberian river run-off in the Kara sea*. Ed. Stein R. et al. 2003. P. 73–90.
4. Craig H., Gordon L. Deuterium and oxygen-18 variations in the ocean and the marine atmosphere. *Stable Isotopes in Oceanographic Studies and Paleotemperatures*, Spoleto. 1965. P. 9-130.
5. Gordeev V.V., Martin J.M., Sidorov I.S., Sidorova M.V. A reassessment of the Eurasian river input of water, sediment, major elements, and nutrients to the Arctic Ocean. *Amer. J. Sci.* 1996. № 296, P. 664-691.

## ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ГАЗОКОНДЕНСАТНОЙ СКВАЖИНЫ

*Костина Е.С.*

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия,  
[ekaterina\\_kostina2018@mail.ru](mailto:ekaterina_kostina2018@mail.ru)

Аннотация. В процессе разработки и эксплуатации газоконденсатных месторождений происходит снижение забойного давления в промысловой скважине. При падении забойного давления ниже давления начала конденсации в призабойной зоне скважины накапливается конденсат, что приводит к образованию фронта конденсата. Данный процесс происходит до давления максимальной конденсации – давление, при котором прекращается ретроградная конденсация и при дальнейшем снижении пластового давления происходит процесс прямого испарения выпавшего в пласте конденсата газового нестабильного.

Ключевые слова: газоконденсатные системы, накопление ретроградного конденсата, тепловая обработка

## THE THERMAL TREATMENT OF BOTTOM-HOLE FORMATION ZONE OF GAS CONDENSATE WELL

*Kostina E.S.*

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia,  
[ekaterina\\_kostina2018@mail.ru](mailto:ekaterina_kostina2018@mail.ru)

Abstract. In the process of gas condensate field development and operation there is a decrease in the production well bottom-hole flow pressure. When the bottom-hole pressure drops below the dew point pressure condensate accumulates in the bottom-hole zone of the well, which leads to a formation of the condensate front. As a result, the productivity of the well is reduced both by gas and condensate.

Keywords: gas-condensate systems, accumulation of retrograde condensate, thermal treatment.

Большинство газоконденсатных месторождений России разрабатывается в режиме истощения пластовой энергии. При таком способе разработки в пласте происходит снижение забойного давления ниже давления начала конденсации в промысловой скважине, после которого в породе-коллекторе начинается выпадение из пластового газа жидкого конденсата. В масштабе пор породы-коллектора количество выпавшей жидкости незначительно, но при этом жидкая фаза является неподвижной и практически не извлекается из пласта. Это приводит к уменьшению фазовой проницаемости по газу, следовательно, снижению дебитов как по газу, так и по конденсату [1].

Моделирование фазового поведения газоконденсатной системы осуществляется в установке фазовых равновесий при изотермическом снижении давления контактно-



дифференциальным методом (Constant Volume Depletion – CVD). Методика заключается в том, что на каждом этапе снижение осуществляется сначала за счет увеличения объема рабочей камеры, установления фазового равновесия и последующего выпуска газовой фазы при фиксированном давлении до тех пор, пока объем рабочей камеры не станет равным первоначальному объему.

В ячейке-PVT происходит описание фазового поведения пластовой системы без учета ее движения. Однако в реальных условиях фильтрация сопровождается качественными и количественными изменениями флюида, движимого, из зон высокого давления (зона контура питания) в зоны низкого давления (зона отбора).

Выделение высококипящих компонентов из парогазовой фазы приводит к увеличению насыщения ретроградным конденсатом и снижению фазовой проницаемости по газу, что в свою очередь отражается на продуктивных возможностях скважин, и ведет к снижению дебитов.

Существует широкий спектр методов борьбы с накоплением ретроградного конденсата в пласте. Значительная их часть имеет лишь теоретическое описание, либо единичное внедрение в промышленную практику. Ниже представленные методы помимо положительных сторон, имеют значительный ряд недостатков, эффективность которых находится в сильной зависимости как от продуктивного пласта, так и от насыщающего его флюида.

Наиболее часто применяемой комплексной технологией для борьбы с накоплением ретроградного конденсата является использование горизонтальных стволов (ГС) с гидравлическим разрывом пласта, однако и эта технология по своей эффективности носит временный характер [2].

Многие из предлагаемых методов являются дорогостоящими и краткосрочными по своей эффективности. Метод, заключающийся в периодических тепловых обработках призабойных зон скважин позволит, увеличить продолжительность отработки скважины до ее полного выбытия из добывающего фонда.

Испарение конденсата и перевод его в газовую фазу возможно осуществить при помощи электротермической обработки призабойной зоны пласта. В таком случае необходимо использовать специальное скважинное оборудование – забойный электронагреватель, который прогревает околоскважинную зону в интервале перфорации.

Прогрев призабойной зоны составляет 2 метра при использовании электронагревателей мощностью 10 и 15 кВт.

#### **Литература:**

1. Гужов Н.А. Термогидродинамические основы добычи углеводородов при разработке газоконденсатных месторождений с воздействием на пласт: дис ... д-ра техн. наук: 05.15.06. – Москва, 2000. – 474 с.
2. Гриценко А.И. Методы повышения продуктивности газоконденсатных скважин / А.И. Гриценко, Р.М. Тер-Саркисов, А.Н. Шандрыгин, В.Г. Подюк. – М.: ОАО «Недра», 1997. – 364 с.

**ГЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОМАНИКОВЫХ  
НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРА ГРЯДЫ ЧЕРНЫШЕВА  
(ТИМАНО-ПЕЧОРСКИЙ БАССЕЙН)**

*Котик И.С., Валяева О.В., Бушнев Д.А., Журавлев А.В.*

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия  
[iskotik@geo.komisc.ru](mailto:iskotik@geo.komisc.ru)

Аннотация. Представлены новые данные по геохимии органического вещества глинисто-известковых отложений доманикового горизонта. Установлены особенности распределения углеводородов биомаркеров и степень зрелости органического вещества.

Ключевые слова: органическое вещество, доманиковый горизонт, биомаркеры, катагенез

**GEOCHEMISTRY OF ORGANIC MATTER OF THE DOMANIC SOURCE ROCKS IN  
THE NORTH OF CHERNYSHEV RIDGE (TIMAN-PECHORA BASIN)**

*Kotik I.S., Valyaeva O.V., Bushnev D.A., Zhuravlev A.V.*

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia,  
[iskotik@geo.komisc.ru](mailto:iskotik@geo.komisc.ru)

Abstract. New data of the organic matter geochemistry of argillo-carbonate deposits in the Domanic Formation are presented. The features of hydrocarbon biomarkers distribution and maturity of organic matter are determined.

Key words: organic matter, Domanic Formation, biomarkers, catagenesis

Отложения доманикового горизонта являются основными нефтематеринскими толщами в Тимано-Печорском бассейне. Изучение геохимии органического вещества (ОВ), анализа состава углеводородов (УВ) биомаркеров доманиковых пород является необходимым исследованием для установления генетической связи между нефтематеринскими толщами доманика и залежей УВ, выявленных на гряде Чернышева и прилегающих территориях.

Разрез исследованных доманиковых отложений расположен в северной части гряды Чернышева, где они вскрываются в естественных выходах по руч. Пымвашор, левого притока р. Адзьва. Изученный разрез сложен преимущественно темно-серыми глинистыми, реже кремнистыми известняками и глинисто-известковистыми сланцами.

Содержание органического углерода ( $C_{\text{орг}}$ , %) в известняках изменяется в пределах 0,18–1,87 %. В глинисто-известковистых сланцах концентрации  $C_{\text{орг}}$  достигают 8,19–22 %. Выход хлороформенного битумоида (ХБА, %) изменяется от 0,019–0,128 % в известняках до 0,749–0,912 % в сланцах.

Состав УВ-биомаркеров ОВ изучался методами газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии. Экстрагированные из известняков и сланцев битумоиды отличаются

распределением нормальных алканов. В сланцах *n*-алканы имеют укороченный ряд и заканчиваются на молекулах C<sub>26</sub>–C<sub>28</sub>. Максимум распределения *n*-алканов расположен в области C<sub>13</sub>–C<sub>18</sub>. В молекулярно-массовом распределении максимум приходится на УВ *n*-C<sub>16</sub>, КчC<sub>16</sub> – 1,12–1,15. В известняках наблюдается иной профиль распределения *n*-алканов. Максимум смещен в относительно среднемолекулярную область и увеличен ряд УВ с более высокими молекулярными весами до *n*-C<sub>34</sub>.

Распределение стерановых УВ сходно во всех исследованных образцах. Среди них в наибольших концентрациях содержатся УВ состава C<sub>29</sub> – 48,9–54,5 %. Содержание холестанов (C<sub>27</sub>) и метилхолестанов (C<sub>28</sub>) составляет 30,2–33,5 % и 15,4–17,5% соответственно. Подобное распределение стерановых УВ характерно и для других разрезов доманиковых отложений гряды Чернышева [1]. В составе терпанов преобладают гопаны, отношение трицикланам к гопанам – 0,15–0,18. Среди гопанов в максимальных концентрациях находится УВ C<sub>30</sub>, составляя 31,2–34% (от суммы гопанов).

Зрелость ОВ оценивалась по биомаркерным параметрам и цветовым изменениям конодонтовых элементов. Стерановые и гопановые коэффициенты зрелости 20S/20S+R, αβ/αβ+αα для C<sub>29</sub>, 22S/22S+R для C<sub>31</sub> в исследованных образцах составляют 0,43–0,45, 0,52–0,55 и 0,58–0,60 соответственно. Полученные значения указывают на зрелое ОВ, достигшее главной зоны нефтеобразования [2].

Цветовые изменения конодонтовых элементов выраженные через индексы окраски (ИОК) позволяют приблизительно оценить степень термального преобразования вмещающих пород [3]. Полученные значения ИОК изменяются в пределах 2,5–3. По значениям ИОК интенсивность прогрева вмещающих толщ достигала 160 С°, что отвечает градициям катагенеза на уровне МК<sub>2</sub>.

Проведенными исследованиями получены новые данные по геохимии ОВ доманиковых отложений. УВ состав битумоидов отражает морское сапропелевое ОВ, но имеющее различия в зависимости от литологии вмещающих отложений и условий седиментации. Степень катагенетической преобразованности, оцененная по УВ параметрам и данным ИОК, указывает, что отложения и заключенное в них ОВ находятся в главной зоне нефтегенерации.

#### Литература:

1. Бушнев Д.А., Бурдельная Н.С., Журавлев А.В. Органическое вещество верхнедевонских отложений гряды Чернышева. Геохимия. 2017. № 6. С. 527 – 538.
2. Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. The biomarker guide. Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments. Second Edition. Cambridge University press. 2005. V. 1. 472 p.
3. Журавлев А.В. Оценка степени термального катагенеза палеозойских отложений севера Пай-Хойского паравтохтона по индексам окраски конодонтов. Литосфера. 2017. № 1. С. 44 – 52.

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ  
АНАЛОГОВ ТЕТРАДИМИТА И КАСТЕРИТА. ТРУДНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И  
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

*Кох К.А.<sup>1,2</sup>, Кузнецов А.Б.<sup>1</sup>, Крагжда А.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[k.a.kokh@gmail.com](mailto:k.a.kokh@gmail.com)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. В докладе представлены данные по выращиванию кристаллов соединений со структурой минералов тетрадимит и кастерит. За счет оригинальных методик синтеза удалось оптимизировать фазовую однородность и физические свойства исследованных материалов.

Ключевые слова: рост кристаллов, слоистые халькогениды, кастерит

**FUNCTIONAL MATERIALS BASED ON SYNTHETIC ANALOGUES OF  
TETRADIMITE AND KASTERITE. ISSUES IN SYNTHESIS AND PROSPECTS OF  
PRACTICAL APPLICATION**

*Kokh K.A.<sup>1,2</sup>, Kuznecov A.B.<sup>1</sup>, Kragzda A.A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia, [k.a.kokh@gmail.com](mailto:k.a.kokh@gmail.com)

<sup>2</sup>Novosibirsk state university, Novosibirsk, Russia

Abstract. The report presents data on the crystal growth of compounds with the structure of tetradimite and kasterite minerals. It was shown that by means of original synthesis techniques the phase homogeneity and physical properties of the studied materials could be considerably optimized.

Key words: Crystal growth, layered chalcogenides, kasterite

Геосфера – настоящая лаборатория, где природа формирует бесчисленные варианты химических систем и показывает нам результаты синтеза в чрезвычайно широком диапазоне внешних условий (давление, температура и т.д.). Поэтому минералогические данные о структуре и физико-химических свойствах зачастую являются отправной точкой исследований в материаловедении.

В докладе рассмотрены материалы со структурой тетрадимита ( $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ ). Их исследование возобновилось в последнее десятилетие с новой силой, в связи с открытием в них свойств топологических изоляторов (ТИ), став одной из самых динамично развивающихся областей в физике твердого тела. Их отличительная особенность от других кристаллических тел заключается в том, что они имеют запрещенную зону в объеме, т.е. являются объемными изоляторами. При этом поверхность кристалла становится проводником за счет сильного спин-орбитального взаимодействия, вследствие чего

возникают спин-расщепленные поверхностные состояния – электроны с разными спинами, которые могут двигаться на поверхности только в определенном направлении. Такие поверхностные свойства ТИ, кроме очевидного интереса с точки зрения фундаментальной науки, представляются перспективными для использования в спинтронике и квантовых вычислениях. Согласно теоретическим расчётам, такого рода материалы являются прямыми конкурентами графена в первенстве за новое поколение супербыстрых транзисторов. К данному моменту усилия ученых направлены на улучшение характеристик полупроводниковых приборов, созданных на основе ТИ. Но первые полученные в лабораториях образцы объемных ТИ имели высокие концентрации дефектов из-за нарушения стехиометрии. Это имело ряд важных физико-химических следствий. Во-первых, такие кристаллы начинали быстро окисляться на воздухе. А во-вторых, обилие дефектов приводило к появлению высоких концентраций объемных носителей заряда, что, по факту, лишало объем материала диэлектрических свойств. Таким образом, на сегодня стоит актуальная задача получения образцов объемных ТИ, где внутренняя проводимость будет максимально снижена. Нами был впервые в мире проведен успешный эксперимент по выращиванию кристалла топологического изолятора  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , который содержал в себе p/n переход. Смена типа проводимости была получена за счет выбранного начального состава расплава и последующей естественной сегрегации теллура по длине слитка в процессе кристаллизации. В дальнейшем было показано значительное, на 2 порядка, уменьшение концентрации свободных носителей заряда в зоне полученного p/n перехода, что позволило говорить об экспериментальном подтверждении возможности оптимизации свойств ТИ в объемных кристаллах. Разработанные методики дали возможность выращивать низкодефектные кристаллы ТИ, которые имели абсолютную стойкость к окислению при комнатных условиях. Этим была показана возможность функционирования будущих устройств на основе ТИ без необходимости защиты от кислорода и паров воды в воздухе.

Вторая часть доклада посвящена материалам со структурой минерала кистерит  $\text{Cu}_2(\text{Zn,Fe})\text{SnS}_4$ . Эти соединения исследуются с целью замены  $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$  в тонкопленочных солнечных батареях, в составе которого присутствуют редкие элементы  $\text{In}$  и  $\text{Ga}$ . Основная цель – приблизиться к теоретически предсказанному максимуму по эффективности преобразования солнечного излучения в 32%. Однако, максимальное значение реального КПД, полученное в компании IBM еще в 2013 г. составляет 12.6%. Общепринятое мнение, что достижение в эксперименте расчётных значений возможно за счет контроля таких параметров, как точечные дефекты и кластеры,  $\text{Cu-Zn}$  разупорядочение в структуре, а также наличие посторонних фаз. Один из подходов, с помощью которого были продемонстрированы значения КПД на составе  $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S,Se})_4$  (CZTS/ CZTSe), называется MGL (monograin layer) технология. Основная идея заключается в том, что пленка адсорбирующего слоя из CZTS(e) формируется из порошка, полученного путем сплавления стехиометрических количеств элементарных компонентов в растворителе KI. Солнечная батарея с таким материалом показала КПД 9.1%, но авторы тех исследований указали на небольшое количество примеси  $\text{Zn}(\text{S,Se})$  в порошке CZTS(e), что позволяет надеяться на потенциальное увеличение КПД в случае получения чистого материала. В данной работе мы модифицировали процесс получения кистеритовой фазы. После первоначального сплавления элементарных  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Sn}$  и  $\text{S}(\text{Se})$ , полученный слиток перекристаллизовывался в градиенте температуры в присутствии различных растворителей:  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{SnCl}_2$ , эвтектика системы  $\text{KI/KCl}$ ,  $\text{KCl/CsCl}$ ,  $\text{LiCl/KCl}$ ,

$\text{PbCl}_2/\text{NaCl}$ ,  $\text{PbCl}_2/\text{KCl}$ . Процессы синтеза и перекристаллизации проводились в горизонтальной двузонной печи в вакуумированных кварцевых ампулах. На примере растворителя из системы  $\text{KI}/\text{KCl}$  было показано получение абсолютно однофазных кристаллов CZTS и CZTSe с оптимальным соотношением компонентов  $(\text{Zn}+\text{Sn})>\text{Cu}$  и  $\text{Zn}>\text{Sn}$ . Дальнейшая работа направлена на получение образцов твердых растворов с различным соотношением S/Se для испытаний материала в составе солнечной батареи.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ 18-29-12094, 18-38-00176, 17-08-00955*

## ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ФЕДЕРАЛЬНОГО КРИОХРАНИЛИЩА СЕМЯН РАСТЕНИЙ

*Куваев В.А., Кузьмин Г.П.*

Институт мерзлотоведения СО РАН им. П.И.Мельникова. Якутск, Россия

[vak-89@bk.ru](mailto:vak-89@bk.ru)

Аннотация. В г. Якутске в 2012 гг. построено первое криохранилище с использованием естественных возобновляемых источников холода, аккумулированных в толще многолетнемерзлых грунтов, которое не требует установки дорогостоящего холодильного оборудования. В статье рассмотрен температурный режим воздуха в рабочих камерах криохранилища и температурный режим грунтов криохранилища за период эксплуатации.

Ключевые слова: криохранилище семян, мерзлый грунт, температура, охлаждающая установка, температурный режим.

## THE TEMPERATURE MODE OF THE FEDERAL CRYOSTORAGES PLANT SEEDS

*Kuvaev V.A., Kuzmin G.P.*

Melnikov Permafrost Institute SB RAS Merzlotnaya St. 36, Yakutsk, Russia,

[vak-89@bk.ru](mailto:vak-89@bk.ru)

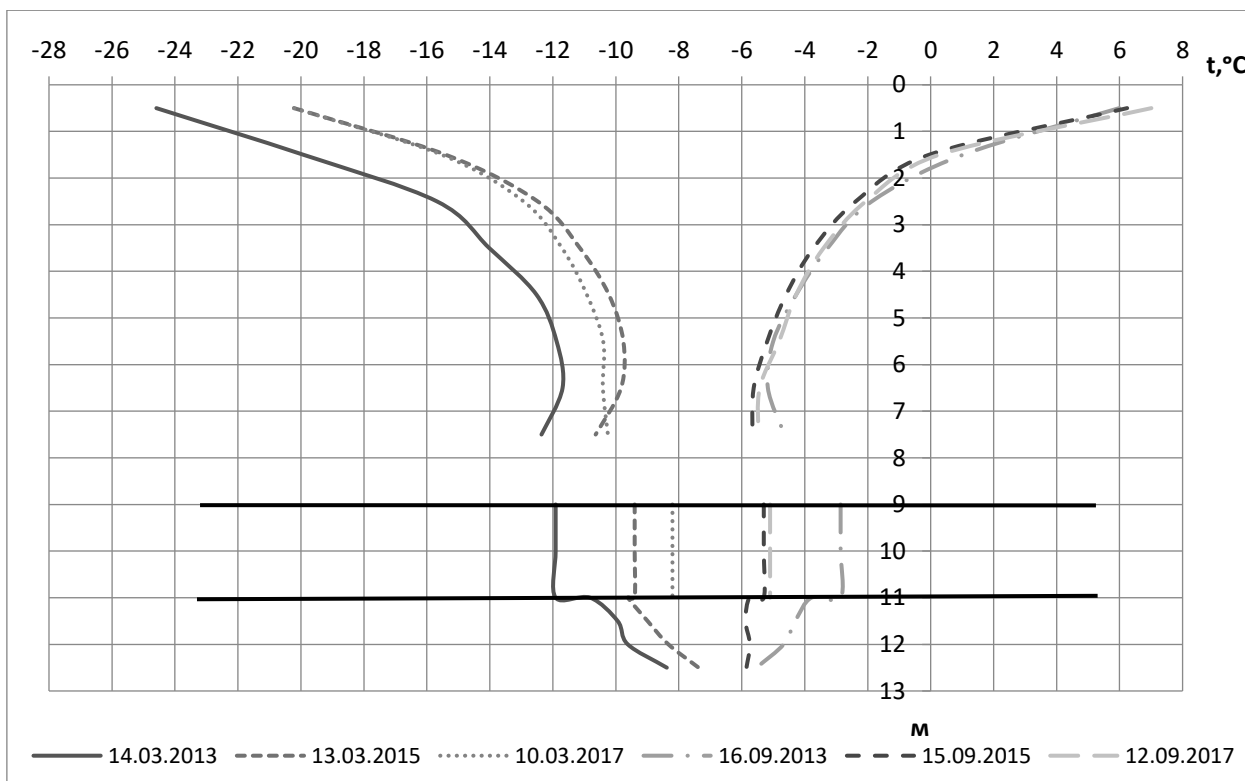
Abstract. In Yakutsk, in 2012, the first cryostorage was built by use of natural renewable cold sources accumulated in perennially frozen soils. This storage doesn't require installing expensive refrigeration equipment. The article considers temperature regime of air in the working chambers of cryostorage and temperature regime of soils around the cryostorage for period exploitation/

Key words: seed vault, permafrost, temperature, cooling system, temperature mode.

Для сохранения некоторых видов растений используется хранение их семян в условиях малой влажности и относительно низких температурах. Малая влажность обеспечивается за счет высушивания и хранения в герметичных сосудах. В существующих в мире хранилищах семян температура (-18 °С) поддерживается за счет использования дорогостоящего холодильного оборудования. Которые имеют ряд недостатков, главные из которых, это значительные затраты на производство холода и возможность выхода из строя или/и каких либо аварийных ситуаций [1].

В 2012 г. в г. Якутске построено криохранилище семян на 100 тыс. образцов, переоборудованное из подземной лаборатории Института мерзлотоведения (ИМЗ). По данным исследований Института биологических проблем криолитозоны (ИБПК) оптимальная температура хранения семян минус 6-10 °С [1]. Данная температура поддерживается за счет разработанной надежной и экономичной системой круглогодичного охлаждения конвективного действия, в которой движение холодного воздуха обеспечивается за счет естественной тяги.

Якутск относится к зоне со сплошным распространением многолетнемерзлых пород (ММП) с температурой от -1 до -3 °С на слое годовых колебаний температур. Мощность ММП 200-300 м. Естественная температура грунтов криохранилища выше рекомендованной температуры ИБПК, криохранилище оборудовано двумя охлаждающими установками ОУ -1 и ОУ -2 для зимнего и летнего охлаждения соответственно. Мерзлые грунты кровли криохранилища сложены мелко- и среднезернистыми песками. Среднее значение коэффициента теплопроводности = 2,0 Вт/м °С



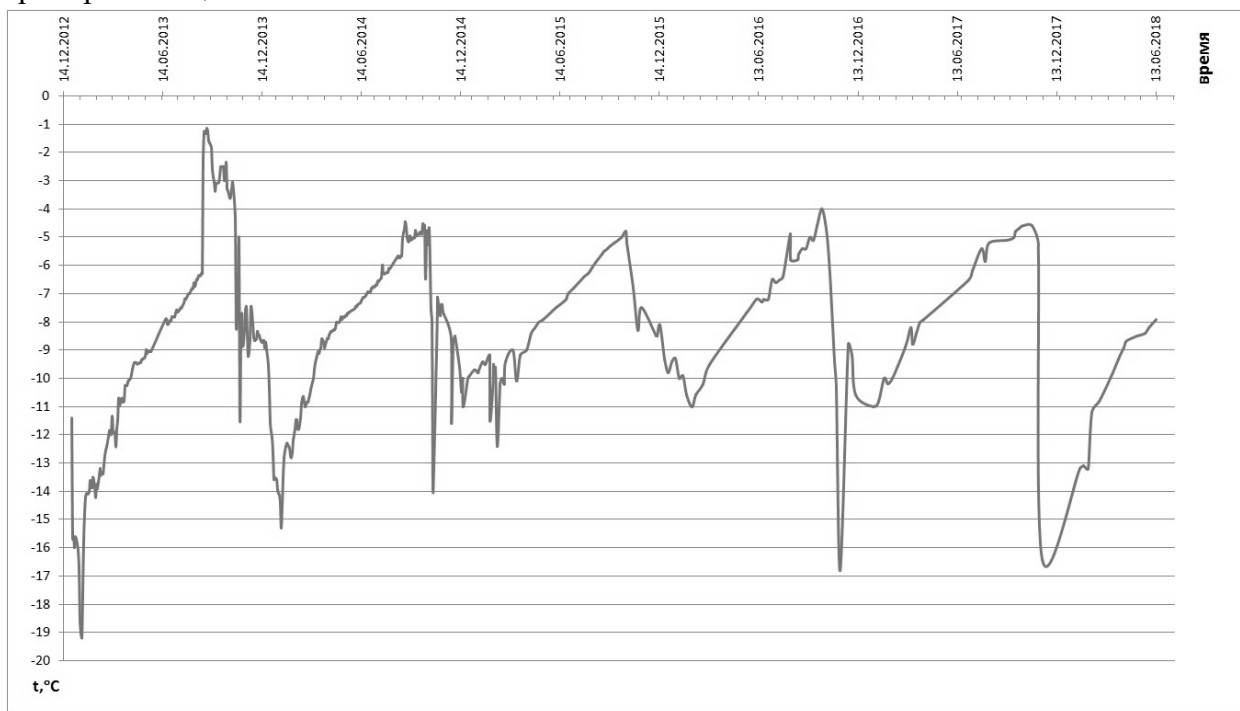
**Рисунок 1 - Изменение температуры грунтов кровли и подошвы криохранилища и температуры воздуха в рабочих камерах.**

На рис. 1 приведен график изменения температуры грунтов кровли (от 0 до 9 м) и подошвы (11-13 м), а также температуры воздуха в рабочих камерах (9-11 м.). Слева показаны кривые в период максимального промерзания грунтов, также в это время прекращает работу ОУ-1 (середина марта); справа - в период максимального протаивания грунтов (середина сентября). Из графика следует, что в марте 2013 г. температура грунтов значительно ниже чем в другие года, это связано с сильной выхолаженностью помещения криохранилища в период строительства в конце 2012 г. Далее наблюдается резкое повышение температуры в 2013 г. и плавное охлаждение в последующие годы – это связано с аварийным подтоплением криохранилища теплыми водами из наземного трубопровода. Этим же объясняется повышение температуры в сентябре 2013 г.

На рис. 2 приведен график температуры воздуха в основной рабочей камере за все время эксплуатации криохранилища. Из графика следует, что Среднее ее значение составляет около минус 8 °С, которое на 5,6 °С ниже чем до начала использования ОУ. На короткий промежуток времени температура повышается выше -6 °С и опускалась до минус



17 °С. Как видно из графика, установился квазистационарный температурный режим криохранилища.



**Рисунок 2 - Температура воздуха в рабочих камерах криохранилища за период эксплуатации.**

Проведенные длительные наблюдения за температурным режимом криохранилища показали, что ОУ эффективно справляются со своей задачей, средняя температура грунтов в кровле, подошве в хранилище и средняя температура воздуха в рабочих камерах опустились ниже температуры окружающей среды более чем на 5,5 °С.

Впервые в мире поддержание круглогодично относительно низких температур осуществляется только за счет естественных ресурсов холода, аккумулированных в грунте. Аккумуляция холода реализуется с помощью циркуляции воздуха охлаждающими установками конвективного действия. Охлаждающие установки очень надежны и не требуют постоянного контроля и дополнительных затрат.

#### **Литература:**

1. Кершенгольц Б.М., Жимулев И.Ф., Гончаров Н.П., Чжан Р.В., Филиппова Г.В., Шеин А.А., Прокопьев И.А. Сохранение генофонда растений в условиях многолетней мерзлоты: состояние, преимущества, перспективы. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т.16. № 3. С. 675-682.

## **ОЦЕНКА НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА НА ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

*Куликова О.А., Брадик Д.И., Ткачев Н.В.*

Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губина,  
Москва, Россия,  
[kulikovaoa@bk.ru](mailto:kulikovaoa@bk.ru)

Аннотация. Вопросы защиты и восстановления нарушенных северных и арктических экосистем остаются актуальными и приобретают все большее значение в связи с активным освоением ресурсной базы Крайнего Севера и Арктики. Иницируемые губернатором Ямало-Ненецкого автономного округа и организуемое совместно НП «Российским центром освоения Арктики» и РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина научно-экспедиционные исследования позволили провести инвентаризацию объектов накопленного экологического ущерба в районе Обской губы. Проведенный экологический мониторинг выявил необходимость очистки территорий от металлолома и проведения мероприятий по рекультивации нефтезагрязненных участков.

Ключевые слова: накопленный экологический ущерб, экологический мониторинг, Арктика, Крайний Север, нефтяное загрязнение

## **ESTIMATION OF ACCUMULATED ENVIRONMENTAL DAMAGE ON RUSSIA'S FAR NORTH NATURAL-ANTHROPOGENIC TERRITORIES**

*Kulikova O.A., Bradik D.I., Tkachev N.V.*

Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow,  
Russia,  
[kulikovaoa@bk.ru](mailto:kulikovaoa@bk.ru)

Abstract. The protection and restoration of disturbed northern and arctic ecosystems issues remaining relevant are becoming increasingly important due to the active development of the resource base of the Far North and the Arctic zone. Initiated by Governor of Yamalo-Nenets Autonomous District and organized jointly by NP "Russian Center for Arctic Development" and Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) scientific expeditionary research made it possible to carry out an inventory of the objects of accumulated environmental damage in the area of Gulf of Ob. The conducted ecological monitoring has revealed the necessity of clearing the territories of waste metal and taking measures for reclamation of oil contaminated areas.

Key words: accumulated environmental damage, ecological monitoring, Russia's Far North, Arctic zone, oil contamination

Экосистемы Крайнего Севера характеризуются высокой уязвимостью и чувствительностью, что во многом определяет необходимость экологически безопасной антропогенной деятельности, включая добычу нефтяных углеводородов. В настоящее время ЯНАО является одним из основных нефтегазодобывающих регионов России, что делает проведение исследований территорий и разработку предложений по мероприятиям восстановления природной среды актуальными ввиду высокой антропогенной нагрузки на арктические и северные экосистемы.

Согласно Основам государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу [1], Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года [2] и Федеральной целевой программе «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014 – 2025 годы [3], необходимо проведение экологического мониторинга накопленного экологического ущерба в целях последующей реабилитации загрязненных и антропогенно измененных территорий.

В течение летнего периода (август 2018 г.) на территории п. Мыс Каменный, расположенной поблизости нефункционирующей тропосферной станции «Кама», а также в районе мыса Сетного проводился мониторинг накопленного экологического ущерба. Целью исследования являлась инвентаризация источников загрязнения и непосредственная оценка накопленного ущерба природной среде.

На рисунке 1 приведены места отбора проб воды, почвогрунтов и донных отложений. Кроме того, на схеме указаны участки, являющиеся потенциальными источниками загрязнения окружающей природной среды и территории поселка непосредственно.



**Рисунок 1 – Схема расположения точек отбора проб на территории п. Мыс Каменный: уч. 1 – территория вертолетной площадки, цистерн ГСМ; уч. 2 – резервуарный парк нефтепродуктов; уч. 3 – свалка ТКО, лома, техники; уч. 4 – закрытый инфраструктурный объект нефтеналивного Арктического терминала**

На рисунке 2 обозначены точки периметра исследуемой территории, в границах которой проводился отбор проб, а также осуществлялись полевых экспресс-тесты для установления основных показателей качества окружающей среды на территории тропосферной станции «Кама».



**Рисунок 2 – Периметр исследуемой территории тропосферной станции «Кама»**

На рисунке 2 линиями обозначены территории с признаками нефтяного загрязнения: характерный запах нефтепродуктов, гидрофобность почвогрунтов, радужная пленка на поверхности водных объектов. Очевидно, источниками данного загрязнения явились расположенные на этих участках и ранее используемые цистерны нефтепродуктов, а также точки неорганизованного слива отработанных масел, смазок. Свежих разливов нефти и нефтепродуктов выявлено не было.

Таким образом, в результате проведенного мониторинга накопленного экологического ущерба на территории восточной части Обской губы обнаружены участки нефтяного загрязнения объектов окружающей среды, большое количество свалок металлолома, включая бочки и цистерны ГСМ, брошенную технику, свалки ТКО. На основании полученных сведений в настоящее время разрабатывается технологическая программа очистки и рекультивации природно-антропогенных территорий, а также рекомендации в отношении проведения работ по ликвидации брошенных объектов и свалок.

#### **Литература:**

1. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом РФ 18.09.2008 № Пр-1969) [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_119442/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_119442/).
2. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (утв. Президентом РФ) [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_142561/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_142561/).
3. Паспорт Федеральной целевой программы «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014 – 2025 годы.

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О СПЕКТРАХ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЙЯНИЯ  
ПРИРОДНОГО Ir-СОДЕРЖАЩЕГО КИСЛОРОДНОГО СОЕДИНЕНИЯ**

*Кутырев А.В.<sup>1,2</sup>, Вымазалова А.<sup>3</sup>, Сидоров Е.Г.<sup>1</sup>, Степанов С.Ю.<sup>4</sup>, Чубаров В.М.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,  
[anton.v.kutyrev@gmail.com](mailto:anton.v.kutyrev@gmail.com)

<sup>2</sup>Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка, Россия

<sup>3</sup>Геологическая служба Чехии, Прага, Чешская Республика

<sup>4</sup>ФГБУ «Всероссийский геологический институт им. А.П. Карпинского»

Аннотация. В работе рассматриваются оксиды элементов платиновой группы (ЭПГ), представленные соединением с вероятной формулой IrO<sub>2</sub> и примесью других ЭПГ – Ru, Pt, Rh, Os, образующие псевдоморфозы по иридистому осмию. Спектры комбинационного рассеяния содержат пики, близкие к пикам синтетических IrO<sub>2</sub>, RuO<sub>2</sub> и PtO<sub>2</sub>, что подтверждает присутствие соответствующих окислов в рассматриваемой фазе.

Ключевые слова: оксид иридия, минералы платиновой группы, рамановская спектроскопия

**FIRST DATA ON RAMAN SPECTRA OF NATURAL Ir-BEARING OXYGEN  
COMPOUND**

*Kutyrev A.V.<sup>1,2</sup>, Vymazalova A.<sup>3</sup>, Sidorov E.G.<sup>1</sup>, Stepanov S.Yu.<sup>4</sup>, Chubarov V.M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia,  
[anton.v.kutyrev@gmail.com](mailto:anton.v.kutyrev@gmail.com)

<sup>2</sup>Institute of Experimental Mineralogy RAS, Chernogolovka, Russia

<sup>3</sup>Czech Geological Survey, Prague, Czech Republic

<sup>4</sup>A.P.Karpinsky Russian Geological Research Institute

Abstract. We have described several PGE oxides which are the compounds with an estimated formula IrO<sub>2</sub> and admixture of other PGEs – Ru, Pt, Rh and Os, which form a pseudomorph after iridium-bearing native osmium. Raman spectra of these compounds include pikes close to those of the synthetic IrO<sub>2</sub>, RuO<sub>2</sub> and PtO<sub>2</sub>, what supports the idea of mentioned oxides existence in studied phases.

Key words: iridium oxide, platinum group minerals, Raman spectroscopy

Первые сведения об оксидах платиновой группы, в том числе и о предполагаемом оксиде Ir, содержащие микронзондовые определения состава этих фаз появились во второй половине XX века: замещение иридистого осмия кислородсодержащим соединением платиновых металлов (в первую очередь Ir) было описано в зёрнах платины из массива Юбдо (Эфиопия [1]) и реки Манампотси (Мадагаскар [2]). Аналогичные зёрна были встречены нами в ходе изучения платиновых минералов Корякско-Камчатского региона – россыпи ручья Прижимный, проявления реки Снеговая, реки Тапельваям (массив Сейнав) и сегрегаций хромшпинелида массива Матыскен, а также Уральских массивов –

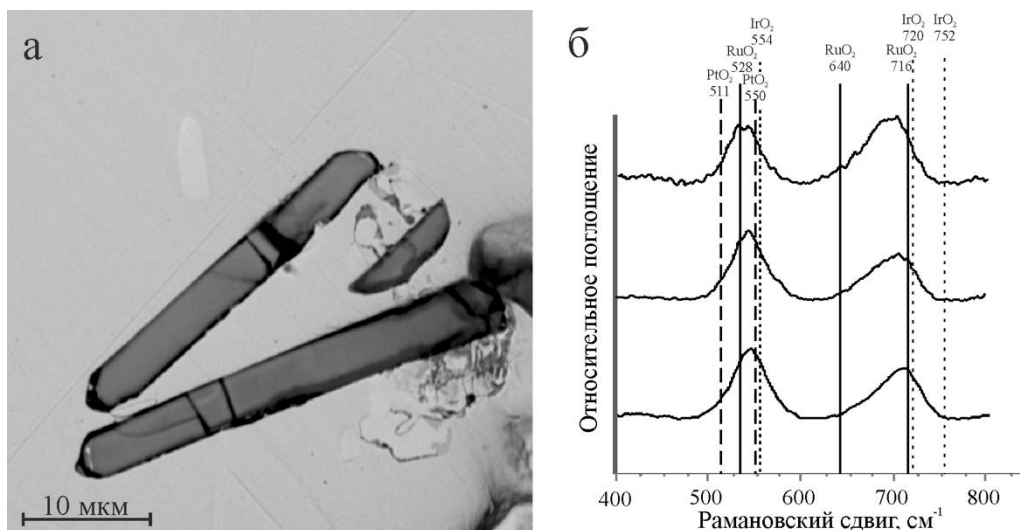
Каменушинского и Вересовоборского. Несмотря на такое широкое распространение подобных соединений и существующие описания синтетических оксидов элементов платиновой группы (ЭПГ) [3, 4], на данный момент не известно ни одного утверждённого ПМА кислород-содержащего минерала ЭПГ, а само существование подобных природных соединений подвергается сомнению. Согласно одному из существующих объяснений, подобные фазы на самом деле являются тонкодисперсной смесью интерметаллидов ЭПГ и оксидов, например – магнетита [5].

Рассматриваемые фазы (далее – «оксид Ir») встречены в виде столбчатых и дощатых включений в минералах системы Pt-Fe. Во многих образцах они соседствуют с иридистым осмием, кристаллы которого обладают аналогичной формой, а в некоторых случаях содержатся в виде реликтов в «оксиде Ir», что позволяет предположить образование рассматриваемых оксидов в результате замещения иридистого осмия. Образование оксидов Ir в результате прокаливания Os-Ir сплавов было описано в литературе по металлургии и экспериментальной минералогии [6]. Состав их сложный, но выдержанный: преобладает Ir, содержание которого колеблется в интервале 38-45 мас. %, меньшую роль играют остальные ЭПГ (за исключением Pd, содержание которого ниже предела обнаружения). Кроме того, отмечаются примеси S, Ca, V, Mn и Fe. Содержание кислорода составляет около 18 мас. %. При расчёте формулы, исходя из предположения о том, что валентность ЭПГ в исследуемых фазах соответствует наиболее распространённой валентности Ir в синтетических соединениях (2+), оказывается, что на ЭПГ приходится более 75% всего измеренного кислорода (таб. 1). Значительное содержание воды в соединении маловероятно ввиду высокой суммы анализа. Таким образом, хотя данные о химическом составе исследуемых соединений не позволяют их идентифицировать, они определённо указывают на то, что значительная доля ЭПГ действительно находится в соединении с кислородом. Для установления конкретной минеральной формы нахождения ЭПГ было проведено сопоставление спектров комбинационного рассеяния рассматриваемых фаз и хорошо изученных синтетических оксидов ЭПГ. Получившиеся спектры содержат два основных пика, близких, но не идентичных пиками синтетических аналогов (рис. 2б) – IrO<sub>2</sub> и RuO<sub>2</sub> (структурный тип рутила) и гексагональному αPtO<sub>2</sub> [3, 4]. В то же время, пики, характерные для наиболее вероятных соединений S, Ca, V, Mn и Fe, таких как минералы группы шпинели, гипса, оксидов железа и марганца в полученных спектрах отсутствуют.

**Таблица 1. Состав иридистого осмия и «оксида Ir»**

	S	Ca	V	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Mn	Fe	O	Total	O*
1	0,87	1,74	0,83	7,13	3,09	15,57	38,31	13,85	0,52	0,68	19,17	101,75	14,49
2	1,08	1,78	0,85	8,71	3,82	4,73	45,10	14,88	0,52	0,70	17,73	99,89	14,69
3	0,00	0,00	0,00	1,88	0,71	86,90	6,07	2,63	0,00	0,05	0,00	98,23	-
4	0,00	0,00	0,00	1,40	0,47	86,96	6,90	2,30	0,00	0,10	0,00	98,13	-

*Примечание: O\* - кислород, израсходованный на формирование предполагаемого соединения MeO<sub>2</sub>, где Me – металлы платиновой группы. Использованный стандарт на кислород – синтетический диоксид.*



**Рисунок 1 – а – «оксид Ir» (тёмно-серое) и иридий осмий (белое) в самородной платине (средний тон); б – спектры комбинационного рассеяния зёрен «оксида Ir» с отмеченным положением пиков синтетических соединений: IrO<sub>2</sub>, RuO<sub>2</sub> и PtO [3, 4],  $\lambda=532$  nm. Анализы выполнены в**

Таким образом, полученные данные указывают на то, что в состав «оксида Ir» действительно входят окислы металлов платиновой группы. Однако, конкретная форма их нахождения – в виде тонкодисперсной смеси оксидов, или же в виде оксида, в котором различные ЭПГ замещают друг друга, равно как и других элементов, на данный момент остаётся неясной и требует привлечения ряда других методов исследования.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00126-мол\_а.*

#### Литература:

1. Cabri, L.J., Criddle, A.J., Laflamme, J.H.G., Bearne, G.S., Harris, D.C., 1981. Mineralogical study of complex Pt-Fe nuggets from Ethiopia. Bull. Mineral. 104.
2. Augé, T., Legendre, O., 1992. Pt-Fe nuggets from alluvial deposits in eastern Madagascar. Can. Mineral. 30, 983–1004.
3. Graham, G.W., Weber, W.H., McBride, J.R., Peters, C.R., 1991. Raman investigation of simple and complex oxides of platinum. J. Raman Spectrosc. 22, 1–9.
4. Mar, S.Y., Chen, C.S., Huang, Y.S., Tiong, K.K., 1995. Characterization of IrO<sub>2</sub> thin films by Raman spectroscopy. Appl. Surf. Sci. 90, 497–504.
5. Zaccarini, F., Garuti, G., Bakker, R.J., Pushkarev, E., 2015. Electron Microprobe and Raman Spectroscopy Investigation of an Oxygen-Bearing Pt-Fe-Pd-Ni-Cu Compound from Nurali Chromitite (Southern Urals, Russia). Microsc. Microanal. 21, 1070–1079.
6. Васильева Е.В., Волкова Р.М., Захарова М.И. и др. Платина, её сплавы и композиционные материалы. Москва. Металлургия. 1980. 296 с.

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ХРЕБТА ТАЛАССКИЙ АЛАТАУ

*Кушнарева А.В.*

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,  
[nastaskush@gmail.ru](mailto:nastaskush@gmail.ru)

Аннотация. Исследуется деформированное состояние юго-восточной части хребта Таласский Алатау в долине реки Чиимташ. Изучено 27 ориентированных шлифов, которые характеризуют структуры, расположенные вдоль профиля поперёк простирацию главных тектонических структур. Количественная оценка деформации проводилась методом Фрая по включениям кварца в матриксе. В качестве характеристик деформации на уровне образцов в пределах изученного участка были получены ориентировки осей стрейн-эллипсоидов, их форма и величины полной девиаторной деформации.

Ключевые слова: стрейн-анализ, эллипсоид деформации, Центральная Азия, Таласский Алатау.

## QUANTITATIVE ANALYSIS OF DEFORMATION OF THE SOUTHEASTERN PART OF THE TALASS ALATAU

*Kushnareva A.V.*

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia,  
[nastaskush@gmail.ru](mailto:nastaskush@gmail.ru)

Abstract. Strain state of the southeastern part of the Talas Alatau in the valley of the river Chimitas has been investigated. 27 oriented microsections were studied, which characterize the structures located along the profile across the strike of the main tectonic structures. A quantitative estimate of the deformation was carried out by Fry's method on inclusions of quartz in a matrix. The orientations of the strain-ellipsoid axes, their shape and the values of the total deviator deformation were obtained as characteristics of deformation at the level of samples within the studied area.

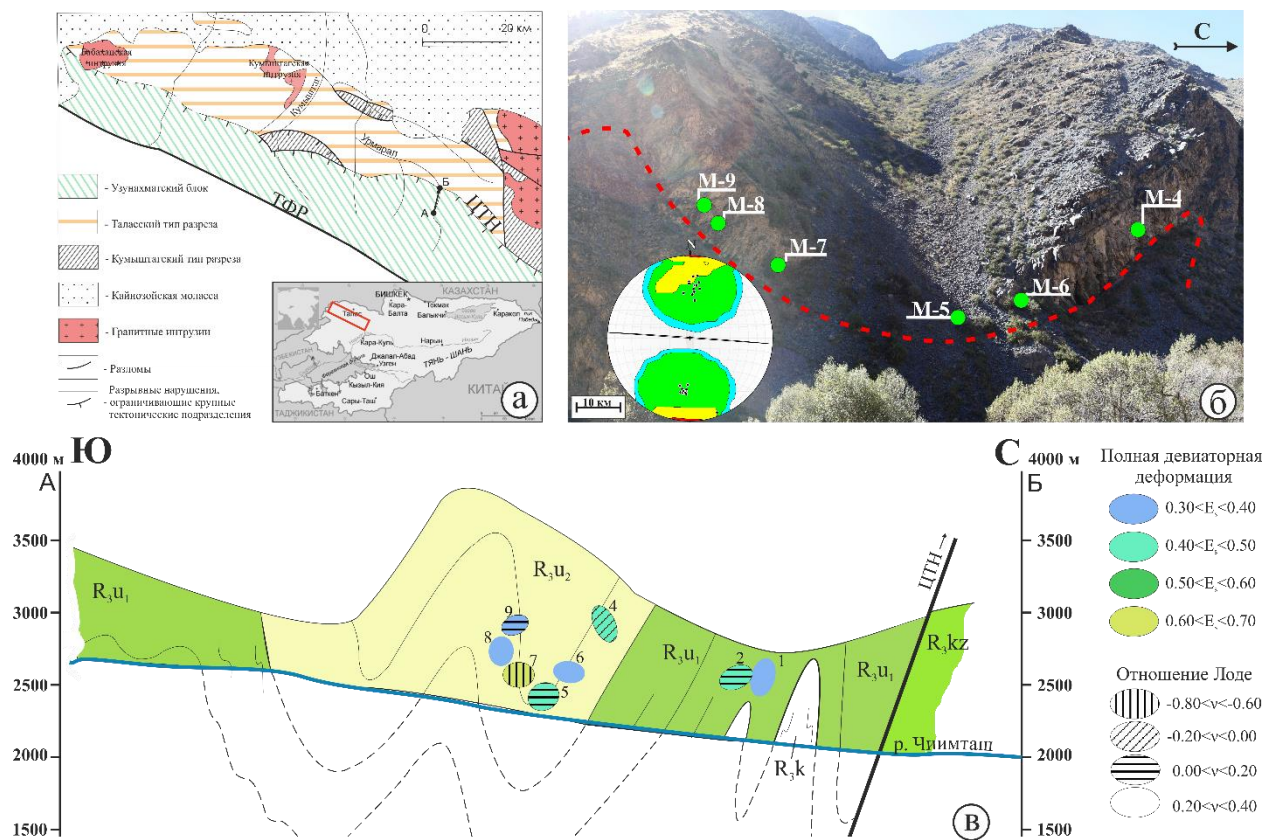
Keywords: strain analysis, ellipsoid of deformation, Central Asia, Talass Alatau.

Введение. Для вычисления количественных величин деформаций на уровне геологического образца используется стрейн-анализ. В наглядной форме он изображается с помощью эллипсоида деформации, который характеризуется тремя главными осями.

Целью данной работы является изучение параметров эллипсоида деформации юго-восточной части хребта Таласский Алатау в долине реки Чиимташ.

**Геология региона работ.** Хребет Таласский Алатау находится на территории Киргизии и относится к Таласо-Каратауской структурно-фациальной зоне западных каледонид Северного Тянь-Шаня (рис. 1 а). [1, 2].





**Рисунок 1 – Основные тектонические элементы Таласского Алатау (а); Фотография исследуемой складки с элементами залегания, вынесенными на стереографическую проекцию (б) (фото Москаленко А.Н.); Эллипсоиды деформации в вертикальном срезе, отображённые на разрезе, который составлен на основе литературных данных. Цвет эллипсоидов соответствует определенному значению полной девиаторной деформации, а штриховка – отношению Лодде (в). Сокращения на рисунке: ЦТН – Центрально-Таласский надвиг, ТФР – Талассо-Ферганский разлом.**

Исследуемая территория имеет покровно-надвиговое строение и подразделяется на два блока: Узунахматский и Карагаинский. [2, 3, 4]. Породы южного (Узунахматского) блока надвинуты с юга-востока на Карагаинский блок по Центрально-Таласскому надвигу (ЦТН). Амплитуда перемещений по ЦТН составляет не более 7 км. Отложения Узунахматского блока представлены флишем, который испытал динамометаморфизм, достигший зеленосланцевой стадии.

**Обработка данных.** Для количественной оценки деформации синклинали Узунахматского блока были отобраны ориентированные образцы с крыла и замка вдоль профиля длиной 1500 м.

В процессе обработки материалов, в первую очередь, были определены геометрические характеристики складки (рис. 1 б). Осевая плоскость исследуемой синклинали субвертикальна и падает в южном направлении. Складка открытая (угол между крыльями  $75-80^\circ$ ), прямая с параболическим замком, по форме в плане – линейная.

Исследуемые породы представлены грубозернистыми и разнометристыми кварцевыми метапесчаниками узунахматской свиты с лепидобластовой и бластопсаммитовой структурами. В составе большинства образцов присутствуют зерна микрокварцитов, а также линзочки перетертого глинистого и алевроитового материала.

Результаты количественной оценки деформации. В качестве характеристик деформации на уровне образцов в пределах изученного участка методом Фрая были получены ориентировки осей стрейн-эллипсоидов, их форма и величины полной девиаторной деформации.

Значения полной девиаторной деформации варьируются от 0.36 до 0.50 с резким увеличением до 0.67 в замках складок высоких порядков (рис. 1 в).

Оси удлинения эллипсоидов ориентированы параллельно шарнирам складок и простиранию ЦТН. Погружается ось X преимущественно под небольшими углами - до 30°, но к юго-западу от ЦТН главная ось удлинения эллипсоида деформации погружается под углом 73°. Величины  $R_{xz}$  варьируют от 1,61 до 2,4 (рис. 1 в). Происходит увеличение данного показателя при приближении к ЦТН, однако в 2 км к юго-западу от ЦТН  $R_{xz}$  резко возрастает до 2,4 (на общем фоне 1,5-1,7). Значения  $R_{xy}$  не превышают 2,14.

Подсчет отношения Лодэ и коэффициента Флинна показал, что большинство эллипсоидов обладают сплюснутой формой ( $1 > K > 0$ ,  $0 < v < 1$ ) (рис. 1 в). Исключением являются два эллипсоида деформации, соответствующие обр. «М-4» и «М-7». Первый эллипсоид вытянутый, но приближен к форме эллипсоида плоской деформации, а второй имеет сигарообразную форму и отвечает практически одноосному обжатию.

**Заключение.** Полученные результаты показывают, что на участке крыла крупной синклинали форма эллипсоида деформации представлена эллипсоидом трехосного сплющивания, а в замках складок высокого порядка представляет собой сигарообразную форму, что соответствует деформации трехосного обжатия. Интенсивность деформации незначительно варьируется, однако заметные увеличения отмечаются в местах предполагаемых замках складок вторых и более высоких порядков.

Оси удлинения эллипсоидов ориентированы параллельно шарнирам складок и простиранию ЦТН. Аналогичные формы эллипсоидов и ориентировки главных осей были получены А.К. Худолеем и В.Н. Войтенко при изучении центральной части хребта Таласский Алатау [2].

*Исследование выполнялось при поддержке гранта РФФИ 18-35-00464.*

#### **Литература:**

1. Буртман В.С. Тянь-Шань и Высокая Азия: Тектоника и геодинамика в палеозое. Труды Геологического Института. 2006. № 570. С. 19-26.
2. Voytenko N.V., Khudoley A.K. Structural evolution of metamorphic rocks in the Talas Alatau, Tien Shan, Central Asia: Implication for early stages of the Talas-Ferghana Fault. C. R. Geoscience. 2012. № 344. P. 138-148.
3. Худолей А.К., Семилеткин С.А. Морфология и эволюция складчатых и разрывных структур Таласского Алатау (Северный Тянь-Шань). Геотектоника. 1992. №1. С. 84-93.
4. Малюжинец А.Г., Советов Ю.К. Карбонатный (чаткарагайский) флиш верхнего рифея Таласского хребта. Осадочные формации и обстановки их образования. Труды Института геологии и геофизики им. 60-летия Союза ССР. 1987. № 692. С. 149-159.

**МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ И ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОПСИДОВЫХ БАЗАЛЬТОВ УСТЬ-СЕМИНСКОЙ  
СВИТЫ ГОРНОГО АЛТАЯ**

*Кхлиф Н.<sup>1,3</sup>, Вишнеvский А. В.<sup>1,2</sup>, Изох А. Э.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

[Nezar.khlif@mail.ru](mailto:Nezar.khlif@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Al-Furat University, Deirez-Zor, Syria

Аннотация. Среднекембрийские диопсидовые базальты усть-семиной свиты Горного Алтая насыщены вкрапленниками высокомагнезиального клинопироксена (mg# до 92,1;  $mg\# = 100 * Mg / (Mg + Fe)$  в ат. %) и представлены пикробазальтами, базальтами и трахибазальтами, которые делятся на две основные группы: высококальциевая группа (CaO 12,1–14,5 мас. %, CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,1–1,2 (в мас. %) и Mg# 43–51,2) и низкокальциевая группа (CaO 7,6–11,9 мас. %, CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,5–0,8 и Mg# 35,1–49). Базальты высококальциевой группы по минералого-петрохимическим характеристикам относятся к анкарамитам.

Ключевые слова: Горный Алтай, средний кембрий, усть-семиная свита, клинопироксен, анкарамит.

**MINERALOGICAL, PETROGRAPHIC AND PETROCHEMICAL FEATURES OF  
DIOPSIDE-BEARING BASALTS OF THE UST'-SEMA VOLCANIC SERIES (GORN  
Y ALTAI)**

*Khlif N.<sup>1,3</sup>, Vishnevskiy A. V.<sup>1,2</sup>, Izokh A. E.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [Nezar.khlif@mail.ru](mailto:Nezar.khlif@mail.ru)

<sup>2</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Al-Furat University, Deirez-Zor, Syria

Abstract. Mid-Cambrian diopside-bearing basalts of the Ust'-Sema volcanic series of Gorny Altai are saturated with phenocrysts of high-Mg clinopyroxene (mg # to 92.1,  $mg\# = 100 * Mg / (Mg + Fe)$  in at. %) and represented by picobasalts, basalts and trachybasalts. According our data, the basalts of Ust'-Sema series divided into two main groups: a high-Ca group (CaO 12,1–14,5 wt.%, CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,1–1,2 (in wt.%) and Mg# 43–51,2) and a low-Ca group (CaO 7,6–11,9 wt.%, CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,5–0,8 and Mg# 35,1–49). Basalts of the high-Ca group based on mineralogical and petrochemical characteristics refer to ankaramites.

Key words: Gorny Altai, Mid-Cambrian, the Ust'-Sema series, clinopyroxene, ankaramite.

Одним из наиболее дискуссионным проявлением базитового магматизма вендраннепалеозойского этапа развития Алтае-Саянской складчатой области являются среднекембрийские диопсидовые базальты усть-семиной свиты Горного Алтая. Они входят в состав Катунского аккреционного комплекса Кузнецко-Алтайской

палеоостроводужной системы. Этот комплекс сформирован в результате позднеопротерозойско-кембрийской аккреции венд-кембрийских симаунтов к Кузнецко-Алтайской островной дуге [1]. Основной объём базальтов усть-семинской свиты сосредоточен в двух вулканических постройках центрального типа: Усть-Семинской в северо-западной части Катунской зоны и Бийской (Чобуракский ареал) – в юго-восточной. Базальты слагают также Анос-Емурлинскую линейную постройку между двумя вулканическими аппаратами [2], образуя, совместно, полосу протяжённостью более 90 км.

Для усть-семинской свиты характерны потоки диопсид-плагиоклаз-порфириновых базальтов, их дифференциатов, лавокластитов, кластолав и туфов. Породы этой свиты, с одной стороны, закладываются на венд-нижнекембрийских образованиях чепошской и манжерокской свит, а с другой – с угловым несогласием перекрываются образованиями еландинской свиты с фауной трилобитов, которая характерна для верхов среднего кембрия [2;3]. Концепции геодинамической обстановки формирования этих вулканитов разнятся: на основании анализа их геологической позиции и ассоциации с венд-раннекембрийскими базальтами реконструируется обстановка задугового палеобассейна [4], а на основании геохимических и геологических данных предполагается сложный процесс при погружении СОХ в зону субдукции и плавления в надсубдукционной обстановке на границе коры и мантии [5].

Авторами были изучены диопсидовые базальты Бийской вулканической постройки усть-семинской свиты, которая вытянута вдоль р. Катунь между реками Чобурак, Бийка Тымкескен и Карасу, и имеет почти изометричную форму (6х8,5 км). Образцы были отобраны авторами в районе реки Бийка (14 образцов из пород ранних этапов формирования вулканической постройки) и удалённых к юго-востоку выходов пород этой свиты (2 образца). Из образцов были изготовлены пластинки (11 пластинок) и шлифы (15 шлифов) для петрографических исследований. Отдельные отобранные вкрапленники клинопироксена были смонтированы в шашки из эпоксидной смолы (8 шашек). Шашки были проанализированы с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan Mira 3 с энергодисперсионным спектрометром (ЭДС) Oxford X-Max 80 в Центре коллективного пользования Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ЦКП ИГМ СО РАН). Валовой состав пород (16 проб) анализировался методом рентгенофлуоресцентного анализа также в ИГМ СО РАН.

Диопсидовые базальты Бийской вулканической постройки усть-семинской свиты характеризуются серым до темно-серёного цвета с зелёным оттенком, массивной текстурой и порфириной структурой. Структура основной массы чаще всего микролитовая. Вкрапленниками являются клинопироксен и в меньшей степени сосюритизированный плагиоклаз. Иногда присутствует серпентинизированные вкрапленники оливина и редкие зёрна хромита. Основная масса состоит из микролитов клинопироксена и плагиоклаза, а также калиевого полевого шпата, амфибола, апатита, титанита, ильменита, мусковита и кварца. Вкрапленники клинопироксена имеют удлиненно-призматическую форму размером 0,5–25 (чаще 2–5) мм, их объёмная доля достигает в отдельных случаях 40–50%. Большинство вкрапленников клинопироксена отчётливо зональны. Ядерные части состоят в основном из высокомагнезиального диопсида и салита ( $\text{En}_{39-49}\text{Wo}_{44-48}\text{Fs}_{4-17}$ ;  $\text{mg}\# 70,3-92,1$ ) с высоким содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  0,1–0,9 мас. % и низкими содержаниями  $\text{TiO}_2$  0,1–0,6 мас. % и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0,8–4 мас. %. Краевые части состоят из салита и авгита ( $\text{En}_{34-43}\text{Wo}_{43-51}\text{Fs}_{10-19}$ ;  $\text{mg}\# 67,2-81,7$ ), имеющих более высокие содержания  $\text{TiO}_2$  0,5–1,6 мас. % и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  3–8,7 мас. % и более низкое содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  <0,1 мас. %. В основной массе клинопироксен

образует мелкие кристаллы, имеющие высокие содержания FeO до 15,4 мас. %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 8,3 мас. %, TiO<sub>2</sub> до 3,5 мас. %, MnO до 0,9 мас. % и более низкое содержание Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 0,1 мас. %. Он представлен авгитом и салитом с составом En<sub>31-49</sub>Wo<sub>25-50</sub>Fs<sub>7-26</sub>. В краевых частях крупных кристаллов и в мелких зернах часто наблюдается осцилляторная зональность. Плаггиоклаз образует мелкие вкрапленники (до 1 мм), но преимущественно представлен в виде микролитов в основной массе. В основной массе, в сохранившихся зёрнах он представлен лабрадором An<sub>66</sub> и реже битовнитом An<sub>71</sub>.

Во вкрапленниках клинопироксена наблюдаются кристаллические включения разного типа. Большую их часть можно подразделить на карбонатные и кварцевые. Карбонатные включения распространены преимущественно в ядерных частях, и состоят из кальцита с хлоритом и реже с плаггиоклазом основного состава. Кварцевые включения также распространены в ядерных частях вкрапленников клинопироксена, вместе с хлоритом, плаггиоклазом и реже калиевым полевым шпатом.

Точки химического состава вулканитов на классификационной диаграмме TAS расположены в областях трахибазальтов, базальтов и пикробазальтов. На классификационной диаграмме для высокомагнезиальных вулканических пород, они расположены в областях базальтов и пикробазальтов. Для них характерен следующий состав: SiO<sub>2</sub> 44,8–48,6 мас. %; MgO 6–11 мас. %; TiO<sub>2</sub> 1–1,2 мас. %; CaO 7,6–14,5 мас. %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10,5–17,7 мас. %; Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 1,8–4,9 мас. %; CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> отношение (в мас. %) составляет 0,5–1,2. По содержанию оксида кальция и отношению оксида кальция к оксиду алюминия, диопсидовые базальты разделяются на две группы: высококальциевая и низкокальциевая. Для высококальциевой группы характерны высокое содержание CaO 12,1–14,5 мас. % и высокое значение отношения CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,1–1,2 (в мас. %), а для низкокальциевой – CaO 7,6–11,9 мас. %, CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,5–0,8 (в мас. %). Необходимо отметить, что отношение CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> использовано исследователями для классификации анкармитов, в которых оно выше единицы [6]. Здесь нужно пояснить, что анкармиты – вулканические породы, в которых доля вкрапленников клинопироксена преобладают над оливином и отношение CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 1 [6]. Кроме того, состав клинопироксена в анкармитах характеризуется высокой магнезиальностью mg# до 94. Исходя из этих данных, высококальциевую группу диопсидовых базальтов Бийской постройки по их минералогическим петрохимическим данным должна быть отнесена к анкармитам.

Вопрос о происхождении таких высококальциевых лав в Алтае-Саянском регионе в среднем кембрии является целью дальнейшего исследования.

#### Литература:

1. Добрецов Н.Л., Буслов М.М., Сафонова И.Ю., Кох Д.А. Фрагменты океанических островов в структуре Курайского и Катунского аккреционных клиньев Горного Алтая. Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 12. С. 1381–1403.
2. Зыбин В.А. Эталон усть-семиинского комплекса порфировых базальтов и трахибазальтов (Горный Алтай). Новосибирск. СНИИГиМС. 2006. 278 с.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000. Лист М-45. 2011 г.
4. Гибшер А.С., Есин С.В., Изох А.Э., Киреев А.Д., Петрова Т.В. Диопсидсодержащие базальты кембрия Чеповской зоны Горного Алтая: модель фракционирования гибридных магм в промежуточных магматических камерах. Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 11. С. 1760–1772.
5. Сафонова И.Ю., Буслов М.М., Симонов В.А., Изох А.Э., Комия Ц., Курганская Е.В., Оно Т. Геохимия, петрогенезис и геодинамическое происхождение базальтов из Катунского аккреционного комплекса Горного Алтая (Юго-Западная Сибирь). Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 1. С. 541–567.
6. Della-Pasqua F.N., Varne R. Primitive ankaramitic magmas in volcanic arcs: A melt inclusion approach. Can. Mineral. 1997. V. 35. P. 291–312.

**ИНФОРМАТИВНОСТЬ ОПТОВОЛОКОННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РАСХОДА В НЕФТЯНЫХ СКВАЖИНАХ**

*Лазуткин Д.М.<sup>1</sup>, Ипатов А.И.<sup>1</sup>, Кременецкий М.И.<sup>1</sup>*

1РГУ нефти газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва, Россия

[dimlaz@mail.ru](mailto:dimlaz@mail.ru)

Аннотация. В нефтяной промышленности разработана и достаточно широко применяется технология перманентного дистанционного определения профиля притока (приемистости) в горизонтальной скважине на основе оптоволоконных (ОВС) термоизмерительных кабельных сенсоров. На основе известной технологии оптоволоконной распределенной термометрии, применительно к условиям горизонтальных скважин, авторами предлагается проводить измерения по принципу термоанемометра с использованием электрических компонентов (медные жилы и металлическая оплетка) оптоволоконного кабеля в качестве нагревателя.

Ключевые слова: промыслово-геофизические исследования, термометрия скважин, распределенные стационарные оптоволоконные датчики температуры, термокондуктивная расходомерия.

**InFormational Value OF FIBER-OPTIC MEASUREMENT SYSTEM FOR  
QUANTITATIVE ESTIMATION OF FLOW-rate IN OIL WELLS**

*Lazutkin D.M.<sup>1</sup>, Ipatov. A.I.<sup>1</sup>, Kremenetskiy M.I.<sup>1</sup>*

Gubkin Russian State University of oil and gas, Moscow, Russia

[dimlaz@mail.ru](mailto:dimlaz@mail.ru)

Abstract. In petroleum industry find wide application the technology of permanent remote inflow profile detection (injectivity) in a horizontal well based on fiber-optic temperature measuring cable sensors (DTS). The authors proposed a new method of field production monitoring, based on the use of a fiber-optic distributed measuring system as a thermal flowmeter, that is heating a fiber optic cable certain section in order to get from it characteristic of temperature relaxation during its cooling.

Key words: production logging, temperature logging, distributed fiber-optic temperature sensors, thermal flowmeter.

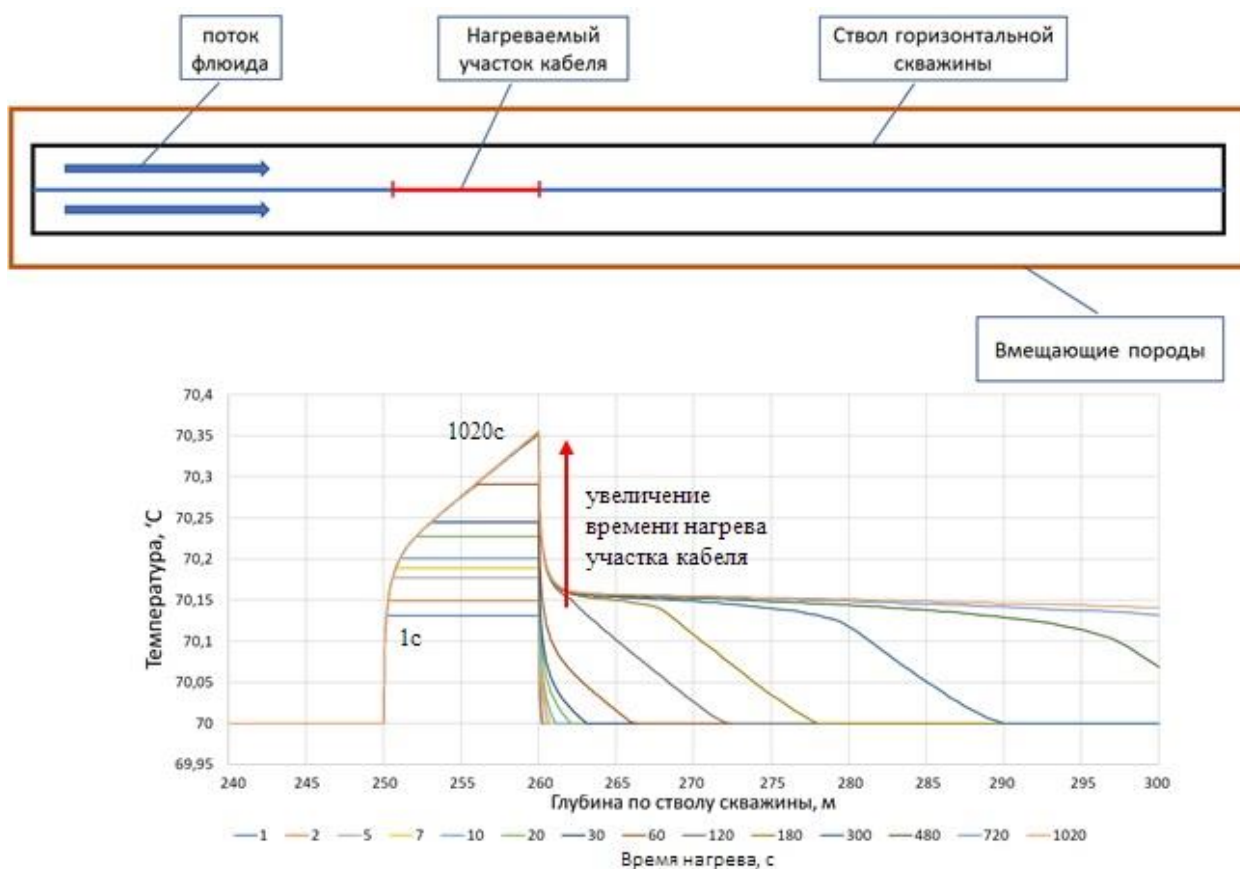
Интерпретация метода нестационарной высокоточной термометрии не всегда однозначна. Для снижения неоднозначности интерпретации необходимо создавать определенные технологические условия. Подход в таком случае хорошо известен, в его основе активные технологии мониторинга: целенаправленное создание искусственных контрастных аномалий температуры и последующий контроль динамики их развития и релаксации [1,2].

Для реализации этого направления существуют две принципиальные возможности. Первый подход — это создание искусственного изменения температуры в локальной зоне ствола, так называемой «тепловой метки» [1]. Это известный метод, но, тем не менее, он пока мало используется на практике.

Авторы доклада предлагают обратить внимание на принципиально другой подход, основанный на идее использования классической термокондуктивной расходомерии (термоанемометрии), но распределенной по стволу скважины. В качестве базы для метода могут успешно использоваться оптоволоконные измерительные системы (DTS). Наличие распределенных по стволу скважины стационарных датчиков температуры позволяет за счет «мгновенности» проведения замера более корректно оценивать возникающие при изменении режима работы скважины температурные аномалии [3,4,5,6].

Определенный участок (или участки) кабеля нагревается с заданной мощностью, и исследуются закономерности теплосъема с нагреваемого элемента во времени. Благодаря распределенному постоянному или циклическому нагреву в перманентной кабельной измерительной системе, устанавливаемой в стволе ГС, реализуется принцип «распределенной термоанемометрии» (или «распределенной термокондуктивной расходомерии»). При таком подходе доля неоднозначности в наблюдаемых термоаномалиях минимальна.

Для оценки информативности оптоволоконной термоанемометрии авторами использована математическая модель, которая рассматривает оптоволоконную измерительную систему как линейный датчик температуры, нагревающийся с равномерно распределенной по длине постоянной мощностью.



**Рисунок 1 – Схема проведения исследования предлагаемым методом, по которой строилась математическая модель, результаты математического моделирования при разном времени нагрева распределенного датчика.**

Данная математическая модель реализована в программной среде C++. Между датчиком и средой существует теплообмен по закону Ньютона. Основными эффектами в скважине и окружающей среде являются вынужденная конвекция и теплопроводность. Учтены размеры и тепловые свойства самого кабеля, флюидов, с которыми находящийся в скважине кабель взаимодействует, характер теплового воздействия (длительность, интенсивность, цикличность).

В результате математического моделирования получены наиболее общие закономерности поведения температуры во времени для подобного вида нагревателя. Наблюдается физически обоснованный рост температуры датчика, замедляющийся во времени. Со временем в пределах датчика формируется квазистационарное тепловое поле, характеризующееся изменением температуры датчика по его длине. В значительной области длины нагреваемого элемента это распределение близко к линейному. За пределами датчика в направлении потока формируется характерная аномалия тепловой метки, со временем увеличивающаяся по размерам. Аналогичные закономерности наблюдаются для других длин нагревательного элемента, мощностей нагрева и скоростей потока.

Зависимость максимальной амплитуды изменения температуры зависит от скорости потока нелинейно и описывается экспоненциальным уравнением. Таким образом реализуется основной принцип термоанемометра, основанный на изменении температуры датчика в зависимости от скорости потока.

Также, при условии того, что чувствительность оптоволоконного сенсора составляет около  $0.1^{\circ}\text{C}$ , то полученные даже при высоких скоростях потока амплитуды говорят о том, что предложенный метод исследования теоретически способен работать в достаточно широком диапазоне скоростей потока (1-15 м/с, что соответствует дебитам от 10 до 200 м<sup>3</sup>/сут). Распределенный датчик обеспечивает новые возможности оценки скорости потока.

Этот метод должен найти свое применение в горизонтальных скважинах с МГРП, особенно в низкопроницаемых коллекторах [5,7], поскольку нагреваемых различным способом участков может быть несколько, а расположены они на любой глубине и быть любой протяженности, необходимой для диагностики скоростных характеристик потока в продуктивных интервалах с низкими дебитами.

#### **Литература:**

1. Ипатов А.И., Кременецкий М.И. Геофизический и гидродинамический мониторинг разработки месторождений углеводородов. РХД. Ижевск. 2005. 2010. 780с.
2. Ипатов А.И., Кременецкий М.И., Каешков И.С., Клишин И.А., Солодянкин М.А., Фигура Е.В. Скрытый потенциал оптоволоконной термометрии при мониторинге притока в горизонтальных скважинах. «Нефтяное хозяйство». 2014. №5. С. 96-100.
3. Болдырева Н.М., Мельник В.А. Промыслово-геофизические исследования и контроль динамики работы залежи в режиме реального времени с использованием оптоволоконного кабеля. Инженерная практика. 2016. №7.
4. Браун Дж., Саутхэмптон, Рогачев Д. Распределенные системы контроля температуры на базе современных волоконно-оптических датчиков. Технологии ТЭК. 2005. №1.
5. Малания Г., Крешо К. Бурдин.К., Каешков И.С., Кременецкий М.И. Успешный опыт проведения работ по определению профиля приемистости скважин, законченных многостадийным ОРП с использованием распределенной термометрии (DTS) на ГНКТ. SPE-182086-RU, 2016г.
6. Яруллин Р.К., Валиуллин Р.А., Садретдинов А.А., Семикин Д.А., Ракитин М.В., Сурмаев А.В. Оптоволоконные технологии мониторинга действующих горизонтальных скважин. Нефтяное хозяйство. 2014. №9. С. 38-46.
7. Мартынов В.Г., Ипатов А.И., Кременецкий М.И., Кричевский В.М., Кокурина В.В., Мельников С.И. Развитие геофизического и гидродинамического мониторинга на этапе перехода к разработке объектов с трудноизвлекаемыми запасами нефти. Нефтяное хозяйство. 2014. №3. С.106-109.



## МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ II РАЗНОВИДНОСТИ ИЗ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК УДАЧНАЯ И ЮБИЛЕЙНАЯ

*Лапега А.В.<sup>1</sup>, Зедгенизов Д.А.<sup>1,2</sup>, Бозуш И.Н.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия [lapega.alina@mail.ru](mailto:lapega.alina@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>НИГП АК АЛРОСА, Мирный, Россия

Аннотация. Представлены результаты изучения алмазов II разновидности из кимберлитовых трубок Удачная и Юбилейная. Полученные данные позволили выявить наличие нескольких зон роста кубоида, вызванных изменением условий их образования. По данным ИК картирования выявлено закономерное изменение содержания основных структурных дефектов, которое отражает особенности термальной эволюции изученных алмазов.

Ключевые слова: алмаз, кубоиды, морфология, II разновидность, азотные центры, ИК картирование.

## MINERALOGICAL FEATURES OF DIAMONDS II VARIETIES FROM KIMBERLITE PIPES UDACHNAYA AND YUBILEINAYA

*Lapega A.V.<sup>1</sup>, Zedgenizov D.A.<sup>1,2</sup>, Bogush I.N.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [lapega.alina@mail.ru](mailto:lapega.alina@mail.ru)

<sup>2</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>NIGP ALROSA Co., Mirny, Russia

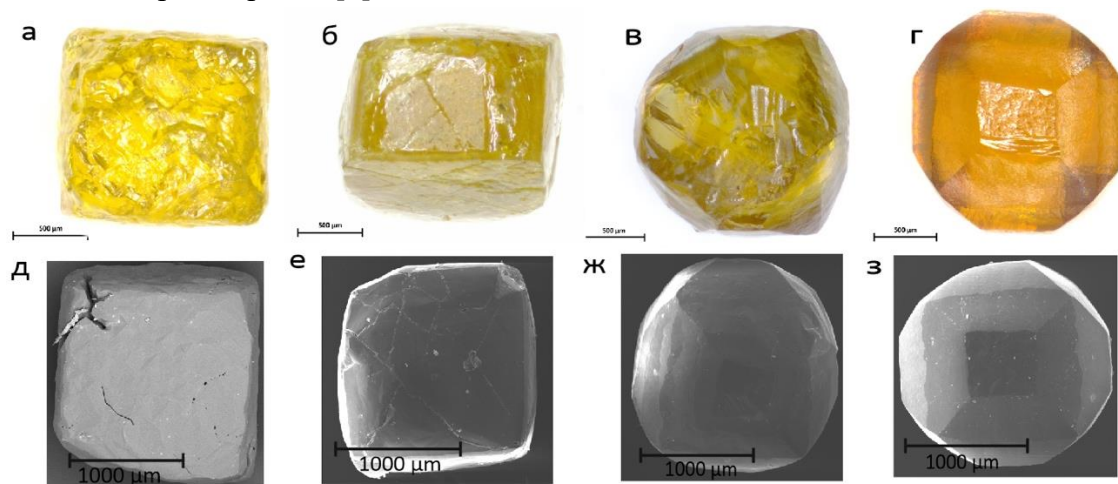
Abstract. In this section we presented the results of studying diamonds of the II variety from kimberlite pipes Udachnaya and Yubileynaya. The obtained data made it possible to reveal the presence of several zones of growth caused by a change in the conditions of their formation. According to the IR mapping data, a regular change in the content of the main structural defects was revealed, which reflects the features of the thermal evolution of the studied diamonds.

Key words: diamond, yellow cuboids, morphology, nitrogen centers, IR mapping.

Желтые алмазы кубического габитуса относятся ко II минералогической разновидности по классификации Ю.Л. Орлова [1]. Такие кристаллы встречаются относительно редко в кимберлитовых трубках, но достаточно часто в россыпях северо-востока Сибирской платформы [2]. Основной задачей исследования было определение минералогических особенностей таких алмазов из кимберлитов с целью выявления аналогов алмазов II разновидности из россыпей.

Для исследования были отобраны желтые до оранжевого алмазы II разновидности из кимберлитовых трубок Удачная (31 шт.) и Юбилейная (31 шт.). Алмазы были представлены

кристаллами кубического габитуса, а также кривогранно-округлыми кристаллами с различными скульптурами на ограняющих поверхностях (Рис. 1). При этом неодинаково развитые округлые поверхности на месте ребер большинства кристаллов и многочисленные ямки травления на реликтах кубических поверхностей свидетельствуют о разной степени их частичного растворения [3].

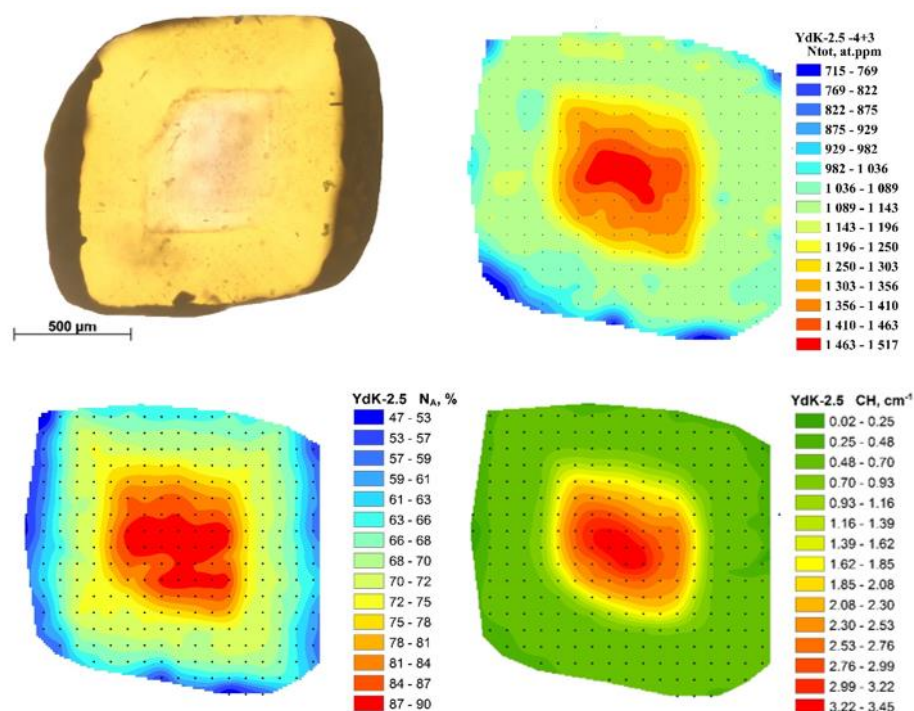


**Рисунок 1 - Алмазы II разновидности из кимберлитов: а, д – Udk-2.4; б, е – Ubk-3.1; в, ж – Ubk-1.1; г, з – Ubk-1.4 а-г – изображение в отраженном свете, д-з – растровые электронные микрофотографии.**

Для изучения внутреннего строения и дефектно-примесного состава, были изготовлены ориентированные по (110) или по (100) пластинки толщиной 0,5-0,8 мм. Исследование внутреннего строения было проведено по данным анализа изображений, полученных с помощью поляризационно-оптического метода, фотolumинесценции и катодolumинесценции. Проведенные исследования позволили выявить наличие нескольких зон роста в изученных алмазах II разновидности, обусловленных изменением условий роста. Характеристика дефектно-примесного состава проводилась по данным ИК-спектроскопии. Для наиболее представительных зонально-секториальных образцов проведено картирование с шагом около 50-60 мкм и с разрешением  $1 \text{ см}^{-1}$  на Фурье спектрометрах фирмы Bruker Tensor-27 с микроскопом Nuregion 3000 в диапазоне  $600-5200 \text{ см}^{-1}$ . Проведенное картирование позволило зафиксировать изменение количественных значений концентраций основных примесных дефектов по разным зонам изученных алмазов (Рис. 2, 3). В качестве внутреннего стандарта в спектрах ИК-поглощения было принято собственное поглощение алмаза поглощению в двухфоновной области.

Полученные данные позволили выявить присутствие основных азотных дефектов А (пара атомов азота в соседних узлах решетки [4]) и С (одиночные атомы азота [5]), а также определить присутствие водорода по наличию СН-колебаний. Также в спектрах изученных кристаллов часто фиксируется присутствие X- и У-центров. X-центр представляет собой положительно заряженный одиночный атом азота. Структура У-центра в настоящее время остается неопределенной [6]. По данным ИК-картирования выявлена динамика изменения концентраций основных структурных дефектов по площади алмазной пластинки, позволяющая также выявить закономерности термальной эволюции алмазов II разновидности из кимберлитов. Согласно существующим представлениям азот входит в кристаллическую решетку в виде С-центров, а затем, под действием высоких температур, происходит его агрегация в А- и В-центры, параллельно с которыми появляются и

пластинчатые структуры (platelets) [7]. Т.е. концентрация и форма нахождения азота отражают разные этапы и условия образования и дальнейшей термической эволюции алмазов. Наблюдаемое изменение дефектно-примесного состава (возрастание концентрации азота и водорода от периферии к центру), отмеченное для многих кристаллах, также сопровождается уменьшением степени агрегации азота  $C\backslash(C+A)$ . Это свидетельствует об образовании таких кристаллов либо в достаточно длительный промежуток времени, либо на стадии снижения температуры.



**Рисунок 2 - Распределение общего содержания азота  $N_{tot}$ , ppm, степени агрегации азота  $A$ , %, и водородсодержащего центра  $CH_{3107}$ ,  $cm^{-1}$  для образца Udk-2.5.**

*Работа выполнена за счет средств Российского научного фонда (грант №16-17-10067).*

#### Литература:

1. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. Москва. Наука. 1984. 170 с.
2. Zedgenizov D.A., Kalinina V.V., Reutsky V.N., Yuryeva O.P., Rakhmanova M.I. Regular cuboid diamonds from placers on the northeastern Siberian platform. *Lithos*. 2016. V. 265. P. 125-137.
3. Khokhryakov A. F., Pal'yanov Yu. N. and Academician of the RAS Sobolev. N.V. Evolution of Crystal Morphology of Natural Diamond in Dissolution Processes: Experimental Data. *Geology*. 2011. V. 381. P. 884-888
4. Соболев Е. В., Лисойван В. И. О природе свойств алмазов промежуточного типа. Доклады АН СССР. 1972. Т. 204. № 1. С. 88-91.
5. Smith W.V., Sorokin P.P., Gelles I.L., Lasher G.J. Electron-spin resonance of nitrogen donors in diamond. *Physical Review*. 1959. APS
6. Hainschwang T., Fritsch E., Notari F., Rondeau B. A new defect center in type Ib diamond inducing one phonon infrared absorption: The Y center. *Diamond and Related Materials*. 2012. P.120-126.
7. Evans T. Aggregation of nitrogen in diamond. *The Properties of Natural and Synthetic Diamond*. London. Field. 1992. P. 259-290.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПОРОД ПО МИНЕРАЛЬНОМУ СОСТАВУ ДЛЯ  
ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ОБНАЖЕНИЙ СКАЛЬНЫХ МАССИВОВ (НА  
ПРИМЕРЕ ФЛИШЕВОЙ ФОРМАЦИИ ЮЖНОГО СКЛОНА С-З КАВКАЗА)**

*Латыш А.А., Бондаренко Н.А.*

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия,  
[hsytal@mail.ru](mailto:hsytal@mail.ru)

Аннотация. Рассматриваются вопросы оценки прочности пород флишевой формации южного склона С-З Кавказа. Выполнено петрографическое описание пород, расчет их прочности. Самыми прочными горными породами флишевой формации являются кварцевые и кварцево-глауконитовые песчаники терригенного флиша. Наименьшей прочностью обладают глинистые мергели карбонатного и аргиллиты терригенного флиша. Определение прочности на свитном уровне показало, что наибольшей прочностью обладают скальные массивы кадошкой свиты, сложенные тонкоритмичным флишем.

Ключевые слова: минеральный состав, скальные горные породы, флиш, прочность

**DETERMINATION OF STRENGTH OF ROCKS BY MINERAL COMPOSITION TO  
ASSESS THE STABILITY OF ROCK OUTCROPS (FOR EXAMPLE, FORMATIONS  
OF FLYSCH OF THE SOUTHERN SLOPE OF THE NW CAUCASUS)**

*Latysh A.A., Bondarenko N.A.*

Kuban state university, Krasnodar, Russia,  
[hsytal@mail.ru](mailto:hsytal@mail.ru)

Abstract. The questions of estimation of strength of rocks of flysch formation of the southern slope of the Caucasus Are considered. Petrographic description of rocks and calculation of their strength were performed. The strongest rocks of the flysch formation are quartz and quartz-glaucanite sandstones of terrigenous flysch. Least have the strength of clayey marls and carbonate mudstones of the terrigenous flysch. Determination of the strength level on swine showed that the greatest strength possess rock formations with kadoshi suites, concretely folded flysch.

Key words: mineral composition, rock rocks, flysch, strength

Черноморское побережье С-З Кавказа интенсивно осваивается. За последние годы здесь возросло количество различных сооружений. С учетом сложности инженерно-геологических условий строительства оценка свойств горных пород является важным и актуальным вопросом.

Объектом изучения выступили породы флишевой формации, слагающие побережье в районе г. Геленджика. Важнейшими элементами флишевой формации выступают, прежде всего, визуально-зернистые и визуально-незернистые породы. К первым относятся

обломочные породы, или кластолиты, а ко вторым, глинистые или пелитолиты, а также карбонатные породы или карбонатолиты.

Петрографическое изучение песчаников показало, что это либо типично кварцевые (55–80%), либо глауконит (5–15%)–кварцевые (до 75%) породы В обломочной части песчаников карбонатного флиша, кроме этого, до 5–10% встречаются биокласты–фрагменты и целые раковины фораминифер и кальцисфер. Цемент: известковый, известково-глинистый, реже фосфатный и глауконитовый, но везде с рудным, железистым веществом (до 2–5%). Аргиллиты установлены как чистые (примесей меньше 10%), слабопримесные (10–25%), так и сильнопримесные (25–50%). По минеральному составу они полимиктовые. Наиболее определено устанавливаются монтмориллонит, гидромусковит, глауконит. Неглинистые минералы представлены алевро-пелитовыми зернами кварца (до 15%), кальцита (до 15%), единичными зернами фосфатов, пирита, а также коломорфными выделениями гидроокислов железа. Некоторые образцы аргиллитов содержат кальцисферы (до 25%) и единичные обломки фораминифер. Псаммитовая составляющая известняков, более чем на 50% состоит из плохо сортированных слабо окатанных известняковых обломков; в качестве заполнителя выступает песчано-алевритово-глинистый материал, а цемента – известковое и реже гидроокисно-железистое вещество. Биокластовые дресвяные известняки состоят из несортированных обломков призматического слоя иноцерамов и раковин других организмов. Петрографическое изучение мергелей показало их литологическое разнообразие. Глинистая и карбонатная составляющие и обломки микробиоса (до 15%), пелитово-алевритово-песчаная кварцево-глауконитовая примеси (до 15%). Многие разновидности мергелей отличаются присутствием пирита (до 5%). В шлифах анкеритов отмечаются единичные зерна кварца, реже сидерита и фосфатов, кальцисферы и сгустковые выделения сульфидов железа. Структура анкеритов микрозернистая.

Расчет предела прочности пород на сжатие по минеральному составу был проведен по формуле:

$$\delta_{сж} = \frac{\delta_1 * n_1 + \delta_2 * n_2 + \dots + \delta_n * n_n}{100}, \quad (1) \text{ где}$$

$\delta_{сж}$  – прочность породы;

$\delta_1$  – прочность минерала;

$n_1$  – процентное содержание минерала.

Расчёт коэффициента прочности горных пород вычислялся по формуле:

$$f = \delta_{сж} \cdot 10^{-7} \quad (2)$$

Таким образом, самыми прочными горными породами флишевой формации являются кварцевые и кварцево-глауконитовые песчаники терригенного флиша. Наименьшей прочностью обладают глинистые мергели карбонатного и аргиллиты терригенного флиша. На свитном уровне наибольшей крепостью обладает кадошская свита, т.к. количество песчаников в этой свите преобладает над другими породами. Предел прочности снегуревской свиты является самым низким (табл. 1).

Рассчитанные значения прочности согласуются также с лабораторными определениями петрофизических свойств пород флиша [2], где анкерит и песчаник терригенного флиша имеют наибольшую плотность 2,78 и 2,66 г/см<sup>3</sup> соответственно. Среди пород карбонатного флиша наибольшую плотность имеют известняки – 2,71 г/см<sup>3</sup>. Мергели и аргиллиты соответственно имеют значения плотности 2,70 г/см<sup>3</sup> и 2,63 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 1. Предел прочности пород свит карбонатного и терригенного флиша

№	Название свиты	% содержания пород [1]	Предел прочности горных пород	Предел прочности свиты
<i>Карбонатный флиш</i>				
1	Лихтеровская свита (K <sub>2</sub> lh)	Песчаник (обломочный известняк) – 7,2%	21,35	39,436
		мергель карбонатный – 26,56%	41,68	
		мергель глинистый – 22,24%	33,8	
		известняк – 44%	43,89	
2	Васильевская свита (K <sub>2</sub> vs)	Песчаник (обл.известняк) – 6%	21,35	39,272
		Известняк – 40%	43,89	
		Мергель глинистый – 26,3%	33,8	
		Мергель карбонатный – 27,7%	41,68	
3	Снегуревская свита (K <sub>2</sub> sn)	Песчаник (обл.известняк) – 15%	21,35	38,106
		Известняк – 44%	43,89	
		Мергель глинистый – 19%	33,8	
		Мергель карбонатный - 22%	41,68	
<i>Терригенный флиш</i>				
4	Свита Сукко (P <sub>1</sub> sk)	Песчаник кварцевый – 9,64%	323,12	88,838
		Песчаник кварцево – глауконитовый – 9,66%	302,7	
		Аргиллит – 75,8%	31,6	
		Анкерит- 4,9%	91,75	
5	Навагирская свита (P <sub>1</sub> nv)	Песчаник кварцевый – 9,7%	323,12	91,081
		Песчаник кварцево – глауконитовый – 9,7%	302,7	
		Аргиллит – 72,32%	31,6	
		Анкерит- 8,2%	91,75	
6	Кадошская свита (P <sub>1</sub> kd)	Песчаник кварцевый – 24%	323,12	167,110
		Песчаник кварцево – глауконитовый – 26%	302,7	
		Аргиллит – 30,3%	31,6	
		Глина – 10,7%	12	

**Литература:**

1. Афанасьев С.Л. Путеводитель экскурсии 10-ой Международной школы морской геологии. Верхнемеловая-датская флишевая формация. Москва. Наука. 1992. 26 с.
2. Любимова Т.В., Бондаренко Н.А. Структурно-петрофизический анализ флишевой формации Северо-Западного Кавказа. Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. 2006. № 8. С. 352-357.

**КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛЮМОЛИТИЕВЫХ СЛЮД ИЗ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ АРАСУАИ (БРАЗИЛИЯ)**

*Лемешко А.Б.*

Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, Россия  
[st048666@student.spbu.ru](mailto:st048666@student.spbu.ru)

Аннотация. Впервые проведено исследование алюмолимитиевых слюд из редкометальных гранитных пегматитов месторождения Petsch, Арасуаи, штат Минас-Жерайс на востоке Бразилии. Выявлен характер распределения поли типов в зависимости от их состава. Полученные данные свидетельствуют в пользу отсутствия разрыва смесимости в ряду изученных алюмолимитиевых слюд. По данным монокристалльной съемки уточнены кристаллические структуры лепидолитов редких поли типных модификаций – 2М1 и 3Т, проведен их детальный анализ.

Ключевые слова: алюмолимитиевые слюды, поли типия, кристаллические структуры.

**CRYSTAL CHEMISTRY OF Al-Li-MICAS FROM RE GRANITE PEGMATITES ARACUAI (BRASIL)**

*Lemeshko A.B.*

Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, Russia,  
[st048666@student.spbu.ru](mailto:st048666@student.spbu.ru)

Abstract. Al-Li-micas from RE granite pegmatites of the Petsch deposit (Арасуаи, , Eastern Brasil) have been studied. Distribution of polytypes has been characterized as a function of their composition. The data obtained reveals no miscibility break in the series of Al-Li-micas. Crystal structures of the rare lepidolite polytypes 2M1 and 3T have been refined from single crystal diffraction data and analyzed in detail.

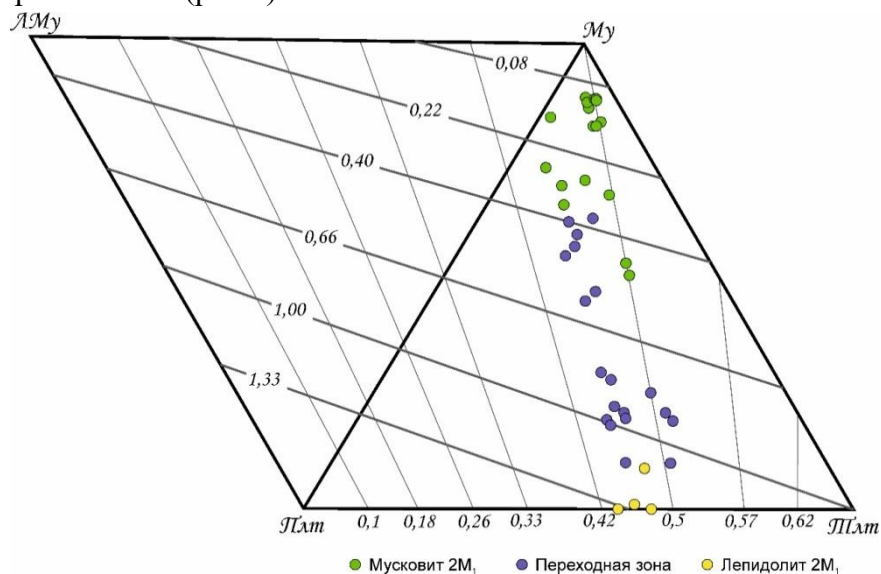
Keywords: Al-Li-micas, polytypism, crystal structure.

Гипотеза данной работы состоит в том, что изоморфный ряд мусковит – лепидолит по химическому составу является непрерывным. В качестве объекта были взяты ранее не изученные алюмолимитиевые слюды из редкометальных гранитных пегматитов месторождения Petsch, Арасуаи, штат Минас-Жерайс на востоке Бразилии. Образцы для исследования и данные микрорентгеноспектрального анализа были предоставлены директором фирмы ООО «Соколов» П.Б. Соколовым.

Рентгенографические исследования проведены в Ресурсном центре СПбГУ «Рентгендифракционные методы исследования» на порошковых дифрактометрах Miniflex II и Bruker D2 PHASER, монокристалльном дифрактометре Bruker «Карра APEX DUO». Микронзондовый анализ проведен во ВСЕГЕИ на сканирующем электронном микроскопе Supra 55 VP, оснащенного приставкой для микрорентгеноспектрального анализа X-Max.

Установлено, что изученный образец образован минералами мусковитом, лепидолитом, альбитом, верделитом и колумбитом. Мусковит образует крупные таблитчатые или столбчатые кристаллы псевдогексагонального габитуса в поперечном сечении. Лепидолит «обрастает» мусковит, образуя вокруг него зону мощностью до 15 мм с достаточно резкой границей между слюдами. При этом ориентировка кристаллов изменяется на 90°. Цвет лепидолита меняется от серебристого у границы с мусковитом до лилового-сиреневого в центральной части зоны. Затем образуется «шубка» - мелкие хорошо ограненные столбчатые кристаллы слюды серебристого цвета.

*Химический состав слюд.* В пластинке зональной слюды мусковит-лепидолит, вырезанной по плоскости перпендикулярно спайности слюды, анализы проводились по профилю с шагом от 5 мм в центральной части кристалла мусковита до 0.03-0.10 мм в краевой части (снято 44 точки), что позволило получить очень детальные сведения о вариациях химического состава слюд. Изученные слюды дают практически непрерывный ряд составов от мусковита до почти предельного лепидолита, относящегося к ряду полилитионит – трилитионит (рис.1).



**Рисунок 1 - Состав и полилитипная модификация исследованных слюд.**

*Полилитипия и химико-морфологические особенности слюд.* По данным рентгенографического исследования определена полилитипная модификация и рассчитаны параметры элементарной ячейки. Установлено, что изученные алюмолитиевые слюды относятся к полилитипной модификации 2M<sub>1</sub> или смеси 2M<sub>1</sub> + 1M (с соотношением полилитипов 4:1 во всех изученных образцах). Выявлен характер распределения полилитипов в зависимости от их состава. Установлена зависимость морфологического облика индивидов от полилитипного состава образцов. Полученные данные свидетельствуют в пользу отсутствия разрыва смесимости в ряду изученных алюмолитиевых слюд, как ранее было установлена для слюд из различных месторождений России [1, 3, 4] Установлена зависимость параметров элементарной ячейки алюмолитиевых слюд полилитипной модификации 2M<sub>1</sub> и 1M от содержания лития. Вхождение катиона Li<sup>+</sup> в структуру приводит к увеличению параметров ячейки a, b и уменьшению параметра c и угла β.

*Уточнение кристаллических структур лепидолитов 2M<sub>1</sub> и 3T.* По данным монокристаллической съемки во внешней зоне образца, так называемой «шубке», установлены



и уточнены кристаллические структуры лепидолита  $2M_1$  (рис. 2) и лепидолита  $3T$  (рис. 3), проведен их детальный анализ. В этих образцах было установлено наиболее высокое содержание лития из представленной серии алюмо-литиевых слюд:



В обоих структурах тетраэдрических катионы распределены неупорядоченно, и тетраэдры имеют одинаковый состав в отличие от ранее исследованных литиевых слюд  $3T$  [2, 5]. Координация межслоевого катиона также одинакова в обоих поли типах. Установлено упорядоченное распределение катионов по октаэдрическим позициям, но с различной схемой распределения по транс- и цис-октаэдрам в лепидолитах  $3T$  и  $2M_1$ .

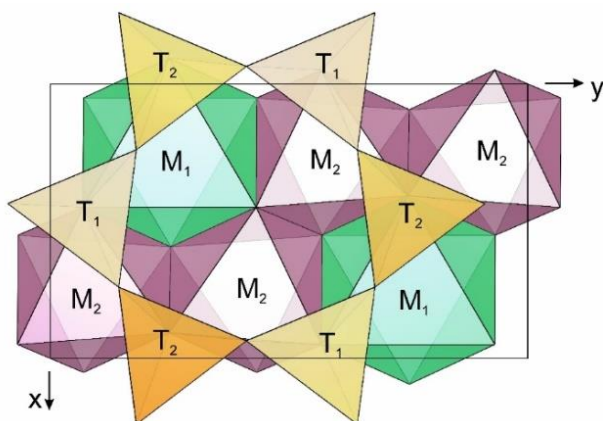


Рисунок 2 - Проекция кристаллической структуры лепидолита  $3T$  на плоскость (001)

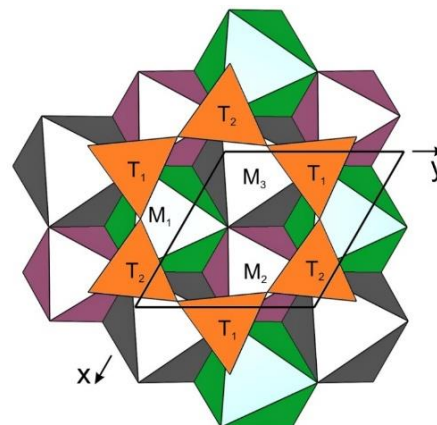


Рисунок 3 - Проекция кристаллической структуры лепидолита  $2M_1$  на плоскость (001)

*Типоморфизм лепидолитов  $2M_1$  и  $3T$ .* Предполагается, что лепидолит  $3T$  и лепидолит  $2M_1$  растут, если выполняется условие упорядоченного распределения катионов, чему способствует слабое пересыщение и связанный с ним медленный рост, умеренные температура и давление. Лепидолит  $3T$  является спутником самоцветов и может быть использован для их оценки.

#### Литература:

1. Гордиенко Н.М., Семенова Т.Ф., Симакова Ю.С. Состав и поли типизм алюмо литиевых слюд в гранитных пегматитах. Минералогический журнал. 1991. Т. 13, № 5. С. 67-84.
2. Павлишин В.И., Семенова Т.Ф., Рождественская И.В. Протолитионит- $3T$ : структура, типоморфизм и практическое значение. Минералогический журнал. 1981. №1. С. 47-60.
3. Пунин Ю. О., Котельникова Е. Н., Макагонова Ю. Е., Соколов П. Б. Гетерометрия и автодеформации в литиево-глиноземистых слюдах. Записки всероссийского минералогического общества. 1997. № 2. С. 2-36.
4. Соколов П.Б., Пунин Ю.О., Котельникова Е.Н. и др. Литий-глиноземистые слюды редкометалльных пегматитов. (Об образовании скорлуповатых агрегатов литиевых слюд «барботов глаз»). Минералогический журнал. 1991. Т. 13. № 1. С. 41-59.
5. Brown В.Е. The crystal structure of a  $3T$  lepidolite. Amer. Miner. 1978. №68. P. 332-336.

## ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ ЭКРАНЫ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ ГИДРАТОСОДЕРЖАЩИХ ОБРАЗЦОВ

*Лемзяков А.Г.<sup>1</sup>, Козырев Е.А.<sup>1</sup>, Купер К.Э.<sup>1</sup>, Попов А.С.<sup>1</sup>, Дробчик А.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера, Новосибирск, Россия

[lemzyakov89@gmail.com](mailto:lemzyakov89@gmail.com)

<sup>2</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

Аннотация. В работе представлены исследования характеристик тонких сцинтилляционных экранов на основе иодида цезия допированного таллием с толщинами от 0.5 до 20 мкм. Целью работы является изучение микроструктуры порового пространства гидратосодержащих образцов. Нами было показано, что пространственное разрешение экранов может быть значительно улучшено с помощью нанесения углеродного аморфного слоя на одну из поверхностей сцинтиллятора. Мы показали, что наши сцинтилляционные экраны могут быть использованы для неразрушающих исследований газогидратных образцов.

Ключевые слова: Сцинтилляторы на базе CsI:Tl, прецизионная рентгеновская микроскопия, вакуумное напыление

## THIN SCINTILLATOR CsI(Tl) FILMS FOR PRECISE TOMOGRAPHY OF GAS HYDRATE SAMPLES

*Lemzyakov A.G.<sup>1</sup>, Kozыrev E.A.<sup>1</sup>, Kuper K.E.<sup>1</sup>, Popov A.S.<sup>1</sup>, Drobchik A.N.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, Russia, [lemzyakov89@gmail.com](mailto:lemzyakov89@gmail.com)

<sup>2</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

Abstract. 0.5-20  $\mu\text{m}$  thin CsI:Tl scintillation screens with high spatial resolution were prepared by the thermal deposition method. It was proposed that the spatial resolution of the prepared conversion screens can be significantly improved by deposition of a carbon layer. We present the characteristics of the scintillators in dependence on the thickness and X-ray energy spectrum. We demonstrate that our thin CsI:Tl films can be used for non-destructive examination and comparison of gas hydrate samples.

Key words: CsI:Tl, thin scintillator films, high-resolution X-ray imaging, vacuum deposition method

Сцинтилляционные экраны на основе CsI(Tl) имеют широкое распространение в экспериментах, требующих получение высокоразрешающих рентгеновских изображений [1-2]. Это первую очередь обусловлено тем, что CsI(Tl) обладает одним из самых высоких световых выходов среди известных сцинтилляторов [3]. В данной работе целью является изучение микроструктуры порового пространства гидратосодержащих образцов. В частности,

определение типа цементации гранул вмещающей породы (цементирующий, нецементирующий), оказывающего значительное влияние на акустические характеристики изучаемых образцов [4].

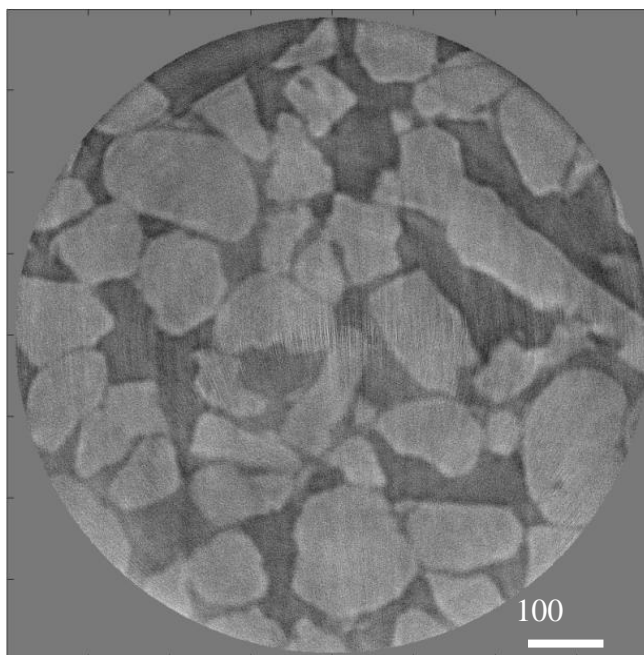
Сцинтилляционные экраны размером  $25 \times 25$  мм<sup>2</sup> изготавливались путем вакуумного осаждения CsI(Tl) на стеклянные подложки толщиной 150 мкм. Для получения однородного покрытия скорость осаждения не превышала ( $17 \pm 2$  Å/s). Концентрация Tl в сцинтилляторе была на уровне 0.08 моль/кг. Для исследования пространственного разрешения и контрастности сцинтилляционных экранов, была изготовлена серия образцов с разной толщиной покрытия от 2 до 14 мкм. Морфология полученных сцинтилляционных пленок представляла собой зернистую структуру с типичным размером кристаллитов на уровне 2-3 мкм.

Характеристики тонкопленочных сцинтилляционных экранов измерялись на канале вывода СИ «Микроскопия и томография» (ВЭПП-3, ИЯФ СО РАН). В работе использовалось монохроматическое рентгеновское излучение ( $\Delta E/E = 10^{-3}$ ) в диапазоне энергий фотонов от 7 до 35 кэВ.

Экспериментально были получены частотноконтрастные характеристики (ЧКХ) сцинтилляционных экранов с различной толщиной покрытия. Из полученных данных следует, что с увеличением толщины сцинтилляционного покрытия происходит уменьшение пространственного разрешения. Этот факт объясняется поперечным распространением света в теле сцинтиллятора, которое в основном обусловлено перерассеиванием света на границе поверхности экрана. Нанесение поглощающего свет углеродного покрытия на одну из поверхностей экрана приводит к значительному улучшению пространственного разрешения. Например, для экрана с толщиной сцинтиллятора 14 мкм образцы без углеродного покрытия имеют ЧКХ, спадающую медленнее, чем у образцов с нанесенным углеродным слоем толщиной 70 и 140 нм соответственно.

Так же было показано, что пространственное разрешение сцинтилляционных экранов практически не зависит от энергии регистрируемых рентгеновских фотонов. Это результат объясняет то, что пространственное разрешение экранов в основном определяется перерассеиванием света, а не пробегом вторичных электронов в теле сцинтиллятора.

В 2018 году была проведена модернизация томографической установки с целью улучшения пространственного разрешения до 2-3 мкм и расширение возможностей метода рентгеновской микроскопии за счет использования полихроматического излучения. Основной проблемой существующей установки было отсутствие возможности томографической съемки в полихроматическом излучении с пространственным разрешением на уровне нескольких микрон. Использование полихроматического излучения позволило повысить поток рентгеновского излучения на 4 порядка и тем самым увеличить скорость съемки и качество получаемых трехмерных изображений. Также было устранено ограничение, связанное с маленьким потоком рентгеновских фотонов в коротковолновой области спектра.



**Рисунок 1 – Восстановленное методом рентгеновской томографии распределение среды, состоящей из смеси песка с водой**

Использование полихроматического излучения позволило использовать высокоэнергетическую часть спектра, что обеспечило возможность исследования структуры крупных объектов с микронным пространственным разрешением. В частности, было выполнено томографическая съемка макета экспериментальной ячейки для наработки газогидратов. Полученное восстановленное изображение среды, состоящей из смеси песка с водой, в экспериментальной ячейке приведено на рис. 1. В дальнейшем планируется провести съемку среды, состоящей из песка с наработанным гидратом.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-32-00647.*

#### **Литература:**

1. Bates C.W. Scintillation Processes in Thin Films of CsI(Na) and CsI(Tl) used to Low Energy X-rays, Electrons and Protons, in Photo-Electronic Image Devices. Academic Press. London. New York. 1969.
2. Nagarkar V.V., Gupta T.K., Miller S.R., Klugerman Y., Squillante M.R. Structured CsI(Tl) Scintillators for X-ray Imaging Applications. IEEE Trans. Nuclear Science. 1998. V. 45. Pp. 492-496.
3. Nagarkar V.V., Tipnis S.V., Miller S.R., Gaysinskiy V.B. A Comparative Study of CsI(Tl) Screens for Macromolecular Crystallography. Proc. SPIE. 2001. Vol. 4508. Pp.15-19.
4. Waite W.F., Santamarina J.C., Cortes D.D., Dugan B., Espinoza D.N., Germaine J., Jang J., Jung J.W., Kneafsey T.J., Shin H., Soga K., Winters W.J., Yun T.S. Physical properties of hydrate-bearing sediments. Reviews of Geophysics. 2009. V. 47. RG4003, doi: 10.1029/2008RG000279

## ЭМАНАЦИЯ РАДОНА НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОДРАБОТАННЫХ УГОЛЬНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

*Лешуков Т.В.*

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

[tvleshukov@mail.ru](mailto:tvleshukov@mail.ru)

Аннотация. В работе произведен краткий обзор разработанности проблемы, связанной с эманацией радона на поверхность, в условиях структурных нарушений и горных выработок, образованных при добыче угля. Описана методика выявления зависимостей концентрации радона на поверхности Земли и частных одноэтажных строениях и наличия или отсутствия подработанных территорий под ними. Дана оценка транспортирующей способности радона в структурно-тектонических условиях Присалаирской структурно-тектонической зоне и приведены предварительные результаты измерений альфа-излучений.

Ключевые слова: эманации радона, подработанные территории, миграционная способность радона.

## EMANATION OF RADON IN THE TERRITORIES, PROCESSED BY COAL ENTERPRISES

*Leshukov T. V.*

Kemerovo State University, Kemerovo, Russian [tvleshukov@mail.ru](mailto:tvleshukov@mail.ru)

Abstract. The paper provides a brief overview of the development of the problem associated with the emanation of radon on the surface, in the conditions of structural disturbances and mine workings formed during coal mining. A technique for detecting the dependencies of radon concentration on the Earth's surface and private single-story structures and the presence or absence of underworked territories under them is described. The estimation of the transporting ability of radon in the structural-tectonic conditions of the Prissalair structural-tectonic zone is given and preliminary results of measurements of alpha radiation are given.

Key Words: emanations of radon, underworked territories, migratory ability of radon.

Концентрация радона зависит от близости расположения материнских продуктов U, Th и Ra и их изотопов [1]. Кроме того, считается, что к повышению концентрации радона и его изотопов приводит слабая циркуляция воздушных масс, насыщенности почвы водой и т.д. [2]. Основными источниками радона в помещениях является природный газ, вода, воздух, строительные материалы и грунт под зданием. Перечисленные источники являются не равнозначными, наибольший вклад оказывает грунт и его гидрологические свойства и структура [3]. Большая часть работ, посвященная измерению радиологических параметров на подработанных территориях, связана с месторождениями урана, что является актуальным по причине большой концентрации материнских для радона химических элементов [4-5]. Тем не менее, известно, что U, Th, Ra содержится во всех горных породах,

в том числе и углях [6], но при этом имеют различную концентрацию. При добыче угля может происходить образование дополнительных путей поступления радона и его изотопов, формируя повышенные фоновые концентрации радона.

Исследование повышения концентраций радона и его изотопов в отличие от фоновых концентраций в местах подработки угольными предприятиями проводилось для угольных карьеров [7], и внутри шахтных выработок [8], которые показали ухудшение радиологических параметров (увеличения концентрации радона). В целом, Кемеровская область является достаточно представительным регионом для такого рода исследований, поскольку на ее территории существует большое количество территорий, подработанных угольными предприятиями.

**Методология исследования.** Территория исследования радиологических параметров была выбрана с учетом схожести геологических, гидрогеологических и тектонических условий определенных при ранее проведенных геологосъемочных работах, до образования шахтных подработок на данных территориях, что обусловит первоначально идентичные транспортирующие свойства грунта для радона. Превышение концентрации радона будет интерпретироваться наличием полостей (горных выработок) в подземном пространстве и формированием неотектонических зон трещиноватости, возникающих в результате ведения горнодобывающих работ. На полученные карты эманаций радона будет наложена карта шахтных полей, что позволит определить их возможную связь с повышением интенсивности поступления радона на поверхность. Также на карту будут вынесены глубина залегания шахтных стволов с целью учета и данного параметра.

**Радиологические измерения.** Измерение радиологических параметров в жилых помещениях, расположенных на подработанных территориях производится методом интегральной оценки фоновой концентрации радона в воздухе с помощью угольных ловушек прибором камера-01 и гамма-излучения - радиометром СРП-68-01.

**Формирование выборок.** Группа людей, проживающих на подработанных территориях «Case». Будет произведено измерение радиологических параметров в 100 жилых помещениях, расположенных на территориях, подработанных угольными предприятиями. Группа людей, проживающих на свободных от техногенной трансформации территориях «Control». Измерение радиологических параметров в 100 жилых помещениях, расположенных вне территорий, подработанных угольными предприятиями в районе исследований.

**Краткая характеристика территории исследования.** Присалаирская зона включает площади распространения полной и гребневидной складчатости, возникающей под влиянием взаимосвязанных блоковых перемещений фундамента и тангенциальных движений с запада [9]. Все основные структуры ориентированы параллельно границе Салаира и Кузбасса. Отличительной чертой зоны является отчетливо выраженное блоковое строение, которое обусловлено серией субпараллельных взбросов с амплитудой до 2000 м, многие из которых прослеживаются по всей зоне. По мере отдаления от Салаира расстояния между этими взбросами увеличиваются и складчатость упрощается [10].

В Ленинской подзоне, преобладают широкие вытянутые брахисинклинали, разделенные узкими крупными антиклиналями, к которым приурочены крупные взбросы, являющиеся границами тектонических блоков [11]. Общая структура Ленинской подзоны морфологически близка к переходному (гребневидному) типу складчатости. В Ленинской подзоне преобладает нормальное секущая трещиноватость [12]. Амплитуда смещений

блоков от 100-130 до 1500-2000 м. Углы сместителей от 0 до 63 градусов. Зона тектонической нарушенности вдоль дизъюнктивов от 20 до 150 м. Есть и отдельные более крупные нарушения, сопровождающиеся более широкой зоной тектонической нарушенности. Все описанные выше структурно-тектонические особенности Присалаирской зоны определяют повышенную проницаемость литосферы, и могут формировать повышенную концентрацию радона на поверхности совместно с неотектоническими зонами нарушенности от введения горных работ. Были получены замеры концентрации радона в одноэтажных строениях со значениями от 530 до 700 Бк в летнее время, что характерно для зимнего времени года и слабопрветриваемых помещениях. Такое явление может вызывать повышенные риски для проживающего населения и нуждается в дальнейшем изучении.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00390 мол\_a*

#### **Литература:**

1. Bersimbaev, R.I. et al. (2015) The health effects of radon and uranium on the population of Kazakhstan. *Genes Environ.* 37:18. DOI: 10.1186/s41021-015-0019-3.
2. Shweikani, R et al. The effect of soil parameters on the radon concentration values in the environment. *Radiation measurements.* 1995;25(1-4):581-584.
3. Barros-Dios J.M. et al. Factors underlying residential radon concentration: results from Galicia, Spain. *Environ. Res.* 2007; 103:185–190.
4. Lawrence C.E. et al. Radon-222 exhalation from open ground on and around a uranium mine in the wet-dry tropics. *Journal of Environmental Radioactivity.* 2008; 100(1):1-8.
5. Martin P. et al. Use of Airborne  $\gamma$ -Ray Spectrometry for Environmental Assessment of the Rehabilitated Nabarlek Uranium Mine, Australia. *Environmental Monitoring and Assessment.* 2006; 115(1-3):531-554.
6. Singh M. et al. Study of Natural Radioactivity, Radon Exhalation Rate and Radiation Doses in Coal and Flyash Samples from Thermal Power Plants, India. *Physics Procedia.* 2015; 80:120-124.
7. Качурин, Н.М., Поздеев А.А., Стась Г.В. Выделения радона в атмосферу горных выработок угольных шахт. *Известия ТулГУ. Сер. «Науки о Земле».* 2012. Вып. 1. С. 46-56.
8. Качурин Н.М., Поздеев А.А., Стась Г.В. Радон в атмосфере угольных шахт // *Известия вузов. Горный журнал.* 2013. № 4. С. 58-64.
9. Жингель И.П. Линейная и пересекающаяся складчатости Кузнецкого бассейна в динамическом аспекте. *Геология и геофизика.* 1983. №6. С.61-66.
10. Белицкий А.А. Классификация тектонических разрывов и геометрические методы их изучения. - М.: Госгеолиздат. 1953. 68 с.
11. Любич Г.А. Исследование тектонической нарушенности угольных пластов и разработка метода прогнозирования мелкоамплитудных разрывов. Автореф. дисс. канд. геол.-минер. наук. Л., 1972. 20 с.
12. Жингель И.П. Мелкоамплитудные разрывы складчатых структур (на примере Прокопьевско-Киселевского района): Автореф. дисс. канд. геол.-минер. наук. Новосибирск. 1973. 22 с.

**ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ФЛОГОПИТА В СИСТЕМЕ  
ОРТОПИРОКСЕН-ГРАНАТ В ПРИСУТСТВИИ ФЛЮИДА H<sub>2</sub>O-KCl ПРИ 5 ГПА.**

*Лиманов Е.В., Бутвина В.Г., Сафонов О.Г.*

Институт экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского (ИЭМ  
РАН), Черноголовка, Россия.

[limanov.z@gmail.com](mailto:limanov.z@gmail.com)

Аннотация. В работе представлены предварительные результаты экспериментального исследования реакций образования флогопита в присутствии водно-солевого флюида при давлении 5 ГПа в системах пироп – энстатит, гроссуляр – пироп – энстатит, кноррингит – пироп – энстатит. Эксперименты воспроизвели некоторые характерные закономерности изменения состава граната и пироксенов в мантийных перидотитах в ходе реакций флогопитизации в ходе модального метасоматоза.

Ключевые слова: мантийный метасоматоз, флогопит, флюид, KCl.

**STUDY OF THE PHLOGOPITE-FORMING REACTIONS IN THE SYSTEM  
ORTHOPYROXEN-GARNET IN THE PRESENCE OF H<sub>2</sub>O-KCl FLUID AT 5 GPa.**

*Limanov E.V., Butvina V.G., Safonov O.G.*

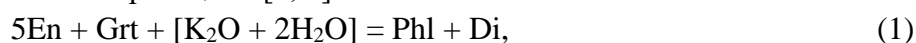
Korzhinskii Institute of Experimental Mineralogy (IEM RAS), Chernogolovka, Russia.

[limanov.z@gmail.com](mailto:limanov.z@gmail.com)

Abstract. The paper presents preliminary results of an experimental study of the reactions of phlogopite formation in the presence of an aqueous-salt fluid at a pressure of 5 GPa in the systems pyrope – enstatite, grossular – pyrope – enstatite, knorringite – pyrope – enstatite. Experiments reproduced some characteristic compositional regularities in garnet and pyroxenes in the reactions of phlogopite formation during the modal metasomatism.

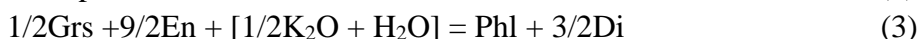
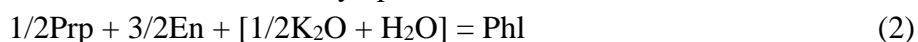
Keywords: mantle metasomatism, phlogopite, fluid, KCl.

Модальный мантийный метасоматоз – разновидность мантийного метасоматоза, в ходе которого в породах образуются минералы нетипичные для мантийных перидотитов (флогопит, амфибол, карбонаты и др.) [1, 4-6]. В качестве наиболее важных факторов мантийного метасоматоза рассматриваются активности H<sub>2</sub>O и/или CO<sub>2</sub> [6 и ссылки в этой работе]. В то же время, минералогические и геохимические данные свидетельствуют об активном участии в данном процессе K и Na. Они присутствуют в мантийных флюидах в виде растворенных солей, среди которых особую роль играют хлориды [3]. Флогопит является типичным минеральным индикатором модального мантийного метасоматоза. Его появление в мантийных породах в результате их взаимодействия с калиевыми водными флюидами объясняется реакцией [2, 3]





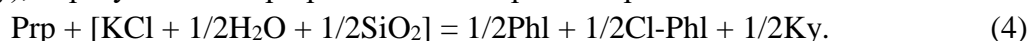
которая является комбинацией двух реакций



Щелочной компонент, взятый для наглядности в виде  $\text{K}_2\text{O}$ , в природных флюидах присутствует в виде хлоридов, карбонатов и т.д. В данной работе приведены предварительные результаты экспериментов при давлении 5 ГПа в системах пироп (Prp) – энстатит (En), гроссуляр (Grs) – пироп – энстатит и кноррингит (Knr) – пироп – энстатит в присутствии флюида  $\text{H}_2\text{O-KCl}$  с исходными  $X_{\text{KCl}} = \text{KCl} / (\text{KCl} + \text{H}_2\text{O})$  0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4. Задачей экспериментов являлось исследование закономерностей изменения состава минералов в ходе реакций флогопитизации в зависимости от содержания соли в стартовом флюиде. Стартовыми составами служили смеси силикатных компонентов (гелевые смеси),  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  и кварца. KCl вводился в расчёте на необходимые в эксперименте значения  $X_{\text{KCl}}$ .

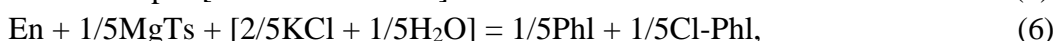
В отсутствие KCl во всех системах образуются гранат и пироксены. При  $X_{\text{KCl}} = 0.05-0.2$  в исходном флюиде среди продуктов опытов при температурах 900 и 1000°C появляется флогопит, а также закалочная фаза (Q?). В отличие от «нормального» флогопита, в закалочной фазе отмечаются избыток кремния и недостаток  $\text{K}_2\text{O}$ . Присутствие этой фазы свидетельствует о присутствии расплава в указанных системах.

При  $X_{\text{KCl}} = 0.1 - 0.2$  среди продуктов (кроме Ca-содержащей системы) присутствует кианит (Ky), образующийся при разложении пироба по реакции



Присутствие  $\text{SiO}_2$  во флюиде может быть обусловлено как изначально небольшим избытком этого компонента в стартовых смесях, так и с повышенной растворимостью  $\text{SiO}_2$  во флюиде в равновесии с  $\text{Phl} + \text{En}$  [7]. О повышенной активности  $\text{SiO}_2$  во флюиде косвенно свидетельствует отсутствие форстерита в продуктах опытов – типичного продукта инконгруэнтного растворения флогопита в водном флюиде [7].

Увеличение концентрации KCl во флюиде сопровождается последовательным исчезновением граната и ортопироксена из продуктов опытов, так что в опытах при  $X_{\text{KCl}} = 0.4$  гранат и ортопироксен редки или вообще отсутствуют, а флогопит (и клинопироксен в системе, содержащей Ca) доминирует. Полученные взаимоотношения указывают на последовательное осуществление следующих реакций



где MgTs – Mg-молекула Чермака ( $\text{MgAl}_2\text{SiO}_6$ ), а Cl-Phl – минал твердого раствора флогопита  $\text{KMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}\text{Cl}_2$ . Реакция (6) проявляется в снижении содержания Al в ортопироксене с увеличением  $X_{\text{KCl}}$  в стартовом флюиде в системах пироп-энстатит и гроссуляр-пироп-энстатит (рис.1 а). С увеличением  $X_{\text{KCl}}$  в стартовом флюиде количество флогопита увеличивается, а в нем возрастает содержание Cl, достигая в некоторых случаях значений 4.7 мас. % при  $X_{\text{KCl}} = 0.4$ .

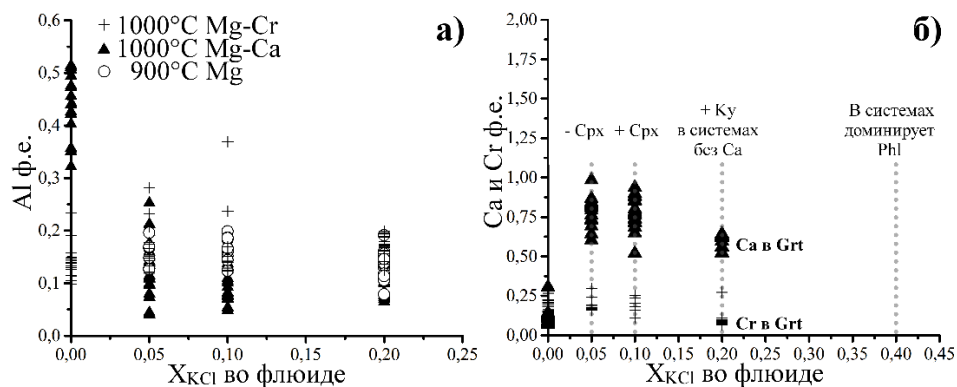


Рисунок 1 - а) зависимость содержания Al (ф.е.) в ортопироксене от содержания KCl во флюиде; б) зависимость содержания Са и Сг (ф.е.) в гранате от содержания KCl во флюиде в системах гроссуляр – пироп – энстатит и кноррингит – пироп – энстатит соответственно.

В системе Grs-Prp-En в отсутствие KCl стабильны гранат ( $X_{\text{Grs}} \sim 0.03-0.04$ ), ортопироксен и клинопироксен. При  $X_{\text{KCl}} = 0.05$  клинопироксен исчезает, что сопровождается образованием флогопитоподобной фазы и приводит к резкому увеличению  $X_{\text{Grs}}$  в гранате в среднем до 0.25 (рис.1 б). Дальнейшее увеличение концентрации KCl приводит к тому, что клинопироксен вновь появляется в ассоциации с флогопитом. Это приводит к уменьшению количества граната и снижению  $X_{\text{Grs}}$  в нем до 0.18-0.2 при  $X_{\text{KCl}} = 0.2$ . При  $X_{\text{KCl}} = 0.4$  гранат и ортопироксен отсутствуют в продуктах опытов, которые состоят из клинопироксена и флогопита, отражая реакцию (1).

В системе Kpr-Prp-En при  $X_{\text{KCl}} = 0 - 0.1$  среднее содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в гранате составляет 3.0 – 3.6 мас. %. При  $X_{\text{KCl}} = 0.2$  в системе появляется Cr-содержащий кианит (до 7 мас. %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), что приводит к уменьшению  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в гранате до 1.75 мас.%. Хромсодержащая шпинель не образуется. С увеличением  $X_{\text{KCl}}$  содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в ортопироксене увеличивается от 0.58 до 1.44 мас. %, сопровождаясь уменьшением его глиноземистости. При этом содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  сосуществующем флогопите снижается от 2.1 до 1.2 мас. %.

Эксперименты позволили воспроизвести некоторые характерные закономерности изменения состава граната и пироксенов в мантийных перидотитах в ходе реакций образования флогопита в них. Данные эффекты могут быть в дальнейшем использованы для количественной оценки вариаций активности, а, значит, и концентрации KCl в водно-солевых флюидах в процессах модалного мантийного метасоматоза.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-05-00266).

#### Литература:

1. Доусон Дж. Кимберлиты и ксенолиты в них. Москва. Мир. 1983. 300 с.
2. Сафонов О.Г., Бутвина В.Г. Взаимодействие модельного перидотита с флюидом  $\text{H}_2\text{O-KCl}$ : эксперимент при давлении 1.9 ГПа и его приложение к процессам верхнемантийного метасоматоза. Петрология. 2013. Т.21. № 6. С. 654–672.
3. Сафонов О.Г., Бутвина В.Г. Реакции – индикаторы активности K и Na в верхней мантии: природные и экспериментальные данные, термодинамическое моделирование. Геохимия. 2016. №10. С. 893–908.
4. Соболев Н.В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск. Наука. 1974. 264 с.
5. Harte B. Mantle peridotites and processes—the kimberlite sample. Continental Basalts and Mantle Xenoliths. Cheshire. Shiva. 1983. p. 46-91.
6. O'Reilly S.Y., Griffin W.L. Mantle metasomatism. Metasomatism and the chemical transformation of rock. Berlin Heidelberg Springer. 2013. p. 471-533.
7. Schneider, M. E., Eggler, D. H. Fluids in equilibrium with peridotite minerals: implications for mantle metasomatism. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1986. V. 50. №5. p. 711-724.

**ПОВЕДЕНИЕ ЛИТОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОЛЕИТОВЫХ БАЗАЛЬТАХ  
АЗОРСКОГО ПЛЮМА ПО ДАННЫМ СКВАЖИНЫ 332В (36°N)**

*Лобанова А.Ю.<sup>1,2</sup>, Сущевская Н.М.<sup>1</sup>, Мигдисова Н.А.<sup>1</sup>, Жилкина А.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН), Москва, Россия, [ambercloudberryes@gmail.com](mailto:ambercloudberryes@gmail.com)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Москва, Россия

Аннотация. В рамках работы было проведено петрохимическое исследование базальтов скважины 332b DSDP-37 Leg вблизи САХ в районе Азорского плато. Магмы сходной магнизиальности были поделены на два типа: деплетированные и обогащенные. Происхождение магм связано с плавлением перидотитовой мантии. В то же время источник плавления имел некоторое обогащение литофильными элементами, вероятно, отражая добавление к обедненной астеносферной мантии вещества из обогащенных источников, таких как обогащенная метасоматическая мантия плато Азорских островов, образовавшаяся на ранних стадиях развития САХ 40-35°N.

Ключевые слова: Азорский плюм, Срединно-Атлантический хребет, толеитовые базальты, масс-спектрометрия, ICP-MS.

**BEHAVIOR OF LITOPHILE ELEMENTS IN THOLEITIC BASALT OF THE  
AZORES PLUME IMPACT REGION: HOLE 332B (36°N) DSDP**

*Lobanova A.Y.<sup>1,2</sup>, Sushchevskaya N.M.<sup>1</sup>, Migdisova N.A.<sup>1</sup>, Zshilkina A.V.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Vernadsky Institute of Geochemistry, RAS, Moscow, Russia, [ambercloudberryes@gmail.com](mailto:ambercloudberryes@gmail.com)

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. В рамках работы было проведено петрохимическое исследование базальтов скважины 332b DSDP-37 Leg вблизи САХ в районе Азорского плато. Магмы сходной магнизиальности были поделены на два типа: деплетированные и обогащенные. Происхождение магм связано с плавлением перидотитовой мантии. В то же время источник плавления имел некоторое обогащение литофильными элементами, вероятно, отражая добавление к обедненной астеносферной мантии вещества из обогащенных источников, таких как обогащенная метасоматическая мантия плато Азорских островов, образовавшаяся на ранних стадиях развития САХ 40-35°N.

Key words: Азорский плюм, Срединно-Атлантический хребет, толеитовые базальты, масс-спектрометрия, ICP-MS.

Рифтовая провинция северной Атлантики 33-70° с.ш. к северу от Азор-Гибралтарского сочленения отличается уникальным для срединно-океанических хребтов развитием толеитового магматизма, сопряженного с большей глубиной генерации первичных расплавов, что коррелирует с рельефом дна и гравитационными аномалиями, отражая наличие более разогретой мантии под этой провинцией [2,3,5,9].

Уникальность проявления Азорского плюма заключается в увеличении степени обогащения толеитовых магм с уменьшением возраста, наиболее обогащенные толеиты развиты в современной спрединговой зоне [1]. По геолого-геофизическим данным установлено, что к югу от Азорских островов в районе V-образного фрагмента хребта присутствует аномально мощная кора (10-15 км) по сравнению с нормальной океанической корой (~7 км), что говорит о значительном влиянии горячего вещества Азорского плюма на формирование магматизма в этой зоне. [8,4,6]. С целью установления эволюции Азорского плюма и его воздействия на рифтовый магматизм Срединно-Атлантического хребта (САХ) были изучены базальты скважины 332b 37 рейса DSDP, представляющие толеитовый магматизм развитый на САХ около 10 млн. лет назад. Глубина скважины составляет более 580 метров. Основная часть скважины состоит по большей части из экстрезивных горизонтов массивных пиллоу-лав основного состава с межслойными осадками и зонами брекчий или обломков базальтов.

Геохимические особенности лав были оценены с помощью специально разработанной в ГЕОХИ РАН масс-спектрометрической методике с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS X Series 2) при параметрах анализа: мощность генератора 1400 Вт, скорость потока плазмообразующего газа (Ar) 13 л / мин, вспомогательное значение 0,95 л/мин, расход Ar через распылитель составляет 0,87 л / мин, расход образца 0,8 мл/мин. При этих установках уровень ионов CeO+/Ce+ оксида не превышает 2%, относительная доля двухзарядных ионов (Ba ++/ Ba+) не превышает 3%.

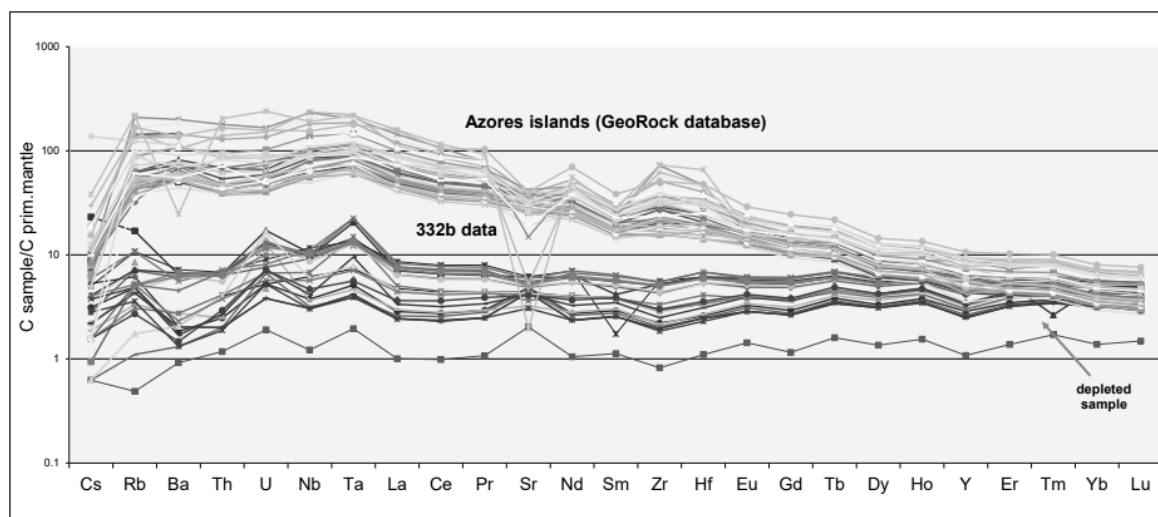
Породы разлагались в открытой системе с применением концентрированных кислот, затем образцы были проанализированы в лаборатории. В качестве внутреннего стандарта был добавлен In, также в каждой партии присутствовала пустая проба для проверки чистоты кислот и стандартный образец для сравнения (BCR-2 или BHVO-2). Относительное стандартное отклонение для всех проанализированных элементов составляло не более 0,2 для содержания элементов ниже пятикратного предела обнаружения и ниже 0,1 для содержания элементов выше пятикратного предела обнаружения.

Данные, полученные для 20 образцов, показаны на спайдерграмме нормированных значений для литофильных элементов (рис.1). Показаны нормированные значения для исследуемых образцов различной степени фракционирования.

Деплетированные образцы представляют собой плагиоклазовые порфиновые базальты с самого верхнего горизонта. Они демонстрируют наименее обогащенный характер: отношение (La/Sm)<sub>n</sub> меньше 1. Другие образцы более магнезиальны и сходны по составу с первичными магнезиальными расплавами, им свойственны слабо обогащенные спектры. Максимумы на Sr для ряда образцов, вероятно, связаны с наличием плагиоклаза в расплавах. Слабо фракционированные образцы и деплетированный образец имеют небольшую отрицательную аномалию Nb, отражающую характеристики источника плавления. Для более обогащенных образцов отмечено повышенное содержание Rb.

Петрогеохимическое исследование базальтов скважины 332b DSDP-37 Leg вблизи САХ в районе Азорского плато, поддерживает тезис, что около 3,5 млн. лет назад рифтовый магматизм в этом регионе был представлен слабо обогащенным типом MORB. Магмы

сходной магнезиальности были поделены на два типа: деплетированные и обогащенные. Происхождение магм связано с плавлением перидотитовой мантии [2]. В то же время источник плавления имел некоторое обогащение литофильными элементами, вероятно, отражая добавление к обедненной астеносферной мантии вещества из обогащенных источников, таких как обогащенная метасоматическая мантия плато Азорских островов, образовавшаяся на ранних стадиях развития САХ 40-35°N.



**Рисунок 1 – Микроэлементы, нормированные к примитивной мантии [7] для измеренных образцов и данных для Азорских островов из GeoRock database.**

#### Литература:

1. The Shipboard Scientific Party, Deep Sea Drilling Project Initial Reports, 1977, V. 37, SITE 332.
2. Dmitriev L. V., A. V. Sobolev, N. M. Suschevskaya, and S. A. Zapunny: Abyssal glasses, petrologic mapping of the oceanic floor and “geochemical Leg” 82. 1985. In: Bougault, H; Cande, SC; et al. (eds.), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Washington (U.S. Govt. Printing Office), 82, pp. 509-518.
3. Dosso, L., H. Bougault, C. Langmuir, C. Bollinger, O. Bonnier, and J. Etoubleau. The age and distribution of mantle heterogeneity along the Mid-Atlantic Ridge (31–41°N). *Earth Planet. Sci. Lett.* 1999, 170, pp. 269–286.
4. Gente P., Dymant J., Maia M., Goslin J. Interaction between the Mid-Atlantic Ridge and the Azores hot spot during the last 85 Myr: Emplacement and rifting of the hot spot derived plateaus. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 2003, V.4. №10. pp. 1–23.
5. Klein E.M., Langmuir C.H. Global correlations of ocean ridge basalt chemistry with axial depth and crustal thickness *J. Geophys. Res.* 1987. Vol. 92. № B4. P. 8089–8115.
6. Madeira, J. & Ribeiro, A. Geodynamic models for Azores triple junction: A contribution for tectonics. *Tectonophysics* 1990. V.184, pp. 405 – 415.
7. McDonough W.F., S.-S. Sun The composition of the Earth *Chemical Geology*. 1995. Volume 120, Issues 3–4, 1, pp. 223-253.
8. Schilling J.-G. Azores mantle blob: Rare-Earth evidence *Earth Planetary Sci. Lett.* 1975 V. 25. pp. 103-115
9. Суцневская Н.М., Б.В. Беляцкий, Д.А. Ткачева, Г.Л. Лейченков, Д. В. Кузьмин, А. В. Жилкина. Раннемеловой щелочной магматизм восточной Антарктиды (специфика, условия формирования, взаимосвязь с плюмом Кергелен) *Геохимия* 2018, №11.

**АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ  
НАМЫВНЫХ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ 203 МИКРОРАЙОНА г. ЯКУТСКА**

*Лобанов А.Л., Литовко А.В.*

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия  
[art2356-1991@yandex.ru](mailto:art2356-1991@yandex.ru)

Аннотация: в данной работе изложены результаты исследования физических свойств и температурного режима грунтов 203 микрорайона г. Якутска, изученные сотрудниками Института мерзлотоведения СО РАН за период 2014-2016.

Ключевые слова: 203 микрорайон, намывные грунты, физические свойства грунтов, температура грунтов.

**ANALYSIS OF PHYSICAL PROPERTIES AND TEMPERATURE MODE OF  
ALLUVIAL SOILS IN THE TERRITORY OF 203 MICRODISTRICTS OF YAKUTSK**

*Lobanov A.L., Litovko A.V.*

Melnikov Permafrost Institute of SB RAS, Yakutsk, Russia, [art2356-1991@yandex.ru](mailto:art2356-1991@yandex.ru)

Abstract. The article presents results of investigations of physical properties and temperature conditions of sediments in 203 microdistricts of Yakutsk. The work was conducted by staff of the Melnikov Permafrost Institute of the SB RAS for the period 2014-2016.

Key words: 203 microdistrict, alluvial sediments, physical properties of sediments, ground temperature.

Подготовленная гидронамывом площадка 203 квартала г. Якутска располагается в восточной части города, на берегу городской протоки. С севера площадка квартала примыкает к застроенному 202 мкр., на западе она ограничена ул. Хабарова (через водопропускной канал), и с юга площадка отделена от Зеленого луга ограждающей дамбой [1].

До намыва рассматриваемая территория представляла собой участки береговой отмели, низкую и высокую пойму с абс. отметками поверхности соответственно 84-87м, 87-90м и 90-93,5м. В процессе намыва грунта из городской протоки сформировался типичный техногенный рельеф, с понижениями и возвышенностями, с формированием на отдельных участках небольшой растительности [2].

Территория 203 квартала расположена в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых горных пород мощностью от 240 до 310м. глубокие надмерзлотные, возможно, и сквозные гидрогенные талики, мощностью до 6-8 м. причем наиболее глубокие талики приурочены к крупным старичным озерам.

Таким образом, на территории 203 квартал к началу массовой застройки уже сформировалась весьма сложные по пространственно-глубинному залеганию и находящиеся в неустойчивом термовлажностном состоянии геокриологические условия.

Преобразования дисперсного состава грунтов активно протекает по всей глубине толщи намывных песков. В слое суточных колебаний температур и в слое годовых колебаний температур - толща наиболее однородна, по сравнению со слоем сезонных колебаний температур.

По результатам исследований образцов полученных при бурении скважин на территории 203 квартала в 2014 году, автором были построены графики неоднородности гранулометрического состава, по которым определен коэффициент неоднородности, в слое суточных изменений температур колеблется от 8,9 до 2,7; в слое сезонных колебаний температур соответственно 10,7; 7,2, в слое годовых колебаний температур соответственно 4,1; 2,7. Полученные результаты, косвенно показывают на увеличение плотности грунта с глубиной.

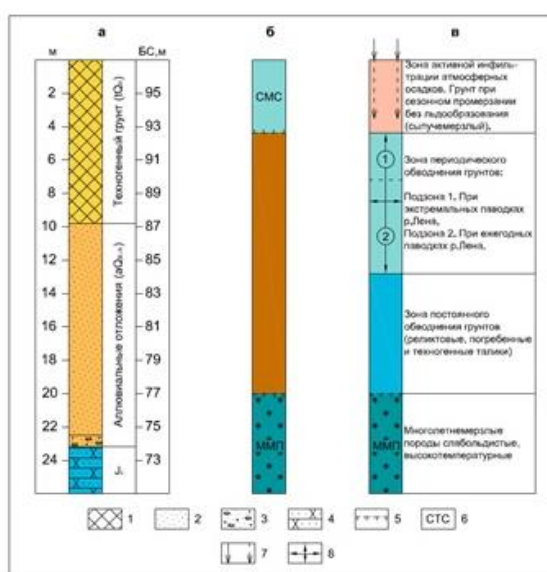


Рисунок 1 - Сводный геологический (а), геокриологический (б) и мерзлотно-гидрогеологический разрез 203 квартала г. Якутска перед застройкой (по состоянию на 2013 г.).

**1-техногенный (намывной и насыпной) грунт: песок р./зернистый с вкл. гравия, гальки и др. (Q<sub>4</sub>); 2-аллювиальные и пойменные отложения: песок р./зернистый с прослоями супеси (Q<sub>3-4</sub>); 3-гравийно-галечниковый грунт с песком кр./зернистым (Q<sub>3</sub>); 4-алевролиты, песчаники и аргиллиты разрушенные до состояния суглинка, песка, щебня (J<sub>2</sub>); 5-граница многолетнемерзлых пород (ММП); 6-сезонно-мерзлый слой (СМС); 7-жидкие атмосферные осадки и их инфильтрация; 7-знак подъема-снижения уровня и движения грунтовых вод.**

Толща намывных грунтов преимущественно сложена песками средней и мелкой крупности (рис. 1), с коэффициентами пористости в плотном сложении, изменяющимся в диапазоне от 0,46 до 0,57, в рыхлом - от 0,99 до 0,73 д. ед, плотность скелета соответственно 1,72-1,82 и 1,39-1,55. Значения коэффициентов фильтрации, полученные для песков плотного сложения, изменяются от 4,09 (глубина отбора образца 1 м) до 0,07 (глубина отбора 8,1 м). Таким образом, предварительные результаты оценки влияния криогенного выветривания на изменения свойств намывных грунтов показывают, что с глубиной плотность грунтов увеличивается и их свойства становятся более однородными, в результате чего значения коэффициента фильтрации, уменьшаются более чем на порядок.

Отсюда следует, что строительные свойства грунтов продолжают медленно изменяться в сторону улучшения их строительных свойств.

Температура грунтов на глубине 20 м изменяется в пределах минус 0,2-0,3 °С. По динамике температурного режима грунтов в годовом цикле в исследованном разрезе выделяются: слой сезонного промерзания (ССП), талая толща, многолетнемерзлая толща (ММТ).

Среднегодовые температуры подошвы нижней границы сезонномерзлых грунтов, которая стабилизировалась на глубине 4-5 м., колеблются в пределах положительных значений от 0,3 до 0,4 °С, что указывает на наличие условий для дальнейшей деградации многолетнемерзлых толщ и об отсутствии положительных факторов для понижения температуры вечномерзлых грунтов, диапазон температур которых варьируется практически в тех же диапазонах что и на подошве нижней границы сезонномерзлых грунтов, но с отрицательными значениями.

Наблюдения за изменением температур оснований зданий и сооружений выполнялось в период, когда состояние грунтов находилось в экстремальных геотемпературных условиях. В марте заканчивается период охлаждения толщи грунтов в слое годовых колебаний температур, в ноябре заканчивается период ее нагревания. Результаты мониторинговых наблюдений сведены в таблицы, по которым построены зависимости изменения температуры грунтов с глубиной в различные периоды наблюдений. Температурный мониторинг грунтов оснований зданий и сооружений 203 мкр., был выполнен в момент нахождения грунтов в экстремальных геотемпературных условиях.

Анализ представленных результатов показывает, что температура грунтов с глубиной повышается, но не столь интенсивно, как это было ранее. Однако тенденция к их повышению в сторону положительных значений не изменяется. В то же время следует отметить тот факт, что в сравнении с предыдущим периодом наблюдений (2014 г) кинетика их изменений, на наш взгляд существенно затухает на глубинах 11-13 м, что, по-видимому, соответствует глубине затухания напряжений в активной зоне оснований. Причем это характерно практически для всех зданий, в основании которых была измерена температура. Если эта тенденция сохранится, то с уверенностью можно сказать о том, что нижележащая толща многолетнемерзлых пород сохранится в том же состоянии, в котором была в период изысканий, выполненных ЯкутПНИИС.

#### **Литература:**

1. Роман Л. Г. Обеспечение надёжности строительства на намывных грунтах в криолитозоне (на примере Якутии) / Л. Г. Роман [и др.]. Криосфера Земли. 1998. Т. II. № 4. С. 72–81.
2. Шепелёв В. В. Анализ изменений гидрогеологических условий оснований зданий и сооружений на территории 202 микрорайона г. Якутска / В. В. Шепелёв [и др.]. Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН. 2005. 45 с.
3. Роман Л. Т. Строительство на намывных грунтах в криолитозоне / Л. Т. Роман [и др.]. М. 2008. 323 с.



## АНАЛИЗ ИНФОРМАТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

*Логинов Г.Н.<sup>1,2</sup>, Плотницкий П.С.<sup>1,2</sup>, Грубась С.И.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[loginovgeorgy@gmail.com](mailto:loginovgeorgy@gmail.com)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Микросейсмический мониторинг используется для наблюдения за слабой сейсмичностью, вызванной техногенными или природными процессами в Земле. Обработка данных мониторинга позволяет изучить механизмы и динамику этих процессов. Работа посвящена определению информативности различных конфигураций поверхностных систем наблюдения микросейсмического мониторинга, путем анализа операторов инверсии зарегистрированного волнового поля. В работе показано влияние геометрии системы наблюдений на устойчивость и разрешимость процедуры восстановления механизма сейсмического источника путем инверсии амплитуд.

Ключевые слова: микросейсмический мониторинг, сейсмическая инверсия, тензор сейсмического момента

## RESOLVABILITY ANALYSIS OF VARIOUS CONFIGURATIONS OF SEISMIC MONITORING ACQUISITIONS

*Loginov G.N.<sup>1,2</sup>, Plotnitsky P.S.<sup>1,2</sup>, Grubas S.I.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia,

[loginovgeorgy@gmail.com](mailto:loginovgeorgy@gmail.com)

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia,

Abstract. Microseismic monitoring is used to control the weak seismicity caused by technological or natural processes in the Earth. The monitoring data processing allows to study the mechanisms and dynamics of these processes. The paper is to determine the resolvability of various configurations of surface microseismic monitoring acquisitions, through the analysis of the inversion operators of the recorded wavefield. The paper shows the influence of the geometry of the acquisition on the resolvability of the procedure for restoring the mechanism of a seismic source by inverting amplitudes.

Key words: microseismic monitoring, seismic inversion, seismic moment tensor

Микросейсмический мониторинг является разделом пассивного сейсмического мониторинга и направлен на изучение слабой (с магнитудой от -3 до -1 [1]) техногенной и естественной сейсмичности. Этот метод может быть использован для изучения сейсмически активных регионов, зданий и сооружений, месторождений углеводородов, отдельных технологических операций в ходе добычи месторождений твердых полезных

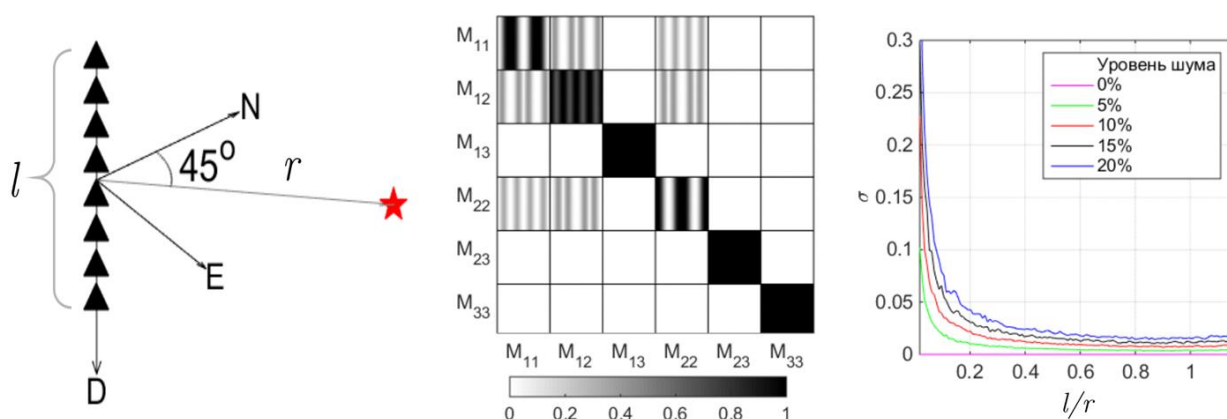
ископаемых, с целью обеспечения безопасности проведения горных работ. Результатом обработки данных мониторинга является определение положения, динамики возникновения и механизмов гипоцентров микросейсмических событий. Считается, что данная технология позволяет получать информацию о параметрах сейсмических процессов, возникающих в ходе изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

Разнообразие решаемых задач порождает большое количество используемых систем наблюдения. Для которых характерно наличие большого числа сейсмоприемников (от нескольких десятков, до нескольких тысяч). Сеть сейсмоприемников распределяется таким образом, чтобы обеспечить максимальное покрытие площади над исследуемой областью. Площадь на которой распределяются сейсмоприемники может достигать нескольких квадратных километров. Отметим также, что для поверхностной системы наблюдений характерно использование однокомпонентных сейсмоприемников. Тогда как в скважинных и заглубленных системах используются трехкомпонентные датчики. Для обработки данных поверхностных систем наблюдения, характеризующихся низким соотношением сигнал-помеха, часто используются методы миграционного типа (когерентное суммирование [1]). В то время как для скважинных систем с высоким соотношением сигнал-помеха чаще используются методы полуавтоматического выделения времен вступлений и амплитуд целевых волн с последующей их инверсией [2].

*Методы.* Для анализа информативности различных конфигураций систем наблюдений предлагается провести анализ разрешающей способности и устойчивости решения, следуя подходу из [3]. Под разрешающей способностью понимается возможность восстановить полный тензор моментов. Оценить разрешимость отдельных компонентов тензора моментов можно путем анализа диагональных компонент псевдообратного оператора, которые отражают наличие линейной зависимости между компонентами тензора моментов. В том случае, если псевдообратный оператор будет являться единичной матрицей, тогда компоненты линейной системы являются независимыми, т.е. тензор моментов может быть восстановлен полностью. В противном случае, предоставляют информацию о разрешимости отдельных компонентов тензора моментов. Для анализа устойчивости проводится многократное решение системы линейных уравнения для разного уровня случайный шума в исходных данных. Для этого выполняется порядка 100 итераций расчета амплитуд с добавлением случайного шум и выполняется инверсия данных. Для каждой итерации инверсии вычисляется среднеквадратичное отклонение восстановленного тензора момента.

*Эксперименты.* Рассмотрим анализ разрешающей способности скважинной системы наблюдений, включающей только одну сейсмическую косу из 8 сейсмоприемников с шагом 30 м. Пусть глубина расположения гипоцентра события совпадает с центром косы (рис. 1, слева: черные треугольники – сейсмоприемники, красна звезда – источник). На рис. 1 в центре изображение разбито на квадраты, где в каждом представлено изменение компонент псевдообратного оператора в зависимости от расстояния (по вертикали) и азимута (по горизонтали). Рисунок демонстрирует что расстояние (изменение по вертикали) явным образом не влияет на результат информативности системы наблюдений, однако в зависимости от направления, разрешимость компонент изменяется сильно. Для данного эксперимента представим анализ устойчивости решения. Зафиксируем источник по азимуту  $45^\circ$  к наблюдательной скважине и на расстоянии 300 м. На рис. 1 справа представлены графики среднеквадратичной ошибки восстановления тензора моментов по

результатам 100 реализаций инверсии с шумом в 5%, 10%, 15% и 20%. По горизонтальной оси на рис. 1 справа отложено отношение длины косы  $l$  к расстоянию  $r$  до гипоцентра источника. Из рис. 1 видно, что вне зависимости от уровня шума величина ошибки экспоненциально уменьшается с увеличением отношения  $l/r$ . Также видно, что ошибка имеет постоянное значение начиная с 0,4 отношения  $l/r$ . При этом, постоянное значение пропорционально уровню шума. Отметим что ошибка величиной не более 5% достигается только при условии, что длина косы не менее чем 0,2 расстояния от нее до гипоцентра источника при уровне шума в 20%.



**Рисунок 1 – Слева - схема эксперимента по анализу устойчивости восстановления тензора моментов для скважинной системы наблюдений (черные треугольники –скважинные сейсмоприемники, красная звезда – гипоцентр источника); в центре – анализ разрешающей способности скважинной системы наблюдений; справа – графики ошибки определения тензора моментов для разных уровней шума.**

*Заключение.* По результатам исследования информативности различных систем наблюдения для задачи определения механизмов событий было показано, что: скважинная, в отличие от наземной системы наблюдения, не позволяет полностью восстановить механизм события; если апертура как к поверхностной, так и скважинной системы не короче чем  $1/5$  расстояния от центра косы до гипоцентра события, то ошибка определения механизма составит не более 5% (в случае 20% шума); комбинированные системы наблюдений позволяют как определить все компоненты тензора моментов, так и использовать довольно ограниченные апертуры сейсмических кос. Представленные в данной работе результаты актуальны в том числе и для задачи оптимизации систем наблюдения для качественного определения механизмов событий.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-35-00412*

#### Литература:

1. Duncan, P. M. Is there a future for passive seismic? First Break. 2005. Т. 23 № 6.
2. Hirabayashi, N. Real-time event location using model-based estimation of arrival times and back azimuths of seismic phases. Geophysics. 2016. Т. 81. № 2. pp. KS25–KS40.
3. Rodriguez I. V., Gu Y. J., и Sacchi, M. D. Resolution of seismic-moment tensor inversions from a single array of receivers. Bulletin of the Seismological Society of America. 2010. Т. 101. № 6: p. 2634–2642.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗРЕЛОСТИ НЕФТИ ПО ИЗОТОПНОМУ СОСТАВУ УГЛЕРОДА МЕТАНА.

*Магомедов Ш.А., Маммаев О.А., Маммаев Б.О.*

Институт проблем геотермии ДНЦ РАН, г. Махачкала.

[o\\_mammaev@rambler.ru](mailto:o_mammaev@rambler.ru)

Аннотация. Метан нефтегазовых месторождений сильно отличается по изотопному составу углерода. Изотопный состав углерода метана зависит от генезиса исходного органического вещества (морское или не морское), от степени зрелости, от глубины залегания ОВ, от типа разложения ОВ (биохимическое или термокаталитическое) и т.д. По изотопному составу углерода метана можно дать оценку степени зрелости нефти.

Ключевые слова: метан, нефть, газ, изотопы углерода и т.д.

## DEFINITION OF DEGREE OF THE MATURITY OF OIL ON ISOTOPE COMPOSITION OF CARBON OF METHANE.

*Magomedov Sh.A., Mammaev O.A., Mammaev B.O.*

Institute of problems of a geothermics of the Dagestan Scientific Center of RAS, Makhachkala.

[o\\_mammaev@rambler.ru](mailto:o_mammaev@rambler.ru)

Abstract. Methane of oil and gas fields strongly differs in isotope composition of carbon. The isotope composition of carbon of methane depends on genesis of initial organic substance (sea or not sea), on maturity degree, on a depth of organic substance, on type of decomposition of organic substance (biochemical or thermocatalytic), etc. On isotope composition of carbon of methane it is possible to give an assessment to oil maturity degree.

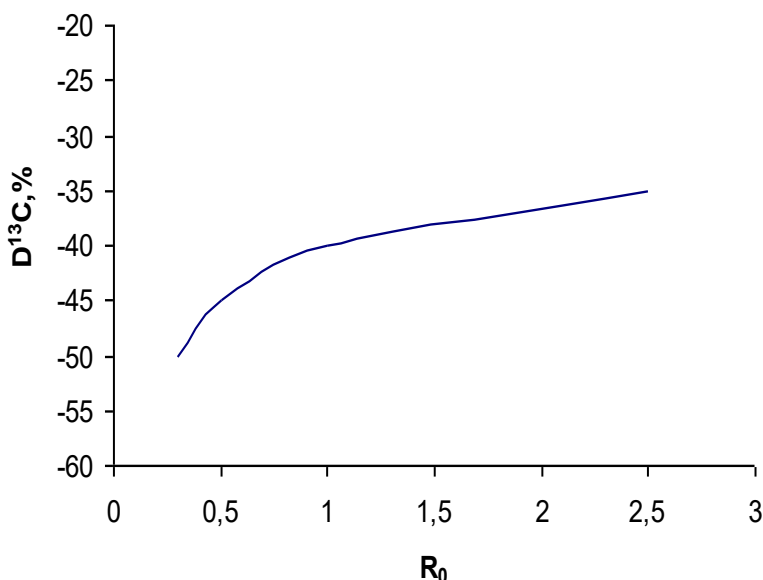
Keywords: methane, oil, gas, carbon isotopes, etc.

В осадочных карбонатных породах содержится около 70% общего количества углерода земной коры. Остальные 27% углерода находятся в основном в форме горючих ископаемых и рассеянного атмосферного углерода в осадочных породах. В атмосфере, гидросфере и биосфере содержатся менее 0,2% общего количества углерода коры. Значения  $\delta^{13}\text{C}$  углерода карбонатных пород близки к 0‰, а биогенного углерода

-25‰. Используя эти значения, определили, что среднее значение  $\delta^{13}\text{C}$  для углерода земной коры составляет -7,0‰. Мантийный углерод тоже должен иметь такой же изотопный состав.

Известно, что фракционирование изотопов углерода в основном происходит в процессе возникновения и созревания органического вещества (ОВ). Процесс созревания керогена сопровождается систематическими изменениями химических и оптических свойств ОВ. Коэффициент отражения витринита  $R_0$  варьирует от  $R_0 = 0,3\%$  в незрелом ОВ до  $R_0 \geq 3\%$  в перезрелом керогене, что видно по рис.1. Помимо этого, в ходе созревания

происходит изотопное фракционирование с обогащением тяжелым изотопом, которое вызвано различием энергии связи пар:  $C^{13} - C^{12}$  и  $C^{12} - C^{12}$ . Метан, образованный из ОВ под влиянием температуры, обогащен  $C^{12}$  по сравнению с исходным материалом, поскольку для разрыва связей  $C^{12} - C^{12}$  требуется меньшая энергия. Органическое вещество и возникающие углеводородные компоненты в процессе созревания керогена обогащаются тяжелым изотопом углерода. Эти изотопные сдвиги, обусловленные созреванием, в керогене и нефти часто замаскированы, но отчетливо выявляются в природных скоплениях метана.



**Рисунок 1 - Зависимость изотопного состава углерода метана сопропелового ОВ от коэффициента отражения витринита.**

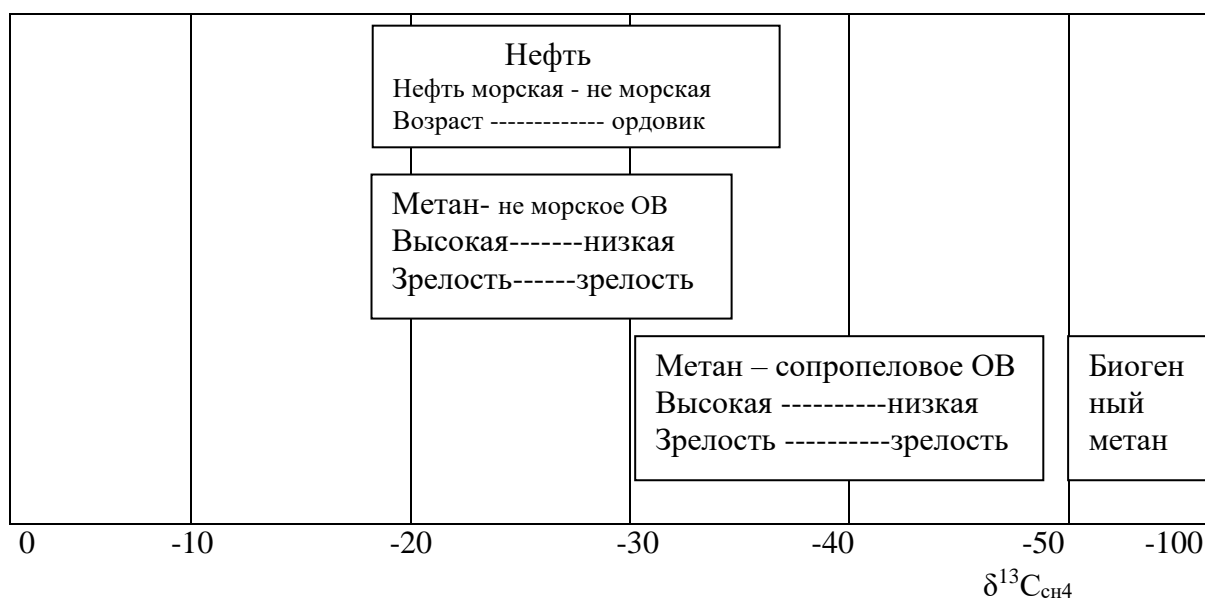
Изотопные отношения углерода в метане варьируют в диапазоне 80‰, и их величина определяется следующими моментами: 1) механизмом возникновения (биогенное или термальное); 2) общим типом исходного органического вещества, подвергающегося термальным изменениям; 3) степенью зрелости исходного органического вещества.

Для большинства сырых нефтей характерен диапазон значений  $\delta^{13}C$  от -34 до -18‰.

Поскольку существует определенная связь изотопного состава углерода в нефти и керогене, то это позволяет различить нефти морского и неморского генезиса. Метан морских осадков, однако, обогащен изотопом  $^{12}C$  по сравнению с «сухопутным» метаном. Изменения изотопного состава углерода метана различных генетических типов показаны на рис.2. Термокаталитические газы морских отложений характеризуются примерным диапазоном значений  $\delta C$  от -50‰ (низкая степень зрелости) до -30‰ (перезрелые исходные породы).

Считается, что значительное обеднение газов изотопом  $^{13}C$  типично для формирования бактериальных газов ( $\delta C^{13}$  варьирует от -55 до -100‰).

Газы плиоцен – миоценовых отложений характеризуются сильно облегченным изотопным составом углерода и кислорода. Метан этих отложений биогенного генезиса, который характеризуется сильно облегченным изотопным составом по  $^{13}C$ .



**Рисунок 2 - Вариация изотопного состава углерода метана различных генетических типов.**

Углерод метана мезозойских отложений характеризуется относительно тяжелым изотопным составом ( $\delta^{13}\text{C} = -20 \text{ -} -50\text{‰}$ ) и соответствует газам глубинного термокаталитического преобразования органического вещества

В интервале глубины от 0 до 500 м., где встречается метан, предельно обогащенный легким изотопом, результаты анализов  $\text{C}^{13}$  природных образцов ложатся на теоретическую кривую. Обогащение метана изотопом  $\text{C}^{12}$  в этой зоне можно рассматривать как результат действия системы  $\text{CO}_2 \text{ — CH}_4$ , углеродный обмен который осуществляется бактериями. Изотопные данные показывают, что мощность биохимической зоны генерации метана значительно больше и микробиологические процессы происходят до глубины 300- 500 м.

Ниже биохимической зоны находится зона каталитической генерации метана. Механизм изотопного обмена в системе  $\text{CO}_2 \text{ — CH}_4$ , здесь отключается, так как температуры еще слишком низки для действия неорганической системы  $\text{CO}_2 \text{ — CH}_4$ , а бактериальная деятельность практически отсутствует

Третья область распространения газов — зона термального метаморфизма и вулканизма. При температурах порядка  $200^\circ\text{C}$  и выше создаются условия для установления равновесия изотопного обмена в неорганической системе  $\text{CO}_2 \text{ — CH}_4$ . Метан чаще всего характеризуется изотопным составом в пределах от -20 до -29‰. В наиболее глубоких слоях земной коры, где господствуют температуры  $600 \text{ -} 800^\circ\text{C}$  и выше разделение изотопов незначительно и углерод присутствующих здесь газов прямо наследует изотопный состав исходного углерода.

Исследованные нами изотопные вариации углерода метана  $\delta^{13}\text{C}$  газов термальных вод нефтегазовых месторождений Прикумской зоны Восточного Предкавказья показали, что газы плиоцен – миоценовых отложений характеризуются облегченным изотопным составом углерода ( $\delta^{13}\text{C} = -61 \div -90\text{‰}$ ), т.е. биогенного генезиса, а углерод метана мезозойских отложений характеризуется относительно тяжелым изотопным составом ( $\delta^{13}\text{C} = -20 \div -47\text{‰}$ ), что соответствует газам глубинного термокаталитического преобразования ОВ.

**SR-ИЗОТОПНАЯ ХЕМОСТРАТИГРАФИЯ ПОЗДНЕДОКЕМБРИЙСКИХ  
КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТУРУХАНСКОГО ПОДНЯТИЯ**

*Максимова А.А., Вишневская И.А.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[maksimova@igm.nsc.ru](mailto:maksimova@igm.nsc.ru)

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ),  
Новосибирск, Россия

Аннотация. В результате комплексного подхода к изучению карбонатных пород Туруханского поднятия были выявлены наименее измененные образцы. Первичный изотопный состав Sr этих пород варьирует в узком интервале значений от 0.70520 до 0.70634. Сопоставление полученных данных с кривой вариаций отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  показывает, что породы свиты Линок, шорихинской и нижнетунгусской свиты накапливались в позднем рифее в интервале 810-1010 млн лет.

Ключевые слова: хемотратиграфия, стронций, карбонатные породы, рифей.

**SR-ISOTOPE CHEMOSTRATIGRAPHY OF PRECAMBRIAN CARBONATE ROCK  
OF TURUKHANSK UPLIFT**

*Maksimova A.A., Vishnevskaya I.A.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

[maksimova@igm.nsc.ru](mailto:maksimova@igm.nsc.ru)

Novosibirsk National Research University (NSU), Novosibirsk, Russia

Abstract. The least modified samples were identified as a result of an integrated approach to the study of carbonate rocks of the Turukhansk uplift. The primary isotope composition of Sr of these rocks varies within a narrow range of values from 0.70520 to 0.70634. Comparison of the received data with the curve of variation ratio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  show, that rock Linok, Shorikha and Nizhnaya Tungusska formations accumulated in the Late Riphean in the interval 1010 – 810 million years.

Key words: chemostratigraphy, strontium, carbonate rocks, Riphean.

В нижнем течении реки Нижняя Тунгуска (Туруханское поднятие) вскрываются отложения Сибирской платформы с рифея по кембрий. Сводный разрез представлен переслаиванием мощных (до 400 м) пачек доломитов с известняками, песчаниками и аргиллитами. В разрезе были изучены следующие свиты рифея: Линок, деревнинская, нижнетунгуская, шорихинская, дурномысская, а также платоновская свита венда. Однако временной интервал седиментации этих пород до сих пор не уточнен.

Одним из действенных способов определения времени седиментации древних осадочных последовательностей является метод Sr-изотопной стратиграфии для карбонатных пород. Он опирается на изучение вековых вариаций изотопного состава Sr в

воде палеоокеанов. Он базируется на следующих принципах: (1) Отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  единообразно во всем объеме Мирового океана и окраинных морей в каждый заданный момент геологического времени; (2) Систематические вариации изотопного состава стронция в морской воде вызваны изменением баланса между континентальным (несущие высокие значения отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) и мантийным (несущие низкие значения отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) потоками вещества; (3) Реконструкция величин отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в палеоокеанах возможна путем анализа кальцийсодержащих минералов (главным образом, карбонатов), осаждавшихся непосредственно в морской воде и включивших в свой состав стронций в изотопном равновесии со средой седиментации [1]. Сопоставление полученных кривых вариаций изотопного состава стронция для геохронологически непривязанных разрезов с данными, опубликованными по типовым, датированным разрезам других территорий, позволяют установить временной интервал седиментации изучаемых отложений.

Реконструкция изотопного состава Sr в протерозойских океанах возможна при исследовании осадочных карбонатных образцов, удовлетворяющих геохимическим критериям сохранности Rb-Sr систем и прошедших процедуру селективного растворения для частичного удаления вторичных карбонатных фаз. Для изучения осадочных карбонатов в рамках Sr-изотопной хемотратиграфии применяется комплекс методов [2, 3]:

Петрографическое исследование, которое позволяет на микроуровне исключить образцы, подвергшиеся вторичным преобразованиям. Из дальнейших исследований удаляются образцы с вторичными прожилками, гидроксидами и оксидами Fe и Mn, аутигенным пиритом и с другими признаками постдиагенетических преобразований.

Геохимические критерии, по которым можно определить наименее измененные породы:

*для известняков:*

$$\text{Mn/Sr} < 0.2$$

$$\text{Fe/Sr} < 5.0$$

$$\text{Mg/Ca} < 0.024$$

*для доломитов:*

$$\text{Mn/Sr} < 1.2$$

$$\text{Fe/Sr} < 3.0$$

$$\text{Mg/Ca} < 0.608.$$

В ходе петрографических исследований было установлено, что свита Линок сложена мелкозернистым известняком, шорихинская – разномзернистыми полосчатыми известняками, нижнетунгусская – среднезернистыми известняками с иногда встречающейся брекчиевой структурой – обломки зерен плохо окатанные, в основном, прямоугольные, размером от 0.08 мм до 0.44 мм.

Содержания Ca, Mg, Mn, Fe и Sr в карбонатной вытяжке были определены методом атомно-абсорбционного спектрометрического анализа на приборе Thermo Scientific SOLAAR AA Spectrometer (ЦКП МИИ СО РАН, Новосибирск). Соотношения этих элементов позволяют судить о степени постседиментационных преобразований. Было установлено, что свита Линок сложена известняками (Mg/Ca 0.02), доля терригенной примеси составляет 2-10%, содержание Fe варьирует от 280 мкг/г до 1200 мкг/г, Mn 30 – 60 мкг/г, Sr 130 – 430 мкг/г; шорихинская свита представлена доломитами (Mg/Ca 0.60) с терригенной примесью около 8.2%, содержание Fe 20 – 630 мкг/г, Mn около 80 мкг/г, Sr 20 – 50 мкг/г; платоновская свита сложена доломитами и строматолитовыми доломитами



(Mg/Ca 0.58), терригенная примесь составляет 3.8%, содержание Fe 290 – 7440 мкг/г, Mn 50 – 3910 мкг/г, Sr 10 – 800 мкг/г. Таким образом были отобраны образцы следующих свит: 12 проб свиты Линок, 6 – шорихинской, 9 – платоновской, 3 – нижнетунгусской.

Изотопный состав хроматографически выделенных Rb и Sr измерялся на многоколлекторном масс-спектрометре МИ1201АТ, в двухленточном режиме (ЦКП МИИ СО РАН, Новосибирск), изотопные отношения стронция измеряли на термоионизационном масс-спектрометре TritonPlus (ЦКП «Геоаналитик», Екатеринбург) в одноленточном режиме с использованием Та-эммитера. Правильность определения изотопных отношений Sr контролировалось параллельным измерением в каждой серии образцов изотопного стандарта SRM-987 с изотопным составом Sr  $0.710255 \pm 0.000007$  ( $2\sigma$ ,  $n=18$ ). Первичный изотопный состав Sr карбонатных пород свиты Линок варьирует в интервале 0.70564 – 0.70568, шорихинской свиты 0.70598 – 0.70603, платоновской – 0.70566 – 0.70634, нижнетунгусской 0.70520 – 0.70522.

Сопоставление полученных изотопных данных с кривой вариаций отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в позднедокембрийском океане [4] указывает на то, что эти породы формировались в позднем рифее с 1010 - 800 млн лет назад.

В ходе работы было установлено, что в изученном разрезе нет платоновской свиты, а отложения, относящиеся к данной свите на Геологической карте 1:1 000 000 [5], являются породами нижнетунгусской свиты. В результате изотопно-геохимических исследований получены отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , которые варьируют в диапазоне от 0.70520 до 0.70634. Время образования данных отложений находится в диапазоне 1010 - 800 млн лет, дополнительные изотопные исследования (например, изучение распределения  $\delta^{13}\text{C}$ ) позволят уточнить этот интервал.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ №16-17-10076.*

#### **Литература:**

1. Banner J.L. Radiogenic isotopes: systematics and applications to earth surface processes and chemical stratigraphy. Earth-Science Reviews. 2004, 65, pp. 141–194
2. Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Горохов И.М. Изотопный состав Sr в водах мирового океана, окраинных и внутренних морях: возможности и ограничения Sr-изотопной хемотратиграфии. Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2012. т. 20. №6. с.3-19
3. Li D., Shields-Zhou G.A., Ling H.-F., Thirlwall M. Dissolution methods for strontium isotope stratigraphy: Guidelines for the use of bulk carbonate and phosphorite rocks. Chemical Geology, 2011. V. 290. pp. 133–144
4. Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Горохов И.М. Возможности стронциевой изотопной хемотратиграфии в решении проблем стратиграфии верхнего протерозоя (рифей и венда). Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014. Т. 22. № 6. с. 3-25
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000. Лист Q-44,45, 1996.

**САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО ЭПИТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
ДАЛЬНЕЕ (СЕВЕРНОЕ ПРИОХОТЬЕ)**

*Махшаков А.С., Кравцова Р.Г., Павлова Л.А.*

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия,  
[artem\\_m@mail.ru](mailto:artem_m@mail.ru)

Аннотация. Проведено изучение типоморфизма и типохимизма самородного золота эпитеpмального золото-серебряного месторождения Дальнее. Установлена высокая дисперсия его основного состава: от кюстелита и электрума до низкопробного самородного золота. Сделан вывод, что пробность и примесный состав золотин меняются с глубиной, указывают на их принадлежность к определенной геохимической обстановке и генетическому типу оруденения. В практическом отношении выявленные закономерности могут служить дополнительным критерием при оценке уровня эрозийного среза рудных зон.

Ключевые слова: золото-серебряная минерализация, самородное золото, элементы-примеси.

**NATIVE GOLD FROM THE DAL'NEE EPITHERMAL DEPOSIT  
(NORTHERN OKHOTSK REGION)**

*Makshakov A.S., Kravtsova R.G., Pavlova L.A.*

A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, [artem\\_m@mail.ru](mailto:artem_m@mail.ru)

Abstract. The study of typomorphism and chemical composition of native gold at Dal'nee epithermal gold-silver deposit is carried out. A high dispersion of its main components is established: from kustelite and electrum to low-fineness native gold. It is concluded that the fineness and trace-elements composition of gold vary with depth indicating that they belong to a certain geochemical environment and the genetic type of ore mineralization. In practice, the revealed regularities can serve as an additional criterion in assessing the erosion level of ore zones.

Key words: gold-silver mineralization, native gold, trace-elements.

Месторождение Дальнее относится к типичной близповерхностной эпитеpмальной убогосульфидной золото-серебряной (Au-Ag) формации руд [1] и находится на территории Эвенского рудного района Магаданской области (Северное Приохотье, Россия). В структурном отношении оно расположено в центральной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, в его внешней зоне, на периферии Верхне-Туромчинской кольцевой вулканоструктуры [2, 3]. Залегают месторождения в верхнемеловой туромчинской толще, сложенной покровами вулканитов среднего состава – трахиандезитами, андезитобазальтами и их туфами. Рудные тела представлены, в основном, кварцевыми, адуляр-кварцевыми жилами и жильными зонами с убогой сульфидной минерализацией, которые приурочены к системам разрывных нарушений, оперяющим глубинные разломы.

Протяженность рудных тел от сотен метров до 1 км, мощность – до 5 м [4, 5]. Возраст оруденения, установленный для кварц-адуляровых жил K/Ag методом, равен  $79 \pm 2$  млн. лет, Rb/Sr –  $(80 \pm 5) - (77 \pm 3.2)$  млн. лет, что соответствует позднему мелу [6, 7]. Из процессов околорудного метасоматоза наиболее широко проявлены окварцевание, адуляризация, серицитизация и гидрослюдизация.

Руды состоят из кварца (90–95 %), адуляра (5–10 %, иногда до 50 %), серицита, гидрослюды, карбоната, каолинита (1–10 %) и рудных минералов (1–3 %). Из рудных минералов наиболее распространенным является пирит, главными – акантит и электрум. Широко проявлены прустит, пираргирит, полибазит, самородное золото и серебро, науманнит, штроейерит. Реже встречаются галенит, сфалерит, халькопирит, кюстелит, пирротин, миаргирит, пирсеит, стефанит, сереброносные блеклые руды, гессит, петцит, самородный мышьяк [4–7]. Характерной чертой месторождения является моностадийный характер формирования оруденения [4, 6]. Средние содержания Au в рудах составляют 5 г/т, Ag – 250 г/т [5]. По запасам месторождение относится к мелким.

Характеризуя самородное золото, мы придерживались принятой ранее терминологии [1, 8–10]: «самородное серебро» (0–100 ‰), «кюстелит» (100–250 ‰), «электрум» (250–700 ‰); «самородное золото» (700–1000 ‰). Золотины изучались методами рудной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) с помощью микроанализатора Superprobe JXA-8200 (JEOL Ltd., Япония). При количественных определениях с целью исключения захвата элементов из окружающих фаз выбирались зерна размером 3–5 мкм и более.

Размеры золотин меняются от тонкодисперсных (<10 мкм) до мелких (10–100 мкм). Более крупное золото (0.1–1.5 мм) встречается редко. Значительную часть составляет тонкодисперсное золото. Золотины имеют преимущественно изометричную (угловатую, комковидную, неправильную), чешуйчато-листоватую и пластинчатую формы. Часто встречаются зональные структуры, обусловленные различной пробностью золота в пределах одного зерна. Ядра зональных зерен чаще всего представлены более высокопробным золотом, периферические участки – низкопробным.

Золото находится, в основном, в сростании с кварцем и адуляром, выполняет микротрещинки, интерстиции и пустоты в них, а также тесно ассоциирует с рудными минералами, чаще всего с акантитом, сульфосолями Ag (пираргирит, полибазит, стефанит), науманнитом, их тонким минеральными смесями. По отношению к простым сульфидам золото является более поздним. Оно захватывает зерна пирита, сфалерита, галенита, халькопирита, блеклых руд, развивается по трещинкам и кавернам в этих минералах, заполняет межзерновое пространство. При окислении пирита золото ассоциирует с гидроксидами Fe.

Для руд месторождения характерно золото с высокой дисперсией основного состава: кюстелит – электрум пониженной пробности – электрум – низкопробное самородное золото. Установлено, что на глубине 50 м от поверхности (шт. №1, гор. 535 м) его пробность варьирует в широких пределах – от 200 ‰ до 750 ‰. Преобладает, в основном, электрум пробностью 650–700 ‰ и самородное золото пробностью 700–750 ‰. Распространен электрум пробностью 600–650 ‰. Реже встречаются кюстелит и электрум пониженной пробности. Из примесей постоянно присутствует Bi (до 1.06 мас. %), часто встречается S (до 0.79 мас. %), отчетливо проявлен Te (до 0.27 мас. %). Установлены (в мас. %): Fe (до 0.92), Pb (до 0.34), Zn (до 0.11), Cu (до 0.13), Se (до 0.19) и As (до 0.14).

На глубине 100 м от поверхности (шт. №10, гор. 485 м) пробность золота заметно меняется и становится более высокой и более стабильной – 620–790 ‰. Преобладает электрум пробностью 620–700 ‰. Часто встречается самородное золото пробностью 700–790 ‰. Еще одна отличительная черта золотин с этого горизонта – бедность примесного состава. Из примесей часто встречается только S (до 1.08 мас. %). В единичных случаях отмечены Pb (до 1.00 мас. %), Fe (до 0.13 мас. %) и Sb (до 0.22 мас. %).

Таким образом, для руд эпитермального Au-Ag месторождения Дальнее типично тонкодисперсное и мелкое золото, насыщенное большим количеством включений минералов Ag и простых сульфидов. Для золота характерна высокая изменчивость основного состава – от кюстелита и электрума (200–700 ‰) до самородного золота (700–790 ‰) с преобладанием электрума пробностью 650–700 ‰. Часто встречаются зональные структуры, осложненные разными неоднородностями. Отмечена тенденция уменьшения разнородности состава золота и количества элементов-примесей в нем с глубиной.

Особенности состава золотин тесно связаны с условиями формирования Au-Ag руд, относящихся к убогосульфидной эпитермальной формации. В теоретическом отношении выявленные особенности отчетливо указывают на принадлежность золота к определенной геохимической обстановке и генетическому типу оруденения. В практическом отношении выявленные закономерности могут быть использованы в процессе поисковых работ для установления рудно-формационной принадлежности месторождений, а также служить дополнительным критерием при оценке уровня эрозионного среза рудных зон.

*Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания по Проекту IX.125.3.4. (0350-2016-0025), при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-05-0095) и МП СО РАН № 64 (0350-2018-0001) с использованием научного оборудования ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН (г. Иркутск).*

#### **Литература:**

1. Петровская Н.В., Сафонов Ю.Г., Шер С.Д. Формации золоторудных месторождений. В кн.: Рудные формации эндогенных месторождений. М. Наука. 1976. Т. 2. С. 3–110.
2. Умитбаев Р.Б., Еремин Р.А., Найбородин В.И., Бабайцев О.В., Ващилов Ю.Я., Середа П.И. Глубинное строение, магматизм и металлогения Верхне-Туромчинской вулкано-тектонической структуры (Северо-Восток СССР). Глубинное строение, магматизм и металлогения Тихоокеанских вулканических поясов. Владивосток. 1976. С. 97–299.
3. Белый В.Ф. Структурно-формационная карта Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Магадан. СВКНИИ ДВНЦ АН СССР. 1981. 56 с.
4. Костырко Н.А., Пляшкевич Л.Н., Болдырев М.В. Строение и вещественный состав рудных зон Эвенского рудного поля. Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Вып. 21. Магадан. Магадан кн. изд. 1974. С. 87–94.
5. Стружков С.Ф., Константинов М.М. Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М. Научный мир. 2005. 320 с.
6. Кравцова Р.Г. Геохимия и условия формирования золото-серебряных рудообразующих систем Северного Приохотья. Новосибирск. Изд-во «Гео». 2010. 292 с.
7. Кравцова Р.Г., Дриль С.И., Алмаз Я.А., Татарников С.А., Владимирова Т.А. Первые данные по Rb–Sr-возрасту и изотопному составу золото-серебряных руд месторождения Дальнего (Эвенский рудный район, Северо-Восток России). ДАН. 2009. Т. 428. № 2. С. 240–243.
8. Петровская Н.В., Новгородова М.И., Фролова К.Е., Горшков А.И. Новые данные о составе фаз в неоднородных выделениях самородного золота. Известия АН СССР. Серия геологических наук. 1976. № 3. С. 67–73.
9. Boyle R.W. The geochemistry of gold and its deposits (together with a chapter on geochemical prospecting for the element). Bull. Geol. Surv. Canada. 1979. No 280. 584 p.
10. Петровская Н.В. Золотые самородки. М. Наука. 1993. 190 с.

## РЕДКИЕ ВИДЫ КРУПНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Маликов Д. Г.

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[dgmalikov@igm.nsc.ru](mailto:dgmalikov@igm.nsc.ru)

Аннотация. На протяжении плейстоцена в пределах Минусинской котловины складывались крайне разнообразные ландшафтные обстановки, которые способствовали повышению биоразнообразия в регионе. В обзоре приведены данные о находках остатков редких видов крупных млекопитающих региона. К таким видам могут быть отнесены *Vulpes corsak*, *Panthera* sp., *Homotherium* aff. *ultimus*, *Ursus etruscus*, *Stephanorhinus kirchbergensis*, *Camelus bactrianus*, *Ovibos moschatus*, *Procapra gutturosa*, *Parabubalis pneumaticornis* и *Spirocerus* cf. *wongi*.

Ключевые слова: крупные млекопитающие, редкие виды, плейстоцен, Минусинская котловина, Енисей

### Rare species of Large mammals in the Pleistocene of Minusinsk depression

Malikov D. G.

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia

[dgmalikov@igm.nsc.ru](mailto:dgmalikov@igm.nsc.ru)

Abstract. Very diverse landscape situation existed within the Minusinsk depression during the Pleistocene contributed to increasing biodiversity in the region. In the review, data on the findings of the rare species of large mammal remains in the region are presented. Such species can be assigned to *Vulpes corsak*, *Panthera* sp., *Homotherium* aff. *ultimus*, *Ursus etruscus*, *Stephanorhinus kirchbergensis*, *Camelus bactrianus*, *Ovibos moschatus*, *Procapra gutturosa*, *Parabubalis pneumaticornis* and *Spirocerus* cf. *wongi*.

Key words: Large mammals, rare species, Pleistocene, Minusinsk depression, Yenisei River

В позднем плейстоцене, на всей территории Северной Евразии был распространен единый мамонтовый фаунистический комплекс крупных млекопитающих. Основными элементами этого комплекса являлись: *Mammuthus primigenius*, *Coelodonta antiquitatis*, *Bison priscus*, *Equus* sp., *Rangifer tarandus*, *Saiga tatarica* и др. [1]. Широкое развитие получили тундростепные ландшафты, которые способствовали расширению ареалов центрально-азиатских видов к северу и западу, а арктических – к югу, в результате образовывались переходные подзоны [1]. Частью такой переходной подзоны, в позднем плейстоцене, являлась территория Минусинской котловины [2]. Разнообразие ландшафтов в предгорьях способствовало повышению биоразнообразия, а нахождение на границе двух зоогеографических областей обусловило обитание как центрально-азиатских, так и арктических форм. Но в отличие от фоновых видов эти виды были малочисленными.

Данная работа посвящена обобщению известных находок редких видов крупных млекопитающих плейстоцена для территории Минусинской котловины. К таким видам здесь можно отнести корсака, крупную пантеру, гомотерия, этрусского медведя, носорога Мерка, верблюда, овцебыка, дзерена, коровью и винторогую антилоп. Остатки большинства из этих видов представлены в регионе единичными экземплярами. Однако каждая из них имеет определённый палеозоологический и палеозоогеографический интерес. Ниже приведён обзор находок в хронологическом порядке.

Первым, кто отметил для территории Минусинской котловины редкого представителя плейстоценовой фауны, был И.Д. Черский. Остатки *Camelus bactrianus* L., 1758 отмечены для местонахождения Узунжул [3]. Материал был представлен фалангой, однако не имел стратиграфической привязки и не был описан, поэтому возраст находки установить невозможно. По мнению автора, формирование местонахождения Узунжул происходило в каргинское время [2], но не исключено, что остатки верблюда имеют более молодой возраст.

Следующей подобной находкой является овцебык. В ходе изучения позднеплейстоценового ареал овцебыка *Ovibos moschatus* Zimmermann, 1780 в Сибири В.И. Громовой [4] упомянута находка на территории Минусинской котловины. В настоящее время образец хранится в Минусинском краеведческом музее. Череп был обнаружен в окрестностях г. Минусинск, в 1924 г., точное место находки неизвестно [2].

В ходе работы на стоянке Малая Сыя, открытой Н.Д. Оводовым в 1974 году, был обнаружен роговой стержень *Procapra gutturosa* Pallas, 1777 [5]. Радиоуглеродное датирование костных остатков указывает на каргинский возраст фауны. Ещё один образец так же отнесённый к дзерену отмечен в пещере Бородинская-2 [5]. Третья находка *P. gutturosa* связана с отложениями рч. Шишкин, к северо-западу от г. Минусинск. Здесь, в отложениях, относимых ко второй половине среднего плейстоцена автором обнаружен фрагмент лобной кости с сохранившимся роговым стержнем и частью глазницы [2].

Следующие находки, так же связаны с исследованиями Н.Д. Оводова. При изучении отложений пещеры Фанатиков в Аскизском районе Республики Хакасия, были обнаружены остатки лис, среди которых помимо обыкновенной лисицы отмечены остатки *Vulpes corsak* L., 1768 [6]. Так же, остатки корсака отмечены для грота Двуглазка [7].

Дальнейшие находки редких видов млекопитающих связаны с работами красноярских археологов, проводимых в пределах Куртаковского археологического района. На пляжах и в коренном залегании получены многочисленные материалы, как по ископаемой фауне, так и по палеолиту региона. Из интересующих нас находок можно отметить следующие фрагмент нижней челюсти *Homotherium* aff. *ultimus* Teilhard de Chardin, 1936 [8], затылочной области черепа *Parabubalis pneumaticornis* Ovodov, 2006 [9], и фрагмент нижней челюсти крупной пантеры *Panthera* sp. [10]. По мнению М.В. Сотниковой и И.В. Фороновой эта пантера имеет сходство как с *Panthera fossilis* Reichenau, 1906, так и с *Panthera youngi* Re, 1934 Китая [11]. Для всех находок предполагается ранне-средне плейстоценовый возраст.

Ещё одним интересным объектом, имеющим большое палеонтологическое и археологическое значение, является Дербинский археологический район, расположенный на севере Минусинской котловины в предгорьях Восточного Саяна. В обрыве коренного берега залива Малтат была обнаружена нижняя челюсть медведя, предположительно эоплейстоценового возраста. На основании мелких размеров и примитивной морфологии экземпляр был отнесён к *Ursus etruscus* G. Cuvier, 1823 [12].

Отдельный зоогеографический интерес представляет изолированный нижний зуб р3 носорога найденный, в окрестностях с. Качулька, в месте слияния рек Амыл и Казыр. Данный зуб отнесён А.В. Шпанским к *Stephanorhinus kirchbergensis* Jager, 1839. В настоящее время это единственная находка остатков носорога Мерка на территории Минусинской котловины. Эта точка объединяет между собой ранее известные находки носорога Мерка в Западной и Восточной Сибири в единый ареал [13].

Последняя находка была сделана весной 2017 г. на левом берегу Красноярского водохранилища в устье реки Трифоновка (она же Нижняя речка), примерно в 6 км ниже по течению от п. Дивный. Здесь, на бечевнике был обнаружен фрагмент рога *Spirocerus* cf. *wongi* Teilhard et Riveteau, 1930. Для образца предполагается раннеплейстоценовый (эоплейстоценовый) возраст [14]. К настоящему времени это наиболее северная находка представителей винторогих антилоп рода *Spirocerus*.

Приведенный обзор однозначно указывает, что плейстоценовые биомы Минусинской котловины были много богаче современных. Присутствие в фауне региона азиатских элементов начиная с раннего плейстоцена (*Spirocerus* cf. *wongi*) позволяет считать, что переходный характер фауны существовал уже тогда. Отмеченная тенденция прослеживается и в среднем плейстоцене с присутствием *Procapra gutturosa*, *Parabubalis pneumaticornis*, *Stephanorhinus kirchbergensis* и др. Вероятно, что выявленная для позднего плейстоцена переходная зона между Европейско-Сибирской и Центрально-Азиатской палеозоогеографическими подобластями Палеарктики [2] существовала как минимум с раннего плейстоцена (эоплейстоцена), а возможно и ранее.

Учитывая выше изложенное в плейстоценовых местонахождениях региона можно так же ожидать находки остатков: *Soergelia elisabethae* Schaub, 1952, *Elasmotherium sibiricum* Fischer von Waldheim, 1808, *Cervalces latifrons* Johnson, 1874, *Camelus knoblochi* Poljakov, 1880, *Hystrix brachyura vinogradovi* Arguopulo, 1941 которые обнаружены в сопредельных регионах Сибири.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-35-00118*

*Работа выполнена в рамках задания (проект № 0330-2016-0017)*

#### **Литература:**

1. Вангенгейм Э.А. Палеонтологическое обоснование стратиграфии антропогена Северной Азии (по млекопитающим). М.: Наука. 1977. 171 с.
2. Маликов Д.Г. Крупные млекопитающие среднего-позднего неоплейстоцена Минусинской котловины, стратиграфическое значение и палеозоогеография. Дисс. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск. 2015. 227 с.
3. Черский И.Д. Описание коллекции послетретичных млекопитающих животных собранных новосибирской экспедицией 1885-86 г. // Приложение к тому записок императорской академии наук. №1. СПб. 1891. 706 с.
4. Громова В.И. О распространении остатков овцебыка *Ovibos moschhatus* Zimm. в Восточной Европе и Северной Азии // Известия Академии наук СССР. VII серия. Отделение математических и естественных наук. 1935. № 1. С. 101-114.
5. Муратов В.М., Оводов Н.Д., Паньчев В.А., Сафарова С.А. Общая характеристика палеолитической стоянки Малая Сыя // Археология Северной Азии. Новосибирск: Наука. 1982. С. 33-48.
6. Оводов Н.Д. Древние звери Хакасии // Астроархеология – естественно-научный инструмент познания протонаук и астральных религий жречества древних культур Хакасии. Красноярск. 2009. С. 189-199.
7. Оводов Н.Д., Мартынович Н.В. Новые данные по млекопитающим и птицам грота Двуглазка в Хакасии // Проблемы археологии, этнографии, истории и краеведения Приенисейского края, том. 1. Красноярск. 1992. С. 78-83.
8. Сотникова М.В., Форонова И.В. Саблезубые кошки рода *Homotherium* в плейстоцене Сибири // Материалы VI Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода «Фундаментальные

- проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований». Новосибирск. 2009. С. 559-561.
9. Оводов Н.Д., Чеха В.П. Новый представитель коровьих антилоп в Средней Сибири // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск, 2006. Ч. I. С. 218-223
  10. Оводов Н.Д., Тарасов А.Ю. Большая кошка (*Panthera* sp.) и малый пещерный медведь (*Ursus rossicus*) в Сибири // Енисейская провинция. Альманах. Красноярск: Красноярский краевой краеведческий музей. 2009. Вып. 4. С. 129-135.
  11. Sotnikova M.V., Foronova I.V. First Asian record of *Panthera* (*Leo*) *fossilis* (Mammalia, Carnivora, Felidae) in the Early Pleistocene of Western Siberia, Russia // *Integrative Zoology*. 2014. V. 9. P. 517–530.
  12. Мотузко А.Н., Орешников И.А. Эоплейстоценовые медведи Минусинской котловины // Териофауна России и сопредельных территорий (VIII съезд Териологического общества). Материалы Международного совещания. М.: Т-во научных изданий КМК. 2007. С. 310.
  13. Шпанский А.В. Вопросы палеозоогеографии носорога Мерка (*Stephanorhinus kirchbergensis* Jager 1839) (Rhinocerotidae, Mammalia) // *Геосферные исследования*. 2017. № 3. С. 73-89.
  14. Маликов Д.Г., Бондарев А.А. Первая находка винторогой антилопы *Spirocetus* cf. *wongi* на территории Минусинской котловины // *Фундаментальная и прикладная палеонтология*. Материалы LXIV сессии Палеонтологического общества при РАН. СПб. 2018. С. 209-210.



**ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД  
ТАПСИНСКОЙ СВИТЫ (ВОСТОЧНАЯ ТУВА): ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ**

*Малов В.И., Вишневецкая И.А.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[malov@igm.nsc.ru](mailto:malov@igm.nsc.ru)

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ),  
Новосибирск, Россия

Аннотация. Работа посвящена изучению изотопно-геохимических характеристик пилотной коллекции карбонатных пород тапсинской свиты Тувинского прогиба. В результате проведенных работ были выявлены наименее измененные образцы и установлена возможность использования метода изотопной хемотратиграфии для определения времени образования карбонатных пород тапсинской свиты. Были получены данные первичного изотопного состава Sr, на основе чего был установлен позднерифейский возраст изучаемых пород.

Ключевые слова: хемотратиграфия, стронций, карбонатные породы, рифей.

**ISOTOPE-GEOCHEMICAL DATA OF CARBONATE ROCKS OF  
THE TAPSA FORMATION (EASTERN TUVA): FIRST DATA**

*Malov V.I., Vishnevskaya I.A.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

[malov@igm.nsc.ru](mailto:malov@igm.nsc.ru)

Novosibirsk National Research University (NSU), Novosibirsk, Russia

Annotation. Isotopic-geochemical characteristics of the trial collection of Tapsa Formation carbonate rocks have been studied. The samples with minimal diagenetic alteration were identified and it has been found, that to determine the age of Tapsa Formation rocks can be used a method of isotopic chemostratigraphy. The Riphean time interval of formation of the rocks was established based on primer Sr-isotopic composition.

Key words: chemostratigraphy, strontium, carbonate rocks, Riphean.

Знания точного возраста геологических комплексов очень важно для решения задач региональной, структурной, исторической геологии. Однако для древних осадочных пород, определение возраста особенно проблематично. Это связано с тем, что применение некоторых методов датирования, например, биостратиграфия невозможно вследствие плохой сохранности органического материала и отсутствию остатков руководящей фауны

Нами были изучены образцы древних карбонатных пород, отобранных в каахемской зоне, которая располагается в междуречье рек Каа-Хем и Бий-Хем (Малый и Большой Енисей). Возраст отложений до сих пор остается дискуссионным. В геологических картах первого издания масштабов 1: 200 000 и 1: 1 000 000 [1, 2] изученные отложения

включались в объем тапсинской свиты нижнего кембрия. В картах третьего издания масштаба 1: 1 000 000, тапсинская свита отсутствует, а ее отложения разделены на кызылхавинскую ( $V-E_1$ ), вадибалинскую ( $V-E_1$ ) и чербинскую ( $E_1$ ) свиты [3]. В нашей работе мы используем старое стратиграфическое деление, так как до конца не ясно на каких принципах была разделена тапсинская свита и к какой из свит относить отобранные образцы.

Тапсинская свита имеет двучленное строение и подразделяется на нижнюю (существенно карбонатную) и верхнюю (существенно терригенную) подсвиты. Нижняя подсвита сложена известняками, доломитистыми известняками, доломитами с линзами и прослоями известковистых туфопесчаников, кварцитов, алевролитов [4]. Отложения со скрытым несогласием залегают на вулканитах туматтайгинской свиты, относящиеся к рифею [3]. В отложениях определены микрофитоциты и известковые водоросли родов *Epiphyton*, *Renalcis*, *Ortonella Epiphyton*, *Renalcis*, *Batinevia*, *Rroaulopora* [5, 6], что позволяет относить отложения к венду-раннему кембрию. Мощность нижней подсвиты достигает 1000 м. Верхняя подсвита начинается с валунных конгломератов с известковистым цементом. Выше следует переслаивание алевролитов, песчаников, известняков и конгломератов. Мощность верхней подсвиты достигает 2660 м [4].

Объектом наших исследований являлись образцы карбонатных пород из нижней подсвиты тапсинской свиты. Изучению подверглись карбонатная составляющая пород.

Нами была поставлена цель определения степени пригодности проб для изотопных исследований. Для изотопных исследований подходят лишь образцы с первичной неизменной изотопной системой, то есть, не претерпевшие существенных постседиментационных преобразований. Выявление наименее измененных пород происходит в ходе комплексных петрографических и геохимических исследований, начинающихся с полевых работ, где отбираются визуально неизменные породы, без прожилков, вторичного ожелезнения, вдали от зон тектонических деформаций.

Образцы пород представлены массивными иногда полосчатыми мелкозернистыми известняками. В образцах встречаются зоны (до 1 мм) и прожилки (0.1 мм в ширину) перекристаллизации. В некоторых образцах наблюдаются стяжения кварца. Из коллекции были убраны образцы, в которых были найдены гидроокислы железа и марганца, а также образцы с крупными зонами перекристаллизации. Также судить о степени постседиментационных преобразований можно по набору определенных геохимических критериев (для известняков:  $Mg/Ca \leq 0.024$ ,  $Mn/Sr \leq 0.2$ ,  $Fe/Sr \leq 5.0$ , для доломитов:  $Mg/Ca \leq 0.608$ ,  $Mn/Sr \leq 1.2$ ,  $Fe/Sr \leq 3.0$ ,  $\delta^{18}O_{SMOW} > 20\%$ ) [7, 8, 9, 10], которые являются индикаторами перераспределения малых элементов в процессе постседиментационной перекристаллизации. Но, как показывает наш опыт работ, данные критерии не универсальны, и в большинстве случаев стоит вносить поправки для этих значений. Исследование содержаний Fe, Mn, Sr, Mg и Ca проводилось атомно-абсорбционным методом на приборе SOLAAR AA Spectrometer в ЦКП МИИ СО РАН.

Карбонатная составляющая проб, отобранных из нижней подсвиты тапсинской свиты, представлена известняками ( $Mg/Ca \sim 0.01$ ), доля алюмосиликатной примеси в них 2-9%. Содержание Mn варьирует в широком интервале от 90 до 1060 мкг/г. Концентрация Fe выше и находится в интервале от 510 до 2070 мкг/г. Содержание Sr изменяется от 470 до 850 мкг/г.

Для всех пород, подходящих по геохимическим критериям, было проведено изучение изотопного состава стронция. Содержание Rb и Sr измерялось в ЦКП МИИ СО РАН (ИГМ

СО РАН, Новосибирск) на многоколлекторном масс-спектрометре МИ1201АТ, в двухленточном режиме, изотопные отношения стронция измеряли в ЦКП "Геоаналитик" (ИГГ УрО РАН, Екатеринбург) на термоионизационном масс-спектрометре TritonPlus (Thermo Fisher Scientific) в одноленточном режиме с использованием Та-эммитера. Значения нормированы на  $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  8.375209. Отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  наименее измененных карбонатные породы нижней подсвиты тапсинской свиты варьируют в интервале 0.70754-0.70776. Сопоставление полученных значений с кривой вариаций отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в позднедокембрийском океане [11] показало, что время образование отобранных пород - конец рифея.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ 16-17-10076*

#### **Литература:**

1. Геологическая карта СССР. Лист М-46-VI. Объяснительная записка. М., 1960. 52 С.
2. Геологическая карта СССР Карта дочетвертичных образований масштаба 1: 1 000 000. Лист М-46 (47). 1973 г.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000. Лист М-46. 2008 г.
4. Агентов В.Б., Владимировский Г.М., Кудрявцев Г.А. Геология СССР. Т.29 (Тувинская АССР). М., Недра, 1966, с. 64-116.
5. Бухаров Н. С. О стратиграфии венд-раннекембрийских отложений бассейна рек Тапса, Черби, Ондум (Центральная Тува). Материалы по геологии Тувинской АССР. Вып. V. Кызыл, 1981, С. 58–64.
6. Гинцингер А. Б., Винкман М. К. Новые данные по стратиграфии верхнего докембрия и кембрия Тувы. Материалы по стратиграфии и палеонтологии Сибири. Новосибирск, 1974, С. 5–13.
7. Kaufman A.J., Jacobsen S.B., Knoll A.H. The Vendian record of Sr- and C-isotopic variations in seawater: implications for tectonics and paleoclimate. J. Earth Planet. Sci. Lett., 1993, v. 120, № 4, p. 409—430.
8. Семихатов М.А., Горохов И.М., Кузнецов А.Б., Мельников Н.Н., Подковыров В.Н., Кислова И.В. Изотопный состав Sr в морской воде в начале позднего рифея: известняки лахандинской серии Учуро-Майского региона Сибири. ДАН, 1998, т. 360, № 2, С. 236—240.
9. Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Горохов И.М., Мельников Н.Н., Константинова Г.В., Кутявин Э.П. Изотопный состав Sr в карбонатных породах каратавской серии Южного Урала и стандартная кривая вариаций отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в позднерифейском океане. Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2003, т. 11, № 5, С. 3—39.
10. Xiao S., Bao H., Wang H., Kaufman A.J., Zhou C., Li G., Yuan X., Ling H. The Neoproterozoic Quruqtagh Group in eastern Chinese Tianshan: evidence for a post-Marinoan glaciation. Precam. Res., 2004, v. 130, p. 1—26.
11. Кузнецов А. Б., Семихатов М. А., Горохов И. М. Возможности стронциевой изотопной хемотратиграфии в решении проблем стратиграфии верхнего протерозоя (рифей и венда). Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2014, том 22, No 6, С. 3–25

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА САПРОПЕЛЕЙ МАЛЫХ ОЗЁР ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

*Малов Г.И., Страховенко В.Д., Овдина Е.А.*

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[malovgi@igm.nsc.ru](mailto:malovgi@igm.nsc.ru)

Аннотация. На примере 16 малых озер, расположенных в лесостепной зоне Барабинской низменности и степной зоне Кулундинской равнины изучены особенности распределения радиоактивных элементов в сапропелях. Установлена взаимосвязь между распределением радионуклидов в системе сапропель–почва–растения с различными факторами, включающими: химический состав, уровень радиоактивности, генетический тип и т.д.

Ключевые слова: сапропель, радионуклиды, юг Западной Сибири, малые озёра.

## RADIOECOLOGICAL ESTIMATION OF SAPROPELS OF SMALL LAKES (THE SOUTH OF WEST SIBERIA)

*Malov G.I., Strakhovenko V.D., Ovdina E.A.*

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

[malovgi@igm.nsc.ru](mailto:malovgi@igm.nsc.ru)

Abstract. On the example of 16 small lakes located in the forest-steppe zone of the Baraba lowland and the steppe zone of the Kulunda plain, the features of the distribution of radioactive elements in sapropels have been studied. A correlation has been established between the distribution of radionuclides in the sapropel-soil-plant system with various factors including its chemical composition, radioactivity, genetic type, etc.

Keywords: sapropel, radionuclides, the South of Western Siberia, small lakes

В последнее время найдены технологические решения, позволяющие высокоэффективно использовать сапропели, а также жидкие и твердые продукты их переработки в различных отраслях экономики. Сапропелевые удобрения позволяют эффективно решать одну из актуальных экологических задач современности – рекультивацию нарушенных земель. Исходя из этого, радиоэкологическая оценка сапропелей является в настоящее время актуальной проблемой.

Для того, чтобы оценить соответствие сапропелей радиационно-гигиеническим нормативам вычисляется суммарная эффективная удельная активность ( $A_c$ ) от естественных и искусственных радионуклидов по формуле с учетом коэффициентов:

$$A_c = A_U * 3,4 * 10^{-7} + 1,31 * A_{Th} + 0,085 A_K, \text{ Бк/кг [4].}$$

Норма значений суммарной эффективной удельной активности ( $A_c$ ) для естественных радионуклидов составляет не более 300 Бк/кг, а для техногенных – не более 1 отн.ед., которая составляет величину глобального фона (43 мКи/км<sup>2</sup> [5]) [1].

Целью работы является комплексное радиоэкологическое изучение сапропелей озерных систем для создания научной основы их рационального природопользования.

Объектами исследования стали: неконсолидированный осадок донных отложений (сапропель), водные растения разных жизненных форм, почвы водосборных площадей двух групп озёрных систем, Барабинской и Кулундинской, расположенные в южной части Западной Сибири на Кулундинской равнине и Барабинской низменности. Территория Барабинской группы озёр относится к лесостепной зоне, а Кулундинской - степной. В состав Барабинской группы входят 9 озёр: Бергуль, Бильгень, Бол. Кайлы, Бол. Курган, Бол. Чича, Жилое, Песчаное, Суеток, Хорошее. К озерам Кулундинской группы относятся 6 озёр: Йодное, Малиновое, Петухово у д. Северка, Петухово у с. Петухово, Танатар 4-й, Танатар 6-й.

Пробоотбор компонентов озёр производился по стандартным методикам ГОСТ [2, 3]. Отобрано 16 разрезов донных отложений озёр с общим количеством проб 216, 45 проб почв и 10 проб водной растительности.

Определение содержания естественных (U, Th, K) и искусственных ( $^{137}\text{Cs}$ ) радионуклидов проводилось гамма-спектрометрическим методом на колодезном коаксиальном детекторе из сверхчистого германия (HPGe) с предусилителем и низкофоновым криостатом EGPC 192-P21/SHF 00-30A-CLF-FA (производство фирмы «EURYSIS MESURES», Франция).

В донных отложениях малых озёр Барабинской группы суммарная эффективная удельная активность естественных радионуклидов (далее –  $A_c$ ) не превышает норму, указанную в ГОСТе [1], и имеет значения от 30 Бк/кг до 81 Бк/кг (Таб.1). В донных осадках Кулундинской группы озёр  $A_c$  не превышает норму, указанную в ГОСТе [1], и принимает значения от 13 Бк/кг до 108 Бк/кг (Таб.1).

Содержание радиоцезия в сапропелях Барабинской группы озёр находится в пределах 46 – 177 Бк/кг, что соответствует региональному фону. В озерах Кулундинской группы радиоцезий находится в допустимых значениях от 10 Бк/кг до 108 Бк/кг.

Почвенные показатели  $A_c$ , для каждой групп озёр, выше показателей донных отложений, за исключением оз. Танатар 4 (Таб.1). Почвенные показатели содержания радиоцезия Барабинской группы озёр находится в пределах 30 – 171 Бк/кг, Кулундинской группы – 6 – 17 Бк/кг (Таб.1).

$A_c$  растительности озёр Кулундинской группы имеют значения от 23 Бк/кг до 113 Бк/кг, и так же как в почвах имеет большие значения относительно донных отложений.

Выводы: Сапропели малых озёр Барабинской и Кулундинской групп юга Западной Сибири пригодны для рационального природопользования по данным радиоэкологической оценки.

Основная масса естественных радионуклидов в озёрах двух групп поступает в осадки с растительностью и обломочным материалом из почв. Причиной пониженных значений Th и U в донных отложениях относительно почв определяется присутствием карбонатов.

На данный момент зависимость распределения радиоцезия в системе сапропель–почва–растения не выявлена, так как требуются дальнейшие исследования с привлечением значительно большего числа озерных систем. Но межгрупповая закономерность видна: в группе Барабинских озёр значения радиоцезия в почвах выше, чем в донном осадке, в группе Кулундинских озёр обратная закономерность.

**Таблица 1. Суммарные удельные активности естественных радионуклидов (Бк/кг) и <sup>137</sup>Cs (Бк/кг) в сапропелях, почвах и водной растительности малых озер юга Западной Сибири.**

Озеро	донные отложения					почва					водная растительность				
	<sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U(Ra)	<sup>40</sup> K	A <sub>с</sub>	<sup>137</sup> Cs	<sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U(Ra)	<sup>40</sup> K	A <sub>с</sub>	<sup>137</sup> Cs	<sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U(Ra)	<sup>40</sup> K	A <sub>с</sub>	<sup>137</sup> Cs
<b>Барабинская группа</b>															
Бергуль	12	30	217	35	132	24	20	400	60	92	-	-	-	-	-
Бильгень	22	24	432	65	47	8	110	598	194	159	-	-	-	-	-
Бол. Кайлы	14	36	153	31	237	6	71	390	126	171	-	-	-	-	-
Бол. Курган	13	22	286	42	114	8	110	598	194	159	-	-	-	-	-
Бол. Чича.	31	28	479	81	70	10	82	536	153	30	-	-	-	-	-
Жилое	23	30	424	66	115	7	112	608	199	58	-	-	-	-	-
Песчаное	19	28	113	35	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Суеток	13	24	282	41	178	8	110	598	194	159	-	-	-	-	-
Хорошее	17	24	378	54	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Кулундинская группа</b>															
Йодное	10	17	293	38	31	-	-	-	-	-	4	104	100	117	0
Малиновое	5	19	90	15	27	3	31	690	99	17	7	91	853	173	0
Петухово (сев)	7	23	233	29	22	8	11	416	49	16	6	9	132	24	21
Петухово у д. Петухово	16	37	426	58	10	-	-	-	-	-	2	18	299	46	17
Танатар 4-й	9	18	72	18	109	3	34	651	100	6	8	71	389	114	12
Танатар 6-й	7	9	296	34	13	4	38	580	99	18	11	17	291	57	0

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-45-54-0002 р-а.*

#### **Литература:**

1. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартиформ. 2013. 31 с.
2. ГОСТ Р 54000-2010 Удобрения органические. Сапропели. Общие технические условия. М.: Стандартиформ. 2011. 11 с.
3. ГОСТ Р 54519-2011 Удобрения органические. Методы отбора проб. М.: Стандартиформ. 2012. 7 с.
4. Рихванов Л. П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозологии: учебное пособие. Томск: STT. 2009. 4300 с.
5. Страховенко В.Д., Щербов Б.Л., Маликова И.Н., Восель Ю.С. Закономерности распределения радионуклидов и редкоземельных элементов в донных отложениях озер Сибири. Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 11. С. 1501-1514.

**ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ВВОДА ПРОБ С ПАССИВНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ**

*Малышева А.О.*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск,  
Россия,

[Malyshevaao@ipgg.sbras.ru](mailto:Malyshevaao@ipgg.sbras.ru)

Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Проблема использования при проведении геохимической съемки в качестве веществ-маркеров ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилолы) вызвана их большой летучестью и влечет за собой потерю материала при неправильном хранении и неэффективной процедуре ввода пробы. В работе представлены предложения по оптимизации процедуры ввода пробы с пассивных концентраторов.

Ключевые слова: пассивные концентраторы, газовая экспрессная хроматография, геохимическая съемка

**OPTIMIZATION OF CONDITIONS OF INTRODUCING SAMPLES WITH PASSIVE CONCENTRATORS**

*Malysheva A.O.*

A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SBRAS, Novosibirsk, Russia,

[Malyshevaao@ipgg.sbras.ru](mailto:Malyshevaao@ipgg.sbras.ru)

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The problem of using aromatic hydrocarbons (benzene, toluene, xylenes) as geochemical markers in the geochemical surface is caused by their high volatility and entails loss of material due to improper storage and ineffective sampling procedure. The paper presents proposals for optimizing the procedure for entering samples from passive concentrators.

Key words: passive concentrators, gas express chromatography, geochemical surface

Одним из доступных способов локализации залежей по аномальным концентрациям углеводородов по результатам проведения геохимической съемки. Точность получаемых результатов во многом зависит от подготовки к проведению съемки и точности проведения анализов. Ароматические углеводороды являются перспективным и информативным маркером для использования в геохимической съемке. Сложность их использования связана с их повышенной летучестью. Использование газового хроматографа ЭХО-В-ФИД для анализа проб с концентраторов позволяет проводить анализ проб непосредственно в полевых условиях, в течение нескольких часов после взятия проб, что уменьшает потери пробы с концентраторов. Тем не менее, процедура анализа существенно влияет на качество результатов измерения. В связи с этим предлагается повысить эффективность анализа проб с концентраторов за счет оптимизации процедуры ввода.

В работе представлены результаты исследований, проведенных с использованием экспрессного газового хроматографа ЭХО-В-ФИД. В ГХ ЭХО-В-ФИД используется в качестве газа-носителя очищенный атмосферный воздух. Пассивные концентраторы – цилиндры из нержавеющей стали с сорбентом фазой SE-30. Насыщение концентраторов углеводородами проходило в камере насыщения при температуре 23°C. Концентрация задавалась в устройстве «Микрогаз» с использованием источников микропотока производства ВНИИМ им. Менделеева.

Оптимизацию режима ввода проводили с целью снизить пороги определения по ароматическим углеводородам и повысить воспроизводимость результатов. Показателем эффективности анализа являются коэффициенты обогащения концентратора, показателями воспроизводимости - относительное среднеквадратическое отклонение и отношения коэффициентов обогащения для разных веществ (оно должно быть примерно одинаковым для всех концентраторов при однообразии условий проведения процедуры). При оптимизации параметров ввода в качестве основного вещества был выбран толуол.

Коэффициент обогащения  $\gamma$  рассчитывается как отношение величины пика (площади или высоты) вещества, десорбированного с концентратора  $A_K$ , к величине пика вещества,  $A_G$  которое получаем при отборе пробы газа от источника:

$$\gamma = A_K/A_G$$

На рисунке 1 и 2 приведены зависимости величины коэффициента обогащения концентраторов для толуола, *o*- и *m*- ксилолов от времени нагрева и инъекции соответственно. Для унификации по оси ординат отложены нормированные на средние значения коэффициентов обогащения.

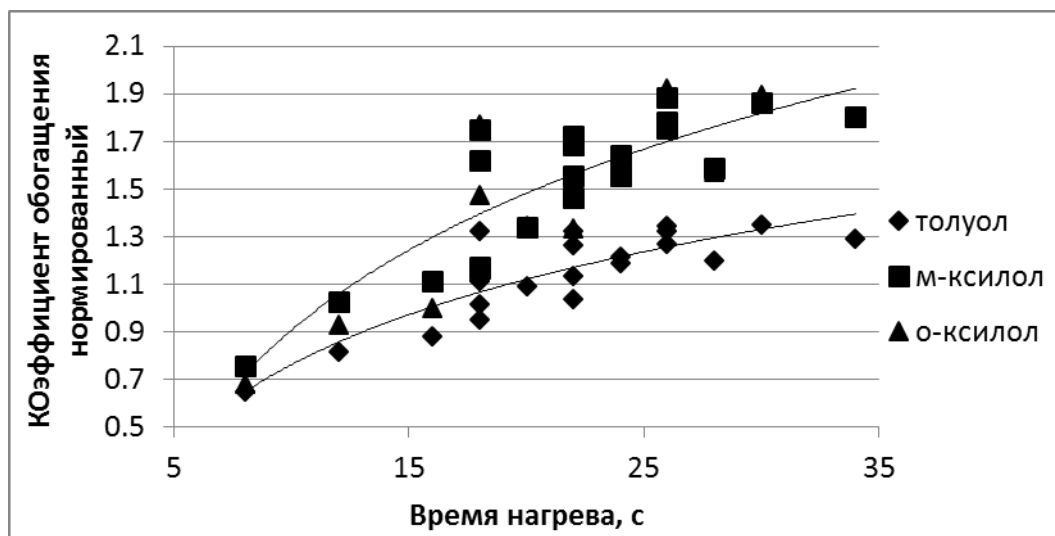


Рисунок 1 - Зависимость относительных коэффициентов обогащения от времени нагрева концентратора в камере ввода

Как видно из рисунка 1, влияние времени нагрева на величину пика толуола на данном отрезке имеется, но начиная с 22 секунды видим, что экспериментальная кривая вышла на полку. Поведение кривых для *o*- и *m*-ксилолов почти идентично. Для них видим, что выход на полку происходит между 27 и 30 секундами. Такое увеличение времени нагрева, как мы видим, повышает коэффициента обогащения по ксилолам относительно среднего значения (при 20 с нагрева) почти в два раза. Но при этом нет существенного влияния на пик толуола.



Поэтому для еще большего повышения эффективности анализа выбрали время нагрева 33 с. Для этого времени нагрева далее выбирали оптимальное время инъекции пробы в ПКК.

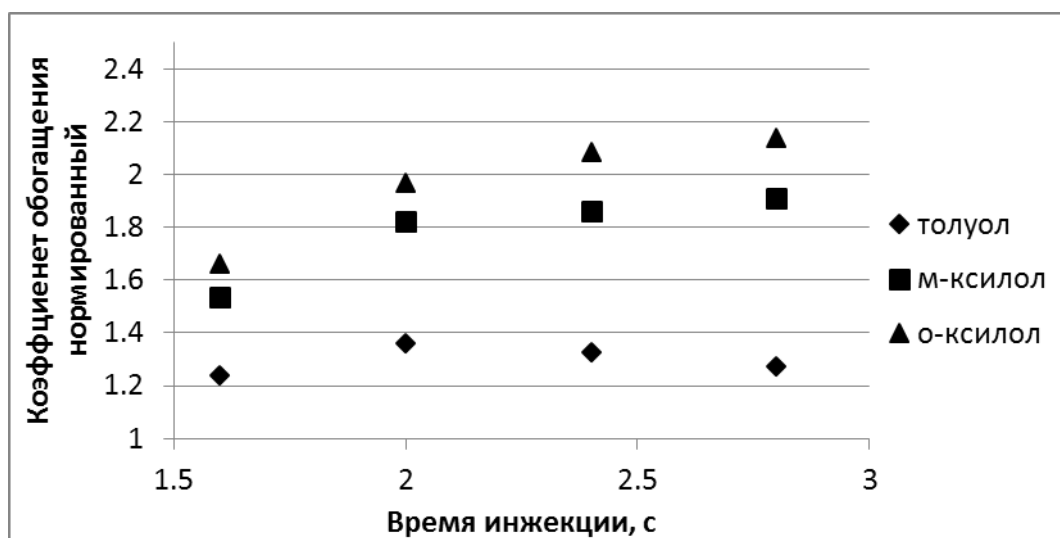


Рисунок 2 - Зависимость относительных коэффициентов обогащения от времени инъекции пробы из камеры ввода в ПКК

Как видно из рисунка 2, влияние на пик толуола на промежутке 2-2.8 с минимально. Для пиков ксилолов полка находится между временами 2.3 и 2.8 с. В качестве оптимального выбрали время инъекции равное 2.4 секунды.

Таким образом, увеличив время нагрева концентратора и время инъекции пробы в колонку (то есть объем пробы), мы повысили чувствительность детектирования для ксилолов в 1.8 - 2 раза в сравнении с экспериментами при прошлых параметрах ввода пробы (время нагрева 20 с и время инъекции 1.4 с). Таким способом мы также планировали снизить чувствительность метода к неединообразию процедуры ввода пробы, условиям хранения концентраторов до и после анализа.

Основные результаты, достигнутые при исследованиях:

1. Выбрали время нагрева при вводе проб с концентраторов равное 33 секундам.
2. Выбрали время инъекции при вводе проб с концентраторов равное 2.4 секунды.
3. Увеличили чувствительность детектирования для ксилолов в 1.8 - 2 раза.

#### Литература:

1. Карташов Е.В., Балдин М.Н., Грузнов В.М. Особенности применения пассивных концентраторов для геохимической съемки при поиске залежей нефти и газа / Тез. Докл. VIII-ого Международного научного конгресса и выставки "Интерэкспо Гео-Сибирь-2012". 2012. С. 177-182.
2. Карташов Е.В., Балдин М.Н., Грузнов В.М. Метод определения коэффициента обогащения пассивных концентраторов Аналитика Сибири и Дальнего Востока: Материалы IX науч. Конф. 2012. С. 144.

**FE, MN, S КАК ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ДИАГЕНЕЗА (НА ПРИМЕРЕ  
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. КОТОКЕЛЬ, ВОСТОЧНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)**

*Мальцев А.Е., Леонова Г.А., Бобров В.А., Восель Ю.С., Шавекин А.С.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия,  
[maltsev@igm.nsc.ru](mailto:maltsev@igm.nsc.ru)

Аннотация. Установлено падение концентраций  $Fe^{2+}$  и  $SO_4^{2-}$  вниз по разрезу донных отложений озера, которое маркирует начало активного процесса сульфатредукции, при котором  $SO_4^{2-}$  восстанавливается до  $H_2S$  и связывается с  $Fe^{2+}$  с образованием пирита. С глубиной отмечается рост восстановленных форм серы S (II) в твердой фазе осадка, а также рост валовых значений S вниз по разрезу. В диагенезе Mn выщелачивается из нижних интервалов осадка в поровую воду в виде  $Mn^{2+}$ , который по градиенту концентраций подтягивается к верхним интервалам, частично осаждаясь здесь в виде родохрозита.

Ключевые слова: поровые воды, Fe, Mn, S, диагенез, органическое вещество, сапропель

**Fe, Mn, S — GEOCHEMICAL INDICATORS OF DIAGENESIS (ON EXAMPLE OF  
SEDIMENTS OF THE LAKE KOTOKEL, EASTERN BAIKAL REGION)**

*Maltsev A.E., Leonova G.A., Bobrov V.A., Vosel Y.S., Shavekin A.S.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia,  
[maltsev@igm.nsc.ru](mailto:maltsev@igm.nsc.ru)

Abstract. We have established a drop in the concentrations of  $Fe^{2+}$  and  $SO_4^{2-}$  down the section of the bottom sediments of the lake, which marks the beginning of the active process of sulfate reduction, in which  $SO_4^{2-}$  is reduced to  $H_2S$  and binds to  $Fe^{2+}$  to form pyrite. With depth, the recovered sulfur forms of S (II) increase in the solid phase of the precipitate. In diagenesis, Mn is leached from the sediment into the pore water in the form of  $Mn^{2+}$ , which is pulled along the concentration gradient towards the upper intervals, partially depositing here as rhodochrosite.

Key words: pore waters, Fe, Mn, S, diagenesis, organic matter, sapropel

В диагенезе при смене окислительно-восстановительных условий в процессе разложения органического вещества (ОВ) изменяются физико-химические свойства поровых вод, что влияет на распределение химических элементов, имеющих переменную валентность — в первую очередь Fe, Mn и S [1]. Такие элементы являются отличными индикаторами диагенетических процессов в донных отложениях (ДО), как морей и океанов, так и озер. Малые континентальные водоемы являются удобными объектами для изучения раннего диагенеза — они имеют небольшие глубины и доступность. Цель работы заключается в изучении геохимии Fe, Mn и S в поровых водах ДО оз. Котокель (Восточное Прибайкалье) в раннем диагенезе. В качестве объекта исследования выбран голоценовый

разрез (4 м) донных отложений, полученный методом ударного бурения из ЮЗ части озера (52°79'50" с.ш., 108°13'39" в.д.).

Было установлено, что в распределении Fe в поровых водах (ПВ) оз. Котокель, которые характеризуются небольшими концентрациями  $\text{SO}_4^{2-}$  (это характерно для многих пресноводных водоемов) отмечаются высокие концентрации  $\text{Fe}^{2+}$  в верхних и нижних интервалах осадка на фоне низких концентраций в центральной части разреза (рис. 1). Падение концентраций  $C_{\text{орг}}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  в центральной части разреза (100—300 см) маркирует начало активного процесса сульфатредукции, при котором  $\text{SO}_4^{2-}$  восстанавливается до  $\text{H}_2\text{S}$  и связывается с  $\text{Fe}^{2+}$  с образованием пирита. В этом интервале отмечен существенный рост численности сульфат редуцирующих бактерий (СРБ). Отмечается уменьшение коэффициента водной миграции Fe в ПВ ( $K_x = 0,2$ ) в сравнении с придонной водой (0,1), т.к. часть Fe расходуется на образование пирита и переходит в твердую фазу осадка. Это подтверждается и ростом по глубине разреза доли формы Fe, связанной с сульфидами с 0,68% (0—2 см) до 0,94% (88—99 см), а также общим увеличением пирита в интервале 100—300 см по данным рентгеноструктурного анализа. С глубиной отмечается рост восстановленных форм серы S(II) в твердой фазе осадка, а также рост валовых значений S с 0,9% (верхние 4 см осадка) до 1,6% в центральной части разреза (200—210 см), там, где в поровых водах резко падают значения Fe (рис. 1).

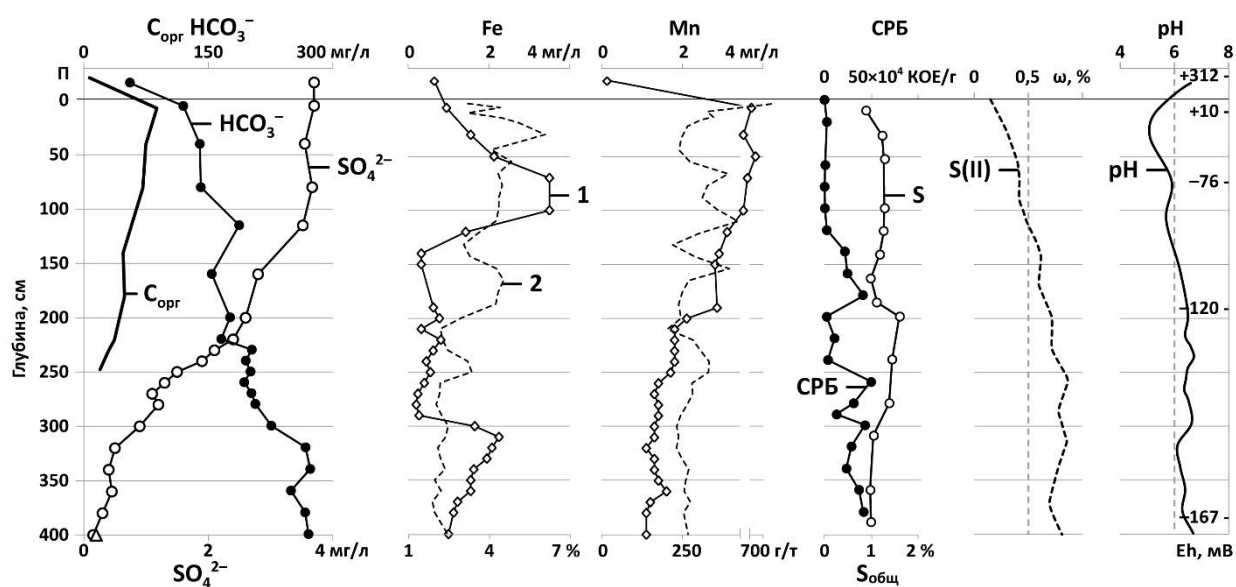


Рисунок 1 — Распределение в придонных водах (П), поровых водах (1) и донных отложениях (2) оз. Котокель  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $C_{\text{орг}}$ , Fe, Mn, pH и Eh. Распределение  $S_{\text{общ}}$ , сульфатредуцирующих бактерий (СРБ) и S (II) в твердой фазе осадка.

Рост концентраций Fe в поровых водах нижних интервалов ДО (3—4 м) связан с быстрым расходом всего сульфатного иона в процессе сульфатредукции. В отсутствие  $\text{H}_2\text{S}$  и в условиях низких значений Eh происходит накопление  $\text{Fe}^{2+}$  (без образования пирита) в ПВ нижних интервалов. Здесь, по данным рентгеноструктурного анализа, пирит встречается на уровне следов, а еще ниже по разрезу пропадает полностью. В условиях отсутствия  $\text{SO}_4^{2-}$  и наличия в ПВ  $\text{Fe}^{2+}$  становится возможным образование сидерита, который был обнаружен в нижних интервалах ДО методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). В верхних интервалах осадка (50—100 см) происходят похожие процессы — Fe (III) восстанавливается до Fe (II) и в условиях нехватки достаточного

количества связующих лигандов ( $\text{H}_2\text{S}$  или  $\text{S}^0$ ) и  $E_h < 0$  накапливается в ПВ. Однако, в самых верхних интервалах ДО (0–20 см) со значениями  $E_h > 0$  происходит окисление на редокс-границе раствора и слоях ДО, на что косвенно указывает повышение здесь валовых значений Fe и уменьшение  $\text{Fe}^{2+}$  в ПВ на границе вода—осадок (рис. 1).

Распределение Mn в поровых водах существенно отличается от распределения Fe (рис. 1). В условиях отрицательных значений  $E_h$  от  $-76$  до  $-120$  мВ в средних интервалах осадка (50–300 см) происходит восстановление малорастворимого Mn (IV) до подвижного Mn (II), который выходит в ПВ из твердой фазы и по градиенту концентраций диффундирует к верхним интервалам осадка (рис. 1). Поэтому в оз. Котокель Mn является самым активным водным мигрантом ( $K_x = 32,2$ ) в отличие от Fe (0,1), а также имеет высокие значения коэффициента концентрации ( $K_c$ ) — 27,3. Вследствие различия миграционных характеристик Mn и Fe (поле существования растворенного  $\text{Mn}^{2+}$  шире аналогичного поля  $\text{Fe}^{2+}$  [3, 4]), окисления марганца на границе раздела фаз осадок—вода не происходит (в отличие от Fe) и концентрации  $\text{Mn}^{2+}$  остаются высокими даже в верхних интервалах (0—10 см) со значениями  $E_h +10$  мВ. В поровых водах осадков оз. Котокель на границе смены окислительно-восстановительных условий проявляется разница в поведении Mn и Fe — концентрация железа в ПВ резко падает в верхних интервалах, тогда как концентрации марганца здесь не снижаются (рис. 1). Таким образом, в слабо окислительных обстановках железо окисляется быстрее, чем марганец, что хорошо согласуется с различиями в кинетике окисления-восстановления Mn и Fe по литературным данным [2]. Поэтому в ДО оз. Котокель наблюдается эффект так называемого «марганцевого дыхания» осадка (глобально проявленный феномен в современном океане) согласно [4], когда потоки восстановленного  $\text{Mn}^{2+}$  по градиенту концентраций нарастают в верхних интервалах ПВ и далее поступают в озерную воду. Вследствие этого в ПВ верхних интервалов ДО оз. Котокель в условиях довольно высоких концентраций  $\text{Mn}^{2+}$ , низких значений  $E_h$  и активного разложения ОВ становится возможным образование родохрозита, что подтверждают данные рентгеноструктурного анализа, СЭМ и рост карбонатной формы Mn (231 мг/кг) в сравнение с нижележащими интервалами (84 мг/кг).

Можно заключить, что в диагенезе ДО оз. Котокель изменяются физико-химические свойства поровых вод (в первую очередь снижение  $E_h$ , падение концентраций  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{C}_{\text{орг}}$  и рост  $\text{HCO}_3^-$ ), что влияет на распределение химических элементов, имеющих переменную валентность (Fe, Mn и S). Падение концентраций  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , рост численности СРБ и восстановленных форм серы S (II) в центральной части разреза маркирует начало активного процесса сульфатредукции и образование пирита. В диагенезе при минерализации ОВ и росте в поровых водах  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Mn}^{2+}$  в верхних интервалах ДО становится возможным образованию родохрозита.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00072 мол\_а*

#### **Литература:**

1. Геохимия диагенеза осадков Тихого океана (трансoкеанский профиль). М.: Наука. 1980. 288 с.
2. Демина Л.Л., Будько Д.Ф., Алексеева Т.Н., Новигатский А.Н., Филиппов А.С., Коченкова А.И. Особенности распределения микроэлементов в процессах раннего диагенеза донных осадков Белого моря. Геохимия. 2017. №1. С. 107–112.
3. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт. 2011. 742 с.
4. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимия марганца. Сыктывкар: Геопринт. 2014. 540 с.

## СЛЕДЫ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНА ТОБА НА ВОСТОЧНО-ИНДИЙСКОМ ХРЕБТЕ ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

*Маринова Ю.Г.*

Институт океанологии им. П.П. Ширшова, Москва, Россия,  
[marinova.ocean@gmail.com](mailto:marinova.ocean@gmail.com)

Аннотация. В 42 рейсе НИС «Академик Борис Петров» (2017 г) было проведено сейсмопрофилирование в пределах северного сегмента Восточно-Индийского хребта. В результате в верхней части осадочного чехла выделено три рефлектора, связанные с извержениями вулкана Тоба в позднечетвертичное время.

Ключевые слова: Восточно-Индийский хребет, вулкан Тоба, сейсмическая стратиграфия, литология

## THE TOBA VOLCANO ERUPTIONS ON THE NINETYEAST RIDGE BY SEISMIC DATA

*Marinova Yu.G.*

Shirshov Institute of Oceanology, Moscow, Russia  
[marinova.ocean@gmail.com](mailto:marinova.ocean@gmail.com)

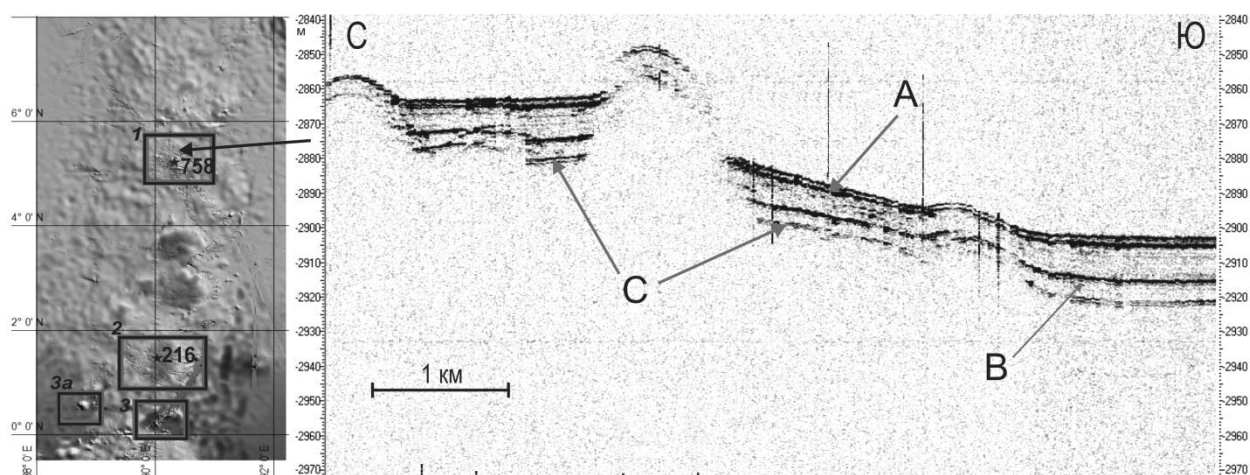
Abstract. During the 42nd cruise of the RV “Academic B. Petrov” (2017) was carried out seismic profiling within the northern segment of the Ninetyeast Ridge. As a result, in the upper part of the sedimentary cover were identified three reflectors. Their origin associated with the eruptions of the Toba volcano in the late Quaternary period.

Key words: Ninetyeast Ridge, volcano Toba, seismic stratigraphy, litology

В январе-марте 2017 года в северной части Индийского океана проводились геофизические работы в 42 рейсе НИС «Академик Борис Петров» [1]. Главным объектом исследований стал Восточно-Индийский хребет - самое протяжённое поднятие на дне Мирового океана. Он занимает ключевое положение в структуре северо-восточной части Индийского океана и протягивается более чем на 5000 км вдоль 90° в.д. В пределах северного сегмента Восточно-Индийского хребта были отработаны 3 полигона в сводовой части и один микрополигон на западном склоне хребта (рис. 1). Сейсмопрофилирование проводилось с использованием узколучевого параметрического профилографа ATLAS PARASOUND DS-2, глубина проникновения в осадки составляла первые 200 м. Из-за расчлененного микрорельефа и высокой скорости съёмки отражающие границы внутри осадочного покрова не прослеживались на вершинах и склонах отдельных гор.

В северо-восточной части Индийского океана в четвертичных осадках широко распространены следы вулканической активности Индонезийской островной дуги. Продукты вулканической деятельности (пепел, тефра, лапилли) в виде прослоев

мощностью 5-40 см обнаружены во всех скважинах глубоководного бурения. С помощью тefрохронологии, геохимического и минералогического анализа определено, что пепловые прослой в верхней части осадочного разреза являются результатом четырех стадий извержения вулкана Тоба на о. Суматра [2]. Его последнее извержение (75 тыс лет), когда вулканический пепел засыпал территорию площадью около 4 млн км<sup>2</sup> вплоть до восточного побережья Африки, было одним из крупнейших за последние 25 млн лет. По результатам детальной тefрохронологии установлена связь пепловых прослоев в разрезе скв.758 с извержениями вулкана Тоба и определено время их образования [2].



**Рисунок 1 - Полигоны работ 42 рейса судна «Академик Б. Петров» и основные отражающие границы на сейсмическом профиле (полигон 1), связанные с извержениями вулкана Тоба. (Прямоугольниками обозначены полигоны сейсмопрофилирования, звездами - скважины глубоководного бурения).**

В верхней части осадочного чехла Восточно-Индийского хребта на сейсмических профилях было выделено 3 основные отражающие границы - А, В и С (рис. 1). Они прослеживаются внутри слабослоистой осадочной толщи на большей части полигонов. Верхний рефlector «А» на глубине 2-3 м ниже дна прослеживается на всех сейсмических профилях. Эта непрерывная высокоамплитудная, относительно гладкая граница практически конформно повторяет рельеф поверхности дна. Средняя граница «В» на глубине 7-9 м, реже до 10 м, более слабая и прерывистая, она прослеживается в участках с наибольшей видимой мощностью осадков. Нижняя граница «С» на глубине 11-15 м, реже до 20 м выделяется местами, чаще это серия сближенных прерывистых высокоамплитудных отражений. Ниже неё на большей части района работ слоистость на сейсмических разрезах не прослеживается из-за проникающей способности профилографа. Эти рефlectоры маркируют геологические границы слоев осадков с разными физическими свойствами осадков, прежде всего плотности, обычно вследствие изменения их литологии. Для литолого-стратиграфической интерпретации сейсмопрофилей использовались результаты глубоководного океанического бурения. В ближайшей скв. 216 (01°27.73' с.ш., 90°12.48' в.д.) образцы из верхней части разреза не отбирались [3], поэтому использованы данные пробуренной в ~550 км севернее микрополигона скв. 758 (05°23.04' с.ш., 90°21.66' в.д.). В ней верхняя часть разреза представляет собой толщу фораминиферо-кокколитовых илов с прослоями вулканического пепла разной мощности [4]. На глубине 2 м здесь выделен первый пепловый прослой мощностью до 10 см, в котором отмечается

резкое изменение физических свойств: уменьшение содержания  $\text{CaCO}_3$  и главное увеличение плотности относительно выше- и нижележащих слоев, т.е. создается необходимый для образования отражений скачок акустического импеданса. С большой вероятностью сильный рефлектор «А» на сейсмическом разрезе коррелируется с этим пепловым прослоем. Второй пепловый прослой мощностью до 23 см выделен в разрезе скважины на глубине 8 м. В этом интервале также отмечается изменение физических свойства: уменьшение содержания  $\text{CaCO}_3$  и небольшое увеличение плотности. Рефлектор «В» также отражает появление в осадочном разрезе пеплового горизонта. Третий пепловый прослой мощностью 13 см, выделенный в разрезе скважины на глубине 11 м, также характеризуется изменением физических свойства: уменьшением содержания  $\text{CaCO}_3$  и незначительным увеличением плотности. Отражающая граница «С» на сейсмическом разрезе соответствует этому пепловому прослою в геологическом разрезе. Таким образом, наблюдается высокая степень корреляции данных сейсмопрофилирования и бурения - сейсмических отражающих границ с литологией верхней части осадочного разреза.

Сейсмостратиграфический анализ выполненных профилей с детальной стратиграфической привязкой по скважине глубоководного бурения рефлекторов в верхней части осадочного разреза выявил повсеместное распространение в регионе трех пепловых прослоев, отражающих извержение вулкана Тоба на о. Суматра в позднечетвертичное время. Надежная корреляция отражающих границ «А», «В» и «С» на сейсмическом разрезе с тремя верхними пепловыми прослоями в этой скважине позволяет в дальнейшем использовать полученные результаты для литолого-стратиграфической интерпретации сейсмических разрезов самой верхней части осадочного чехла в северо-восточной части Индийского океана.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-35-60023 мол\_а\_дж)*

#### **Литература:**

1. Левченко О.В, Ананьев Р.А., Веклич И.А., Иваненко А.Н., Маринова Ю.Г., Сборщиков И.М., Кольцова А.В., Шмельков Б.С., Белоус О.В. Геофизическая съемка на Восточно-Индийском хребте в 42 рейсе НИС «Академик Борис Петров». XXII Международная Научная конференция (Школа) по морской геологии. ИО РАН. Москва. 21-24 ноября 2017 г., С. 151-155.
2. Ninkovich D. Distribution, age and chemical composition of tephra layers in deep-sea sediments of western Indonesia. Journ. of Volc. and Geotherm. Research. 1979. V.5. P. 67-86
3. Von der Borch, C.C., et al. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 22: Washington, D.C., US Government Printing Office. 1974. 890 p.
4. Weissel J., Peirce J., Taylor E., Alt J., et al. Proc. ODP, Sci. Results: College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1991. V.121. 990 p.

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЖДУ МАГНЕЗИАЛЬНЫМИ ФАЗАМИ МАНТИИ ЗЕМЛИ**

*Марченко Е.И., Бобров А.В., Еремин Н.Н.*

Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия  
[marchenko-ekaterina@bk.ru](mailto:marchenko-ekaterina@bk.ru)

Аннотация. Методами атомистического моделирования рассмотрены конфигурации областей дефектов легких и тяжелых редкоземельных элементов между кристаллическими магнезиальными фазами состава  $MgSiO_3$ ,  $(Mg,Fe)SiO_3$ , и  $(Mg,Fe)O$  в диапазоне давлений нижней мантии Земли. Показан характер распределения редкоземельных элементов между исследуемыми фазами.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, фазы мантии Земли, редкоземельные элементы

**THEORETICAL MODELING OF THE DISTRIBUTION OF RARE-EARTH ELEMENTS BETWEEN THE MAGNESIAN PHASES OF THE EARTH'S MANTLE**

*Marchenko E.I., Bobrov A.V., Eremin N.N.*

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,  
[marchenko-ekaterina@bk.ru](mailto:marchenko-ekaterina@bk.ru)

Abstract. The configurations of the defect regions of light and heavy rare-earth elements between the crystalline magnesian phases of the composition  $MgSiO_3$ ,  $(Mg,Fe)SiO_3$ ,  $(Mg,Fe)_2SiO_4$ ,  $(Mg,Fe)O$  in the range of the Earth's mantle pressures are considered by atomistic simulation methods. The trend of the distribution of rare-earth elements between the investigated phases is shown.

Key words: computer modeling, Earth's mantle phases, rare-earth elements

На сегодняшний день большинство исследователей согласны с идеей о том, что вся нижняя мантия в основном состоит из постперовскитоподобной фазы  $(Mg,Fe)SiO_3$ , на долю которой приходится около 70% ее объема, и магнезиовюститита  $(Mg,Fe)O$  (~20%)[1]. В настоящей работе рассмотрены различные схемы дефектообразования с участием редкоземельных элементов ряда La-Lu в  $MgSiO_3$  и  $(Mg,Fe)SiO_3$  со структурами перовскитов и магнезиовюстите при давлениях, соответствующих нижней мантии Земли.

Для моделирования различных конфигураций областей дефектов, содержащих редкоземельные элементы, использовалась качественная модель потенциалов межатомного взаимодействия, зарекомендовавшая себя в работе [2] и разработан новый согласованный



трансферабельный набор потенциалов для  $\text{MgSiO}_3$ ,  $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ ,  $(\text{Mg,Fe})\text{O}$ . Структурные характеристики и физические свойства исследуемых модификаций были воспроизведены в хорошем согласии с экспериментальными данными.

Расчеты осуществлялись с использованием программы GULP [3] методом Мотта-Литтлтона и моделированием в сверхъядерных различных размеров.

С использованием разработанной модели потенциалов для легких и тяжелых редкоземельных элементов выявлены наиболее выгодные по энергии конфигурации областей дефектов. Характер распределения редкоземельных элементов по исследуемым фазам оценивался введением малых количеств оксидов в эти системы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ 17-17-01169 и с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова*

#### **Литература:**

1. Пушаровский Ю.М., Пушаровский Д.Ю. Геология мантии Земли. -М.: ГЕОС. 2010. 140 с. ISBN 978-5-89118-55-9.
2. Eremin N.N., Marchenko E.I., Petrov V.G., Mitrofanov A.A., Ulanova A.S. Solid solutions of monazites of lighter rare earth elements and plutonium: atomistic model of crystal structures, point defects and mixing properties . Computational Materials Science (in press)
3. Gale J.D., Rohl A.L. (2003) The General Utility Lattice Program (GULP). Mol. Simul. 2003. V. 29 . Pp. 291–341.

## ОСНОВНЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ СТРОМАТОЛИТОВЫХ ПОСТРОЕК СИЛУРА (ТИМАНО-СЕВЕРОУРАЛЬСКИЙ РЕГИОН)

*Матвеев В. А.*

Институт геологии им. академика Н.П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия,  
[vamatveev@geo.komisc.ru](mailto:vamatveev@geo.komisc.ru)

Аннотация. Строматолитовые постройки силура Тимано-Североуральского региона являются широко распространенными биогенными образованиями, получившими свое развитие в лландовери, венлоке и лудлове. В работе приводится описание трех основных морфологических типов строматолитовых построек – пластовые, желваковые и столбчатые строматолиты, подразделенные на подтипы. Установлена взаимосвязь морфологического разнообразия строматолитовых построек с изменениями условий седиментаций в силурийском морском бассейне.

Ключевые слова: строматолиты, силур, Тимано-Североуральский регион.

## MAIN MORPHOLOGICAL TYPES OF SILURIAN STROMATOLITIC BUILDUPS (TIMANO-NORTHERN REGION)

*Matveev V. A.*

N.P. Yushkin Institute of Geology Komi SC UrB RAS, Syktyvkar, Russia,  
[vamatveev@geo.komisc.ru](mailto:vamatveev@geo.komisc.ru)

Abstract. Stromatolitic buildups of the Silurian of the Timan-Northern Urals region are widespread biogenic formations, which had developed in the Llandoverly, Wenlock, and Ludlow. The paper describes three main morphological types of stromatolite buildups: stratified stromatolites, nodular, and columnar, which are subdivided into subtypes. It is established that the morphological diversity of the Silurian stromatolites depended on the environment dynamics.

Key words: stromatolites, silurian, Timano-Northern Urals region,

Строматолитовые постройки являются широко распространенными биогенными образованиями, получившими свое развитие в силуре в конце лландовери, венлоке и лудлове. Они слагают разные по мощности слои и биогермы [2, 3]. Нередко строматолиты являются единственными биогенными образованиями в разрезах силура Тимано-Североуральского региона, поэтому им принадлежит важнейшая роль в силурийском пороодообразовании.

Разнообразие морфологических форм строматолитов многие исследователи связывают с приуроченностью их к определенным фаціальным зонам морского бассейна [5, 6, 7, 8, 9].

В Тимано-Североуральском шельфовом палеобассейне в силурийское время в зависимости от батиметрических условий выделяются закономерно сменяющиеся зоны: супралиторали, нижней и верхней литорали, и верхней сублиторали [1]. Как показало

изучение серии разрезов силура на западном склоне Приполярного Урала и поднятия Чернова, строматолитовые постройки приурочены ко всем этим зонам [2, 3].

В разрезах силура на поднятии Чернова и западном склоне Приполярного Урала выделены три основных морфологических типа строматолитовых построек: I – пластовые, II – желваковые, III – столбчатые (рис. 1). Первый тип строматолитов подразделен на корковые и пологоволнистые. Второй тип представлен дисковидными, караваевидными, куполовидными, полусферическими и шарообразными постройками. Третий тип подразделен на подтипы - неветвящиеся и ветвящиеся.

Морфтип	Подтипы	Размеры	Особенности строения	Условия образования
Пластовые	Корковые 	до 3 см	Пластовые постройки, в которых микрослои протягиваются через всю постройку	Супралитораль и верхняя литораль (места, защищенные от действий сильных волн)
	Пологоволнистые 	до 150 см		
Желваковые	Куполовидные 	от 15 до 20 см от 100 до 150 см	Субсферические постройки, диаметр которых больше высоты или равен ей. Подтипы: дисковидные, караваевидные, куполовидные, полусферические и шаровидные	Верхняя, нижняя литораль. Верхняя сублитораль, относительно спокойноводные условия. Разнообразная бентосная фауна в подстилающих и перекрывающих толщах
	Караваевидные 	от 10 до 20 см от 30 до 70 см		
	Полусферические 	от 30 до 120 см		
	Шаровидные 	от 20 до 20 см		
	Дисковидные 	от 30 до 80 см		
Столбчатые	 а) неветвящиеся б) ветвящиеся	от 10 до 5 см от 20 до 10 см	Постройки, высота которых превышает их диаметр. Столбцы бывают одиночными или ветвящимися	Верхняя сублитораль. Разнообразная бентосная фауна в подстилающих и перекрывающих толщах

**Рисунок – 1. Основные морфологические типы и подтипы силурийских строматолитовых построек западного склона Приполярного Урала и поднятия Чернова**

Пластовые строматолиты. К этому типу относятся пластовые постройки, в которых микрослои протягиваются непрерывно через всю постройку. Мощность пластовых строматолитов всегда меньше их протяженности и составляет от нескольких сантиметров (корковые) и до 2 м (пластовые). К пластовым строматолитам также относятся состоящие из двух–трех слойков «корки», имеющие толщину 1–3 см. Обычно они покрывают субстрат, образуя небольшие бугорки и впадины. В некоторых случаях пологоволнистые строматолитовые биостромы содержат изолированные небольшие куполовидные или караваевидные постройки до 15 см в высоту и 20 см в ширину. Максимальное развитие пластовых строматолитовых построек произошло в среднем лландовери.

Желваковые строматолиты – субсферические постройки, диаметр которых больше высоты или равен ей. Этот тип подразделен на подтипы: дисковидные, караваевидные, куполовидные, полусферические и шаровидные. Размеры построек могут варьироваться от

нескольких сантиметров до одного метра и более. Все морфологические типы построек характеризуются микрослойчатостью, повторяющей основную форму постройки. Дисквидные строматолиты, как правило, образуют уплощенные постройки с пологой слоистостью. Караваевидные, куполовидные и полусферические строматолиты различаются соотношением толщины и диаметра постройки в основании, шаровидные строматолиты имеют концентрическое строение микрослоев и равные толщину и диаметр. Желваковые строматолиты известны практически во всех изученных разрезах силура Тимано-Североуральского региона.

Столбчатые строматолиты представлены столбиками, высота которых превышает их диаметр. Силурийские столбчатые строматолиты по классификации М. Е. Раабен [4] подразделены на два подтипа: столбчатые неветвящиеся и столбчатые ветвящиеся. В столбчатых неветвящихся строматолитах столбики образуют как неправильные формы, утолщаясь или сужаясь кверху, так и ровные прямые столбики до 15 см высотой. Столбчатые неветвящиеся строматолиты изучены в разрезе лудлова в бассейне р. Падимейтивис на поднятии Чернова.

Столбчатые ветвящиеся строматолиты образованы столбиками разного размера. Обычно от главного столбика отходят 2-3 дочерних, которые могут срастаться с соседним столбиком. Столбики ветвящихся строматолитов имеют неровные боковые поверхности, которые, утолщаясь, могут образовывать козырьки. Слоистая текстура образована темными и светлыми слоями с многочисленными беспорядочными включениями белого кальцита. Этот подтип строматолитов установлен лишь в одном слое в разрезе среднего лландовери на западном склоне Приполярного Урала в бассейне р. Кожым.

Таким образом, наибольшим разнообразием морфологических форм строматолитовых построек силура отличается желваковый тип. Наиболее распространенным в изученных разрезах силура является пластовый тип постройки. Столбчатые постройки встречаются значительно реже. Литологические исследования пород силурийских разрезов показали, что морфологическое разнообразие строматолитовых построек зависело от условий окружающей среды.

*Работа проводилась в рамках Госпрограммы № ГРАААА-А17-117121270038-1 и при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 18-5-5-50.*

#### **Литература:**

1. Жемчугова В.А., Мельников, С. В., Данилов, В. Н. Нижний палеозой Печорского нефтегазоносного бассейна (строение, условия образования, нефтегазоносность). М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. 110 с.
2. Матвеев В. А. Строматолитовые постройки венлока поднятия Чернова: основные морфотипы, микроструктура. «Вестник» ИГ Коми НЦ, 2011. № 11. С. 2–5.
3. Матвеев В.А. Основные морфотипы и микроструктура лландоверийских строматолитовых построек на западном склоне Приполярного Урала. Вестник ИГ Коми НЦ. 2013. № 2. С. 17–20.
4. Раабен М.Е. Строматолиты. Бактериальная палеонтология. М.: ПИН РАН, 2002. С. 52–58.
5. Серебряков, С. Н. Особенности формирования и размещения рифейских строматолитов Сибири. Тр. ГИН АН СССР, 1975. Вып. 200. 217 с.
6. Gebelein, C. D. Distribution, morphology and accretion rate of recent subtidal algal stromatolites, Bermuda. J. Sediment. Petrol. 1969. V. 39. N.1. P. 49–69.
7. Jahnert, R. J. and Collins, L. B. Characteristics, distribution and morphogenesis of subtidal microbial systems in Shark Bay, Australia. Mar. Geol. 2012. P. 115–136.
8. Monty, C.L.V. Distribution and structure of recent stromatolitic algal Eastern Andros Island, Bahamas. Ann. Soc. geol. Belg. 1967. V. 90. №. 3. P. 58-63.
9. Logan, B. W. Rezak, R., Ginsburg, R. N. Classification and environmental significance of algal stromatolites. J. Geol. 1964. V. 72. P. 68–83.

## РАЙОНИРОВАНИЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АНГАРО-КАНСКОГО ТЕРРЕЙНА ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА И ПРОБЛЕМА ЕГО ТЕКТОНИЧЕСКИХ ГРАНИЦ

*Матушкин Н.Ю., Кадильников П.И.*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск,  
[MatushkinNY@ipgg.sbras.ru](mailto:MatushkinNY@ipgg.sbras.ru)  
Новосибирский государственный университет, Новосибирск

Аннотация. Западная окраина Ангаро-Канского террейна Енисейского кряжа (енисейский блок) несет признаки множества этапов тектонической и магматической переработки в позднем докембрии и фанерозое. Большая часть проявлений контролируются Ковдорским швом, который сшивает две структурно различные части блока, деформированные на разных этапах развития активной окраины в неопротерозое. Зимовейнинский массив был деформирован вместе с метаморфическими породами енисейского блока, но до этого мог иметь обособленную тектоническую историю.

Ключевые слова: Сибирский кратон, Южно-Енисейский кряж, Зимовейнинский массив

## THE ZONING OF THE WESTERN PART OF THE ANGARA-KAN TERRANE (YENISEI RIDGE) AND THE PROBLEM OF ITS TECTONIC BOUNDARIES

*Matushkin N.Yu., Kadilnikov P.I.*

A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk  
[MatushkinNY@ipgg.sbras.ru](mailto:MatushkinNY@ipgg.sbras.ru)  
Novosibirsk State University, Novosibirsk

Abstract. The western margin of the Angara-Kan terrane of the Yenisei Ridge (the yenisei block) shown signs of multiple stages of tectonic and magmatic reworking in the late Precambrian and the Phanerozoic. Most of these manifestations are controlled by the Kovdor suture, which connects two structurally different parts of the block, deformed on different stages of development of the active margin in the Neoproterozoic. The Zimoveyniy massif was deformed together with the yenisei block metamorphic rocks, but before that could have had an independent tectonic history.

Key words: Siberian craton, South Yenisei Ridge, Zimoveyniy massif

Южно-Енисейский кряж в рамках современной террейновой модели рассматривается как выступ фундамента Сибирского кратона (Ангаро-Канский террейн) с корой палеопротерозойского возраста, к которому в конце неопротерозоя аккретировал Предивинский островодужный террейн (637-628 млн лет) [1]. Последующие исследования показали, что эта структура включает тектономагматические проявления развивавшейся в эдиакарии активной континентальной окраины Сибири (576-546 млн лет) [2]; раннекаледонских магматических событий в Центрально-Азиатском складчатом поясе (511 и 455 млн лет) [3]; девонского континентального рифтогенеза (~387 млн лет) и даже

Сибирских траппов триасового возраста (~240 млн лет) [4]. Перечисленные проявления «омолаживания структуры» в виде пликативных и дизъюнктивных деформаций, интрузивных тел и термо-метаморфических преобразований, фиксируемых Ar-Ar исследованиями [4], концентрируются в западной и северной частях Ангаро-Канского террейна, где его районирование и вызывают наибольшую дискуссию.

Анализируя картографические и литературные данные, палеопротерозойскую структуру Ангаро-Канского террейна можно интерпретировать как коллаж из трёх тектонически совмещенных фрагментов, каждый из которых характеризуется комплексом метаморфических и магматических пород [5,4] (с востока на запад): (1) атамановский (глиноземистые гнейсы, гранулитовая фация метаморфизма), вмещающий Таракский массив гранитоидов с возрастом 1900-1840 млн лет [6]; (2) кузеевский (гиперстен-гранат-ортоклазовые гнейсы и двупироксеновые кристаллические сланцы, гранулитовая фация), включающий аллохтонные граниты с возрастом 1734 млн лет [7] и малые тела габброидов кимбирского комплекса; (3) енисейский (амфиболиты по вулканитам от основного до кислого состава, двуслюдяные гнейсы, метакварциты и мраморы [5], преимущественно амфиболитовая фация), в котором сосредоточена большая часть позднедокембрийских и фанерозойских магматических проявлений. U/Pb возраст первично магматических цирконов в метавулканитах составляет около 1880 млн лет [8].

Западная граница енисейского блока совпадает с окраиной самого Ангаро-Канского террейна и проводится по Приенисейскому шву, по другую сторону которого залегает Предивинский островодужный террейн (NP<sub>2-3</sub>) с линзами офиолитов. Северная граница блока, судя по геологическому строению картируемых комплексов, и по характеру аномалий гравитационного и магнитного поля [9,10], также должна совпадать с границей террейна и проводится по продолжению Ишимбинского шва, который соединяет окраину Сибири с Центральнo-Ангарским террейном в Заангарье [1] и частично может совпадать с Ангарским разломом. Данную границу следует предположительно проводить по линии, проходящей от южного окончания Ишимбинского шва в районе с. Рыбное, до устья р. Ягодкина через устье р. Чистяковка. Восточная граница блока на севере проводится по крупному дизъюнктиву, маркирующему как смену метаморфических пород, так и резкую смену простирания их директивных структур. Южнее эта граница проводится по Ковдорскому шву, с которым ассоциируют фанерозойские гранитоидные интрузии, а также эдиакарские адакиты и вмещающий их Зимовейнинский массив. Ковдорский шов имеет более чем локальную роль – его юго-восточное продолжение предположительно соответствует Бирюсинскому шву в структурах Присяня [4], а на северо-западе он проникает в структуру самого енисейского блока. Последний отличается также от атамановского и кузеевского характерной морфологией аномалий силы тяжести [9] и магнитного поля [10].

Анализ залегания ориентированных структур метаморфических пород и разломов показывает, что часть блока, зажата между Ковдорским и Приенисейским швом, проявляет стабильное СЗ простирание структур, а северная часть блока – веерную вергентность с СЗ простиранием в западной части и СВ простиранием в восточной. Детально эти структурные особенности северной части блока исследованы на примере крупного Зимовейнинского массива, сложенного metabазитами амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций метаморфизма повышенных давлений с отдельными линзами metabазитов эпидот-амфиболитовой фации умеренных давлений, и кислых гранулитов. Геолого-структурное изучение обнажений, микроструктурный анализ, ступени по периферии в геофизических

полях показывают, что Зимовейнинский массив приурочен к Ковдорскому шву, имеет тектонические границы и чешуйчатое строение. При этом, он проявляет такую же веерную вергентность в простирации слагающих его тектонических линз, а также разломов (преимущественно сдвигов) и осей сопутствующих им складок. Такой эффект согласуется с давлением на северную окраину енисейского блока со стороны Ишимбинского шва, что происходило в обстановке сдвигового перемещения с левосторонней кинематикой Центрально-Ангарского террейна вдоль края Сибирского кратона после его косо коллизии в раннем-среднем неопротерозое [11]. Последнее также согласуется с наложенным метаморфическим событием на вулканы енисейского блока в интервале 800-700 млн лет [8]. Последующие деформации, включая взбросо-надвиги ЮЗ падения в Зимовейнинском массиве согласуются с давлением со стороны косо аккреции Предивинского террейна на следующем этапе (630-600 млн лет).

Таким образом, деформированная структура Зимовейнинского массива и енисейского блока в целом обусловлена неопротерозойским косо ориентированными коллизионно-аккреционными событиями на активной юго-западной окраине Сибири. Тектоническая обособленность массива, контрастный состав и чешуйчатое строение, возможно, характеризуют его как самостоятельную тектоническую единицу. Установка времени и механизма вовлечения его пород в структуру енисейского блока до Центрально-Ангарской коллизии требуют дополнительных исследований.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ 18-35-00556, 18-05-00854*

#### **Литература:**

1. Верниковский В.А., Верниковская А.Е. Тектоника и эволюция гранитоидного магматизма Енисейского кряжа. Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 1. С. 35–52.
2. Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю., Кадильников П.И., Романова И.В., Ларионов А.Н. Поздненеопротерозойские адакиты Енисейского кряжа (Центральная Сибирь): петрогенезис, геодинамика и U/Pb возраст. Геология и геофизика. 2017. Т. 58. № 10. С. 1459–1478.
3. Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Даценко В.М., Сальникова Е.Б., Ясенев А.М., Ковач В.П., Котов А.Б., Травин А.В. О проявлении раннепалеозойского магматизма в Южно-Енисейском кряже. Доклады РАН. 2004. Т. 397. № 3. С. 1–6.
4. Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю., Романова И.В., Бережная Н.Г., Ларионов А.Н., Травин А.В. Среднепалеозойский и раннемезозойский анорогенный магматизм Южно-Енисейского кряжа: первые геохимические и геохронологические данные. Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 5. С. 701–716.
5. Попов Н.В. Тектоническая модель раннедокембрийской эволюции Южно-Енисейского кряжа. Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 7. С. 1028–1041.
6. Ножкин А.Д., Бибилова Е.В., Туркина О.М., Пономарчук В.А. Изотопно-геохронологическое исследование (U-Pb, Ar-Ar, Sm-Nd) субщелочных порфировидных гранитов Таракского массива Енисейского кряжа. Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 9. С. 879–889.
7. Бибилова Е.В., Грачева Т.В., Козаков И.К., Плоткина Ю.В. U-Pb возраст гиперстеновых гранитов (кузевитов) Ангаро-Канского выступа (Енисейский кряж). Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 5. С. 864–867.
8. Бибилова Е.В., Грачева Т.В., Макаров В.А., Ножкин А.Д. Возрастные рубежи в геологической эволюции раннего докембрия Енисейского кряжа. Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1993. Т. 1. № 1. С. 35–40.
9. Гравиметрическая карта СССР. Редукция Буге. Масштаб. 1:1000 000. Лист О-46. 1964 г.
10. Государственная геологическая карта СССР (Новая серия). Карта аномального магнитного поля. Масштаб 1:1000 000. Лист О-46(47). 1971 г.
11. Верниковский В.А., Метелкин Д.В., Верниковская А.Е., Матушкин Н.Ю., Казанский А.Ю., Кадильников П.И., Романова И.В., Вингейт М.Т.Д., Ларионов А.Н., Родионов Н.В. Неопротерозойская тектоническая структура Енисейского кряжа и формирование западной окраины Сибирского кратона на основе новых геологических, палеомагнитных и геохронологических данных. Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 1. С. 63–90.

**ЛАНДШАФТНО-ИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК ВАЖНЕЙШАЯ  
СОСТАВЛЯЮЩАЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ  
В УСЛОВИЯХ ГОРНОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ**

*Медведков А.А.*

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,  
[a-medvedkov@bk.ru](mailto:a-medvedkov@bk.ru)

Аннотация. Анализируется роль метода ландшафтной индикации для стадии инженерных изысканий, применительно к условиям горной криолитозоны. Рассмотрены важнейшие инженерно-геоэкологические особенности участка на севере Енисейского кряжа, характеризующегося высокой мозаичностью природно-географических условий, и показана роль ландшафтных индикаторов в их выявлении и дальнейшей оценке.

Ключевые слова: мерзлотные ландшафты, ландшафтная индикация, криолитозона.

**LANDSCAPE-INDICATIVE RESEARCH AS A MOST IMPORTANT COMPONENT OF  
ENGINEERING SURVEYS IN THE CONDITIONS OF MOUNTAIN  
CRYOLITHOZONE**

*Medvedkov A.A.*

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,  
[a-medvedkov@bk.ru](mailto:a-medvedkov@bk.ru)

Abstract. The role of the landscape indication method for the engineering survey stage in the conditions of the mountain cryolithozone is analyzed. Considered the most important engineering and environmental features of the site in the north of the Yenisei Ridge. The role of landscape indicators in their identification and further evaluation is shown.

Key words: permafrost landscapes, landscape indication, cryolithozone.

*Постановка проблемы.* Мерзлотные ландшафты и моделирующие их криогенные процессы требуют особого внимания и учёта при выполнении инженерных (инженерно-геологических и инженерно-экологических) изысканий. Ландшафтная индикация - один из методов, используемый на основе межкомпонентных связей для выявления многолетнемерзлых пород (ММП) и оценки их важнейших характеристик (сплошности, льдистости, температуры и др.), что необходимо для проведения полноценного инженерно-геологического картографирования территории в условиях криолитозоны. Обычно такие тематические карты используются на ранних стадиях проектирования хозяйственных объектов, что позволяет наиболее полно оценить геоэкологические особенности осваиваемой территории и спрогнозировать потенциальные риски. Как отмечает А.Н. Федоров [1], преимущество ландшафтно-индикационного метода в познании структуры мерзлотных ПТК заключается в индикации многолетнемерзлых пород визуально наиболее



выразительными компонентами природы. Наиболее широко данный подход нашел применение в работах ВСЕГИНГЕО. Необходимо понимать, что для различных частей криолитозны конкретные индикаторы мерзлотных условий будут отличаться, что позволяет говорить о их региональной приуроченности и определённых границах применимости. В качестве важнейших индикаторов - наиболее физиономичных природных компонентов мерзлотных ландшафтов выступают - растительность (структура растительного покрова) и рельеф (морфологические особенности дневной поверхности). На примере участка изысканий "Высокое" на севере Енисейского кряжа, отличающегося сложностью инженерно-экологических условий в условиях горной криолитозоны [2] и будут в рамках данной публикации рассмотрены результаты крупномасштабных ландшафтно-индикационных исследований.

*Инженерно-геоэкологические особенности ключевого участка.* Участок золотодобывающего месторождения «Высокое», площадью около 25 кв. км, расположен в правобережной части бассейна р. Чапа (р. Чапа - р. Вельмо - р. Подкаменная Тунгуска). В административном отношении – это территория Северо-Енисейского муниципального района Красноярского края. Данный участок приурочен к полю распространения пород раннего протерозоя и раннего-среднего рифея – в основном метаморфических сланцев, а также терригенно-карбонатных пород, подвергшихся слабому метаморфизму и нарушенных системой параллельных разломов северо-западного простирания. Зона разломов выражена как морфотектоническая граница, разделяющая древнюю поверхность выравнивания на два уровня – верхний с высотами вершинных поверхностей 480 – 560 м и нижний – 230 – 420 м, а урез воды р. Чапа в пределах данного участка колеблется от 207 до 220 м.

В геоэкологическом отношении этот район характеризуется островным и прерывистым развитием ММП. На хорошо дренируемых поверхностях верхней поверхности выравнивания получила распространение сосново-березовая тайга на торфянистых буротаежных и торфянистых буротаежных маломощных почвах. По мере увеличения мощности рыхлых отложений, древостой становится более разнообразным - увеличивается значение березы и других хвойных пород, прежде всего ели и лиственницы. Относительно высокая степень расчлененности и небольшая мощность рыхлых отложений снижают обводненность территории, что в итоге не способствует широкому развитию ММП. Противоположные характеристики присущи природным комплексам нижней поверхности выравнивания, характеризующихся значительно меньшей расчлененностью территории, повышенной обводненностью и большей мощностью дисперсных отложений (до 10 м). В данных условиях широкое распространение получили высокотемпературные льдистые породы и мерзлотные ландшафты с особой структурой растительного покрова [3], отличающиеся высокой уязвимостью к любым внешним воздействиям климатогенного или антропогенного генезиса. Указанное свойство мерзлотных геосистем требует её обязательно учета как при хозяйственном освоении территорий, так и открывает новые возможности для мониторинговых научных исследований при изучении отклика ландшафтов на быстрые изменения климата.

*Индикация мерзлотных ландшафтов.* Рассматриваемая территория располагается на южной периферии криолитозоны, в пределах мерзлотного экотона, где природные комплексы отличаются наибольшей визуальной выразительностью [4]. Для индикации геосистем с близким залеганием ММП была использована группа индикаторов, выявленных по итогам многолетних полевых исследований в экотонной зоне

Приенисейской Сибири и там же прошедшая неоднократную апробацию [3,4,5]. Остановимся на наиболее выразительных индикаторах. Так, растительный покров мерзлотных ландшафтов визуальнo выразителен ввиду его особой структуры: древостой характеризуется разреженностью и угнетенностью, типично наклонное положение деревьев, наблюдается широкое распространение лиственницы, пихты стланиковой формы, карликовой березки, полярной ивы, обилие осоки и хвощей, из кустарничков – типична голубика. Типичные мезоформы, маркирующие мерзлотные ландшафты: солифлюкционные наплывы или шлейфы подножья, обводнённые курумы, канавообразные русла ручьев и рек с признаками оползания. Микрорельеф на таких участках представлен болотными кочками, солифлюкционными окнами-разрывами, солифлюкционными валиками, буграми пучения, термокарстовыми понижениями округлой и изометричной формы. В местах распространения мерзлотных ландшафтов поверхностные отложения представлены обводненными дисперсными отложениями различного генезиса. Мерзлотные ландшафты на участке изысканий представлены преобладанием темнохвойной тайги, часто редкостойной и с увеличенной долей кедра в угнетенном состоянии, с примесью лиственницы и березы на торфяно-мерзлотных аллювиально-болотных, торфяно-мерзлотных буротаежных и других типах почвы.

*Заключение.* Изучение мерзлотных геосистем тесно связано с проблемами геокриологического картографирования. Межкомпонентные связи, обеспечивая функциональное единство природного комплекса, определяют возможность использования морфологических характеристик ландшафтов при индикации геокриологических условий. Ландшафтно-индикационные исследования позволяют выявлять участки территорий с серьезными ограничениями по их хозяйственному освоению. Особенно это актуально для условий горной криолитозоны, где денудационные и гравитационные процессы протекают более активно, а уязвимость геосистем к антропогенному воздействию выражена более заметно. Такие области требуют применения специальных мер по охране природы, что имеет высокую практическую значимость для проектирования техногенных объектов и управления геоэкологическими рисками в криолитозоне.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ (проект МК - 2396.2017.5).*

#### **Литература:**

1. Фёдоров А.Н. Мерзлотные ландшафты Якутии: методика выделения и вопросы картографирования. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО СССР, 1991. 140 с.
2. Медведков А.А. Опыт ландшафтно-геоэкологического картографирования участка "Верхняя Чапа" (Север Енисейского края). Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014. № 1. С. 94-99.
3. Медведков А.А. Индикация состояния мерзлотно-таёжных ландшафтов на южной периферии криолитозоны в условиях изменяющегося климата. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 18-28.
4. Медведков А.А. Картографирование криогенных ландшафтов на основе анализа тепловых снимков. ИнтерКарто/ИнтерГИС. 2016. Т. 22. № 1. С. 380-384.
5. Горшков С.П., Карраш Х., Парамонов А.В. Геоморфологическая индикация мерзлотных и немёрзлотных ландшафтов средней тайги Центральной Сибири. Геоморфология. 1998. № 4. С. 55–61.

**РАДИОНУКЛИДНЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ**

*Мезина (Золотухина) К.А., Мельгунов М.С.*

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия,  
[mezinaka@igm.nsc.ru](mailto:mezinaka@igm.nsc.ru)

Аннотация. Исследован радионуклидный состав ( $^7\text{Be}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{137}\text{Cs}$ ) атмосферных выпадений в районе г. Новосибирска в период с октября 2016 по март 2018 года. Показано, что эти изотопы присутствуют во всех выделенных гранулометрических фракциях взвешенного вещества ( $> 3$  мкм; 3-0,45 мкм и  $> 0,45$  мкм) снеготалых и дождевых вод. Фракция, состоящая из мелкодисперсных аэрозольных частиц, коллоидов и растворенной компоненты является концентратором  $^7\text{Be}$ . Основным депонентом  $^7\text{Be}$  и  $^{210}\text{Pb}$  являются крупнозернистые фракции взвешенного вещества как дождевых, так и снеговых вод. Современная плотность выпадения  $^{137}\text{Cs}$  на 2-3 порядка меньше, чем для  $^7\text{Be}$  и  $^{210}\text{Pb}$ .

Ключевые слова: радиоизотопные индикаторы, атмосферные выпадения,  $^7\text{Be}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ .

**RADIONUCLIDE COMPOSITION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION**

*Mezina (Zolotuhina) K.A., Melgunov M.S.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia  
[mezinaka@igm.nsc.ru](mailto:mezinaka@igm.nsc.ru)

Abstract. Radionuclide composition ( $^7\text{Be}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{137}\text{Cs}$ ) of atmospheric precipitation (rain, snow) has been investigated in Novosibirsk in the period from October 2016 to March 2018. It is shown that these isotopes are present in all the selected granulometric fractions of the suspended matter ( $> 3$   $\mu\text{m}$ ; 3-0,45  $\mu\text{m}$  and  $> 0,45$   $\mu\text{m}$ ) of snowmelt and rain waters. The concentrator of  $^7\text{Be}$  is fraction consisting of fine-dispersed aerosol particles, colloids and dissolved components. The main depositor of  $^7\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}$  are coarse-grained fractions of the suspended matter of both rainwater and snowmelt. The present deposition density of  $^{137}\text{Cs}$  is 2-3 orders of magnitude less than for  $^7\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}$ .

Key words: radioisotope tracers, atmospheric precipitation,  $^7\text{Be}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ .

В современных исследованиях «атмосферные»  $^7\text{Be}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{137}\text{Cs}$  часто применяются в качестве индикаторов при изучении различных природных процессов, связанных с поступлением вещества из атмосферы. Данные изотопы образуются в атмосфере за счет разных источников и поступают на поверхность земли в составе «мокрых» (дождь, снег), так и «сухих» (пыль, аэрозоли) выпадений [1]. С геохимической точки зрения интересен вопрос, связанный с изучением процессов атмосферного переноса химических элементов в составе аэрозольных и пылевых частиц. Как правило, основой таких исследований, является определение нескольких параметров, включая содержание этих изотопов в

приповерхностном слое воздуха и плотности их выпадения за определённый временной интервал.

Изучение корреляционных связей многоэлементного состава атмосферных выпадений и радиоизотопных индикаторов ( $^7\text{Be}$  и  $^{210}\text{Pb}$ ), постоянно поступающих из атмосферы, может дать количественную оценку факторов, влияющих на изменение поверхностного геохимического фона. Важный вклад в общее количество химических элементов, в том числе  $^7\text{Be}$  и  $^{210}\text{Pb}$ , поступающих из атмосферы, вносят «мокрые» атмосферные выпадения в виде снега и дождя. Так, по некоторым оценкам [2] до 80% всего поступления  $^7\text{Be}$  и  $^{210}\text{Pb}$  на земную поверхность связано именно с этими процессами. Вызывает интерес снежный покров, который является природным депонентом, накапливающим информацию об атмосферных поступлениях радиоактивных элементов за достаточно большой промежуток времени от первого выпадения поздней осенью до его таяния весной.

В настоящее время практически отсутствуют широко известные данные об исследованиях совместного атмосферном поступлении  $^7\text{Be}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{137}\text{Cs}$  на территории юга Западной Сибири. Целью представленной работы является изучение характера поступления этих радионуклидов в составе атмосферных выпадений в районе г. Новосибирска в период с октября 2016 по март 2018 года.

Объектами исследования являются единовременные снеговые и дождевые выпадения. Объем отобранных образцов изменялся от 5 до 21 л талой, либо дождевой воды. После отстаивания и выпадения в осадок крупной фракции взвешенного вещества снеготалых и дождевых вод проводились декантация пробы, а затем последовательное фильтрование декантированного раствора через два фильтра: фильтр «синяя лента» (средний размер пор 3 мкм) и мембранный фильтр 0,45 мкм. Полученный в результате фильтрования раствор упаривался до сухого остатка, в который переходило взвешенное вещество размерностью менее 0,45 мкм, представленное наноразмерными пылевыми, аэрозольными частицами, коллоидами и растворенной компонентой. В выделенных фракциях методом полупроводниковой гамма-спектрометрии определялись активности исследуемых изотопов. Анализ проводился с использованием гамма-спектрометра на основе HPGe низкофонового колодезного детектора GWL-220-15 по аналитическим гамма-линиям 477 ( $^7\text{Be}$ ); 46,5 ( $^{210}\text{Pb}$ ) и 661,7 ( $^{137}\text{Cs}$ ) кэВ. Нижний предел обнаружения указанных радионуклидов составлял 0,02 Бк. Длительность измерения единичного образца варьировалась от 12 до 48 часов и выбиралась с тем расчетом, чтобы статистическая погрешность определения площадей аналитических фотопиков 46,5 кэВ и 477 кэВ не превышала 5% [3].

При исследовании радионуклидного состава атмосферных выпадений были выявлены следующие особенности:

а) разделение по гранулометрическим фракциям взвешенного вещества снеготалых и дождевых вод показывает, что исследуемые изотопы присутствуют во всех выделенных фракциях (от самых крупных ( $>3$  мкм) до самых мелких ( $<0,45$  мкм)).

б) плотность выпадения  $^{137}\text{Cs}$  по сравнению с  $^{210}\text{Pb}$  и  $^7\text{Be}$  мала и не превышает 1 Бк/м<sup>2</sup> во всех изученных образцах. Это свидетельствует о незначительных современных содержаниях этого радионуклида в атмосфере.

в) изученные изотопы вносят существенный вклад в общую радиоактивность атмосферных выпадений, причем доля  $^7\text{Be}$  в нем составляет 72 %,  $^{210}\text{Pb}$ -27 %,  $^{137}\text{Cs}$ -1 %;

г) самые высокие значения  ${}^7\text{Be}/{}^{210}\text{Pb}$  отношений наблюдаются в самой мелкой фракции взвешенного вещества: 19 – в дождевых водах и 10 – в талых (см. рис. 1). Это говорит о том, что эта фракция, состоящая из мелкодисперсных аэрозольных частиц, коллоидов и растворенной компоненты является концентратором  ${}^7\text{Be}$ . Несмотря на то, что в более крупнозернистых фракциях общее количество и  ${}^{210}\text{Pb}$ , и  ${}^7\text{Be}$  значительно выше,  ${}^7\text{Be}/{}^{210}\text{Pb}$  отношения в них значительно меньше: 4,5-10 в дождевых водах и порядка 3 в талых. Полученные результаты показывают, что основным депонентом обоих радионуклидов являются крупнозернистые фракции взвешенного вещества как дождевых, так и снеговых вод.

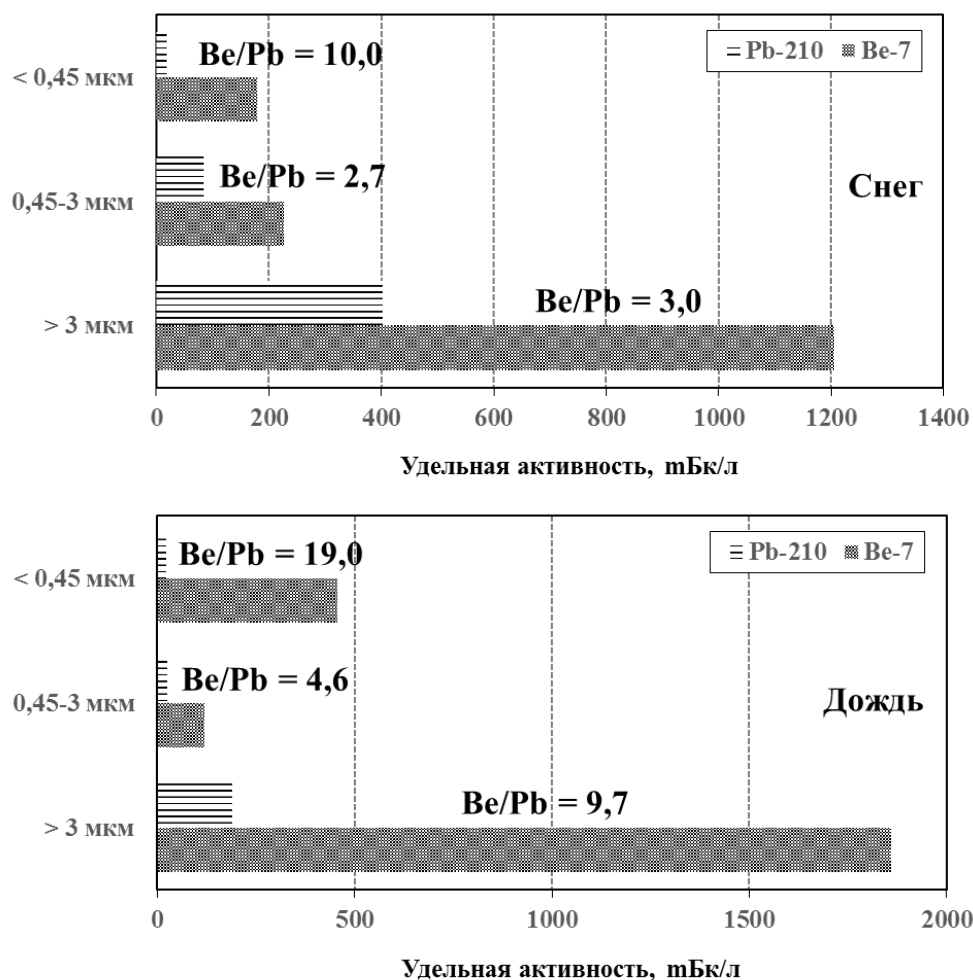


Рисунок 1 – Средние удельные активности  ${}^{210}\text{Pb}$  и  ${}^7\text{Be}$  в гранулометрических фракциях взвешенного вещества дождевых и снеготалых вод.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0330-216-0011, при частичной финансовой поддержке проекта РФФИ №17-05-41076 РГО\_а. Аналитические исследования проведены в «ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН».

#### Список литературы

1. Baskaran M., Coleman C. H., Santschi P. H. Atmospheric depositional fluxes of  ${}^7\text{Be}$  and  ${}^{210}\text{Pb}$  at Galveston and College Station, Texas. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 1993. Т. 98. №. D11. С. 20555-20571.
2. Baskaran M., Shaw G. E. Residence time of arctic haze aerosols using the concentrations and activity ratios of  ${}^{210}\text{Po}$ ,  ${}^{210}\text{Pb}$  and  ${}^7\text{Be}$ . *Journal of Aerosol Science*. 2001. Т. 32. №. 4. С. 443-452.
3. Zolotuhina K. Investigation of the radioactive composition of atmospheric fallout by nuclear geophysical method. Сборник трудов городской научно-практической конференции аспирантов и магистрантов «Science. Research. Practice.». 2018. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет. С. 44-45.

**АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЙМЕННОГО ЛАНДШАФТА  
В УСЛОВИЯХ СЕЛИТЕБНОГО ОСВОЕНИЯ  
(НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА РЕКИ СОЖ)**

*Мележ Т.А.*

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Беларусь  
[tatyana.melezh@mail.ru](mailto:tatyana.melezh@mail.ru)

Аннотация. Установлено, что пойменные ландшафты являются важным территориальным резервом для инженерного освоения в пределах селитебных территорий. Интенсивное освоение пойменных ландшафтов приводит к трансформации природных систем, и возникновению новых техногенных форм рельефа и, как следствие, формированию новых техно-природных геосистем.

Ключевые слова: антропогенная трансформация, пойменный ландшафт, геосистемы, река Сож, освоение.

**ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF THE FLOODPLAIN LANDSCAPE  
IN TERMS OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT  
(FOR EXAMPLE, THE SECTION OF THE RIVER SOZH)**

*Melezh T.A.*

Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus, [tatyana.melezh@mail.ru](mailto:tatyana.melezh@mail.ru)

Abstract. In the article it is established that flood landscapes are an important territorial reserve for engineering development within the residential areas. Intensive development of floodplain landscapes leads to the transformation of natural systems, and the emergence of new technogenic forms of relief and, as a result, the formation of new techno-natural geosystems.

Key words: anthropogenic transformation, floodplain landscape, geosystems, river Sozh, development.

Долины рек, преимущественно пойменные ландшафты, осваиваются с целью расширения площадей селитебных территорий, при невозможности застройки других площадей. В последнее время все активнее вовлекаются под инженерное освоение так называемые «неудобные земли», в большинстве случаев новые городские кварталы возводятся на намывных грунтах. Трансформация природных ландшафтов, происходящая в результате деятельности человека, проявляется во времени наиболее динамично, в сравнении с действием естественных природных процессов, проявляющиеся в течение длительного времени. Интенсивный техногенез ведет к постепенному исчезновению природных систем, на их месте формируются техногенные ландшафты.

Исследования проводились в пределах: 1) 18-й и 19-й микрорайонов и микрорайона «Кленковский» г. Гомеля (рис. 1); 2) микрорайона «Шведская горка»

г. Гомеля (рис. 2); 3) техногенно-преобразованного пойменного ландшафта участка реки Сож, расположенного юго-западнее г. Гомеля (рис. 3).

В настоящее время пойменные ландшафты в пределах городской черты подвергаются интенсивному хозяйственному освоению. Здесь расположены 18-й и 19-й микрорайоны, микрорайон «Кленковский» (рис. 2) и микрорайон «Шведская горка» (рис. 3) г. Гомеля; сооружаются мостовые переходы (автомагистраль «Восточный обход» (рис. 2), построены и функционируют мостовые переходы через реку Сож в микрорайоне «Любенский» и вторая очередь мостового перехода по ул. Фрунзе). Также проводятся работы по гидротехническому намыву аллювиального материала под площадки инженерных сооружений. В пределах техногенно-преобразованного пойменного ландшафта участка реки Сож, расположенного юго-западнее г. Гомеля, который осложнен дренажными системами и мелиоративными каналами находятся (рис. 3): карьер по добыче строительного песка; три карьерных водоема, где ранее велась добыча строительного песка, а в настоящее время карьеры рекультивированы и карьерный водоем, образовавшийся в результате водопонижения и добычи аллювиального материала, площадью 140000 м<sup>2</sup>, здесь планировалось создание порта нерудных материалов.

За счет активного освоения пойменных ландшафтов осуществляется не только расширение городских площадей, но, также ведется добыча полезных ископаемых, в частности строительных песков. Селитебное освоение пойменных ландшафтов приводит к изменению природных геосистем, что обуславливает возникновение новых техногенных форм рельефа, формируются новые техно-природные системы [1, 2]. Интенсивность освоения природных территорий идет высокими темпами (рис. 1, 2, 3), в результате возникает проблема сбалансированного взаимодействия техногенных и природных объектов.



**Рисунок 1 – Интенсивность техногенного освоения поймы реки Сож (1а и 1 б – 18 микрорайон «Приозерный»; 2а и 2б – 19 микрорайон; 3а и 3б – участок трассы «Восточный обход»)**

Городское и промышленное строительство приводит к созданию дополнительных нагрузок на геологическую среду, провоцирующих проявление и развитие опасных инженерно-геологических процессов. Освоение придолинных частей рек способствует интенсификации инженерно-геологических процессов, в результате нарушения естественного растительного покрова, комплекса инженерных мероприятий по изменению рельефа, может привести к изменению основных направлений стока поверхностных вод, подрезке склонов и так далее.



2004 г.



2016 г.

Рисунок 2 – Интенсивность техногенного освоения поймы реки Сож



Рисунок 3 – Антропогенно преобразованные пойменные ландшафты (1 – система рекультивированных карьерных водоемов; 2 – карьер «Осовцы» по намыву аллювиального материала; 3 – карьерный водоем)

В условиях активно развивающегося техногенеза, при селитебном освоении пойменных ландшафтов, неотъемлемой процедурой является проведение геоморфологической оценки пойменных территорий. Оценка позволит определить состав инженерных мероприятий по подготовке к застройке территории и провести районирование по благоприятности освоения геологического пространства. Таким образом, пойменные ландшафты являются важным территориальным резервом для развития селитебных территорий. Максимальное освоение таких участков дает возможность получить упорядоченную планировку с более интенсивным и функционально целесообразным использованием городских территорий.

#### Литература:

1. Мележ Т.А. Проблемы освоения «неудобных» земель урбанизированных территорий (на примере г. Гомеля, Республика Беларусь). Вестник Пермского университета. Серия геология. 2017. Том 16. № 2. С. 114-117.
2. Мележ Т.А., Моляренко В.Л. Эколого-геоморфологические особенности урбанизированных территорий. Геология в развивающемся мире. Пермский государственный национальный исследовательский университет; ответственный редактор Р.Р. Гильмутдинов. 2016. С. 475-478.



## МИНЕРАЛЬНО-ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПЫЛЕАЭРОЗОЛЕЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ УГОЛЬНОЙ ТЭЦ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА

*Мельникович Е.А.*

Томский политехнический университет, Томск, Россия,  
[melhmelll@gmail.com](mailto:melhmelll@gmail.com)

Аннотация. Представлены результаты исследования минерально-фазового состав проб твердого осадка снега в окрестностях ТЭЦ г. Северска. С помощью рентгенофазового анализа определено, что пробы твердой фазы снега из окрестностей ТЭЦ г. Северска состоят из минеральной и аморфной фаз, процентное содержание которых существенно не изменяется по мере удаления от труб ТЭЦ. Выявлены основные минералы (кварц, муллит, полевые шпаты), формирующие уровень пылевого загрязнения территории в окрестностях ТЭЦ. Определено, что величины пылевой нагрузки изменяется от очень высокой до высокой степени загрязнения. Исследование проб на электронном сканирующем микроскопе показало содержание техногенных частиц, в состав которых входят тяжелые металлы.

Ключевые слова: твердая фаза снега, электронная микроскопия, минеральный состав, рентгенофазовый анализ.

## MINERAL-PHASE COMPOSITION OF DUST AEROSOLS IN THE NEIGHBORHOOD OF A COAL CHPP FROM THE STUDY OF SNOW COVER

*Melnikovich E.A.*

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia,  
[melhmelll@gmail.com](mailto:melhmelll@gmail.com)

Abstract. The study presents the mineral-phase composition of solid snow residue samples collected in the vicinity of the Seversk thermal power plant. X-ray phase analysis showed that the solid snow residue samples included mineral and amorphous phases. The percentage content of phases does not change significantly in different distance from the chimneys of the plant. The main minerals (quartz, mullite, feldspar) influenced on the level of dust pollution in the vicinity of the plant. It is determined that the dust load varied from a hazardous to moderate level of pollution. Scanning electron microscope showed the content of anthropogenic particles, which are consisted of heavy metals.

Key words: solid phase of snow, scanning electron microscope, mineral composition, X-ray phase analysis.

Снеговой покров используется в качестве индикатора состояния атмосферы поскольку он эффективно накапливает загрязнения и отражает состояние атмосферного воздуха. В данной работе проводилось исследование минерально-фазового состава твердой

фазы снегового покрова в окрестностях угольной ТЭЦ г. Северска, оказывающей негативное воздействие на окружающую среду.

Отбор проб снегового покрова производился в феврале 2014 г. Всего было отобрано 7 проб снега. Отбор и подготовка проб снега проводились с учетом рекомендаций, описываемых в работах [1, 5-6]. По итогам полевых работ проводился расчет пылевой нагрузки по формуле согласно работе [4]. Пробы, отобранные в северо-восточном направлении на расстоянии 0,5; 1,66; 2,91 км от ТЭЦ изучались сканирующей электронной микроскопии и рентгенофазовым анализом в МИНОЦ «Урановая геология» в ТПУ.

Было определено, что с увеличением расстояния в северо-восточном направлении от труб ТЭЦ значение пылевой нагрузки снижается и степень загрязнения территории изменяется от очень высокой до высокой в соответствии с градацией Ю.Е. Саета [6]. Результаты рентгенофазового анализа показали, что пробы твердой фазы снега из окрестностей ТЭЦ г. Северска состоят из минеральной и аморфной фаз. Пылевая нагрузка связана с содержанием минеральной и аморфной фазы в пробах, содержание которых находится в близких пропорциях (таблица 1). Но в тоже время, содержание отдельных минеральных фаз изменяется не равномерно по мере удаления от ТЭЦ г. Северска. В целом кварц и муллит вносят свой вклад в формирование высокой и очень высокой пылевой нагрузки в окрестностях ТЭЦ г. Северска во всех изученных пробах. Муллит совместно с кварцем входит в состав сферических образований, являющихся индикаторами техногенного воздействия угольной теплоэнергетики [2, 7, 9]. Во всех пробах обнаружен ортоклаз. В пробе, отобранной на расстоянии 1,66 км, пылевая нагрузка формируется также за счет наличия гематита (5,2%).

**Таблица 1. Пылевая нагрузка, процентное содержание минеральной и аморфной фаз в пробах твердой фазы снега в окрестностях Северской ТЭЦ (данные рентгенофазового анализа)**

Содержание, %	Расстояние от труб, северо-восточное направление, км		
	0,5	1,66	2,91
Аморфная фаза	55,1	51,3	53,1
Минеральная фаза:	44,9	48,7	46,9
Кварц	38,9	31,1	33,0
Муллит	33,5	38,8	39,8
Ортоклаз	27,6	26,3	27,3
Гематит	н.о.	3,8	н.о.
Альбит	н.о.	н.о.	н.о.
Пылевая нагрузка, мг/м <sup>2</sup> ·сут.	938	750	518

*Примечание: н.о. - не обнаружено.*

Содержание кварца с увеличением расстояния от трубы уменьшается, содержание муллита возрастает. Резкое увеличение содержания муллита возможно связано с дополнительными факторами, влияющими на минеральный состав. Такими факторами могут быть пыление находящегося на территории ТЭЦ золошлакохранилища. Муллит входит в состав алюмосиликатных сферул, образующихся в результате сжигания угля и содержащиеся в золе уноса угольных ТЭЦ [3].

По данным электронной микроскопии, состав пробы, отобранной на расстоянии 1,66 км от труб ТЭЦ г. Северска, представлен минеральными и техногенными частицами. Сферические техногенные образования, т.е. микросферулы, состоят из Са, Ti, Fe, Ва, Си, Zn.

В наших пробах определены микросферулы, относящиеся к крупным (размером от 2,5 до 10 мкм) и мелким (размером менее 2,5 мкм) частицам согласно классификации [8]. В пробе обнаружено значительное количество оксидных минеральных форм, таких как оксиды Zn, Fe, Са размером от 0,5 до 10 мкм, вероятно образующиеся во время сжигания угля и содержащиеся в золе уноса угольных ТЭЦ [1]. Мелкие частицы способны проникать при дыхании в легкие и достигать альвеол, вызывая респираторные заболевания. Крупные частицы в основном влияют на развитие респираторных заболеваний [8].

В результате исследования определено, что пробы твердой фазы снега из окрестностей ТЭЦ г. Северска, состоят из минеральной и аморфной фаз. Установлено, что в основном кварц и муллит влияют на формирование высокой и очень высокой пылевой нагрузки в окрестностях ТЭЦ г. Северска во всех изученных пробах.

#### **Литература:**

1. Бортникова С.Б., Рапута В.Ф., Девятова А. Ю. Методы анализа данных загрязнения снегового покрова в зонах влияния промышленных предприятий (на примере г. Новосибирска). *Геоэкология*. 2009. №6. С. 515-525.
2. Кизильштейн Л.Я. Компоненты зол и шлаков ТЭС. Москва. Энергоатомиздат. 1995. 175 с.
3. Кизильштейн Л.Я. Экогеохимия элементов-примесей в углях. Ростов-на-Дону. Изд-во Северо-Кавказский научный центр высшей школы. 2002. 295 с.
4. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. Москва. Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии Редких элементов. 1982. 112 с.
5. Ревич Б.А.. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. Москва. Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии Редких элементов. 1982. 112 с.
6. Саг Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. Москва. 1990. 335 с.
7. Сокол Э.В. Природа, химических и фазовый состав энергетических зол Челябинских углей. Новосибирск. Изд-во СО РАН, филиал «Гео». 2001. 107 с.
8. Pope С.А., Dockery D.W. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2006. Vol. 56 (6). P. 709 – 742.
9. Querol X. Mineral composition of atmospheric particulates around a large coal-fired power station. *Atmospheric Environment*. 1996. V. 30. № 21. P. 3557–3572.

**ВЕРХНЕФРАНСКИЕ ИЗВЕСТНЯКИ КОДИНСКОГО РАЗРЕЗА –  
ОРГАНОГЕННАЯ ПОСТРОЙКА? (СРЕДНИЙ УРАЛ)**

*Мельничук О.Ю.<sup>1</sup>, Дуб С.А.<sup>1</sup>, Закирьянов И.Г.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого, Екатеринбург, Россия,  
[o.u.melnichuk@gmail.com](mailto:o.u.melnichuk@gmail.com)

<sup>2</sup>Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Рассмотрены особенности строения и литологического состава известняков так называемой Кодинской органогенной постройки. Выявлено, что в разрезе преобладают отложения, первичные компоненты в которых не были скреплены друг с другом. В основном они состоят из биокластов, интракластов и онколитов – продуктов разрушения (и переотложения) ранее существовавших известняков, в том числе органогенных построек. Микробийальные баундстоуны имеют ограниченное распространение и приурочены к небольшому интервалу в нижней части толщи.

Ключевые слова: известняки, Кодинская органогенная постройка, верхний девон, франский ярус, Средний Урал

**UPPER DEVONIAN KODINKA SECTION LIMESTONES – ORGANOGENIC  
BUILDUP? (MIDDLE URALS)**

*Melnichuk O.Yu.<sup>1</sup>, Dub S.A.<sup>1</sup>, Zakir'yanov I.G.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Yekaterinburg, Russia,  
[o.u.melnichuk@gmail.com](mailto:o.u.melnichuk@gmail.com)

<sup>2</sup>Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

Abstract. Specific features of the Kodinka organogenic buildup limestones are considered in this paper. We find out that allochthonous limestones are dominating in this section. Mainly they made with the output of erosion and resedimentation of previous limestones (including organogenic buildups) – bioclasts, intraclasts and onchoids. Microbial boundstones are restricted and limited to thin interval at the unit base.

Keywords: limestones, Kodinka organogenic buildup, Upper Devonian, Frasnian stage, Middle Urals

Кодинская органогенная постройка (ОП) или карбонатная толща I (65 м) по стратификации [1] имеет верхнефранский возраст [2] и обнажается на восточном склоне Среднего Урала в разрезах на левом и правом берегах р. Исеть в окрестностях д. Кодинка (к западу от г. Каменск-Уральского). Впервые в качестве отдельного типа ОП рассматриваемая толща упоминается в работе Б.И. Чувашова с соавторами [3] и детально изучена Б.И. Чувашовым, А.Л. Анфимовым, О.Э. Погромской и А.Г. Мизенс [2, 4–7], в том числе ими дана литолого-стратиграфическая характеристика разреза и выполнен фациальный анализ отложений (рис. 1).

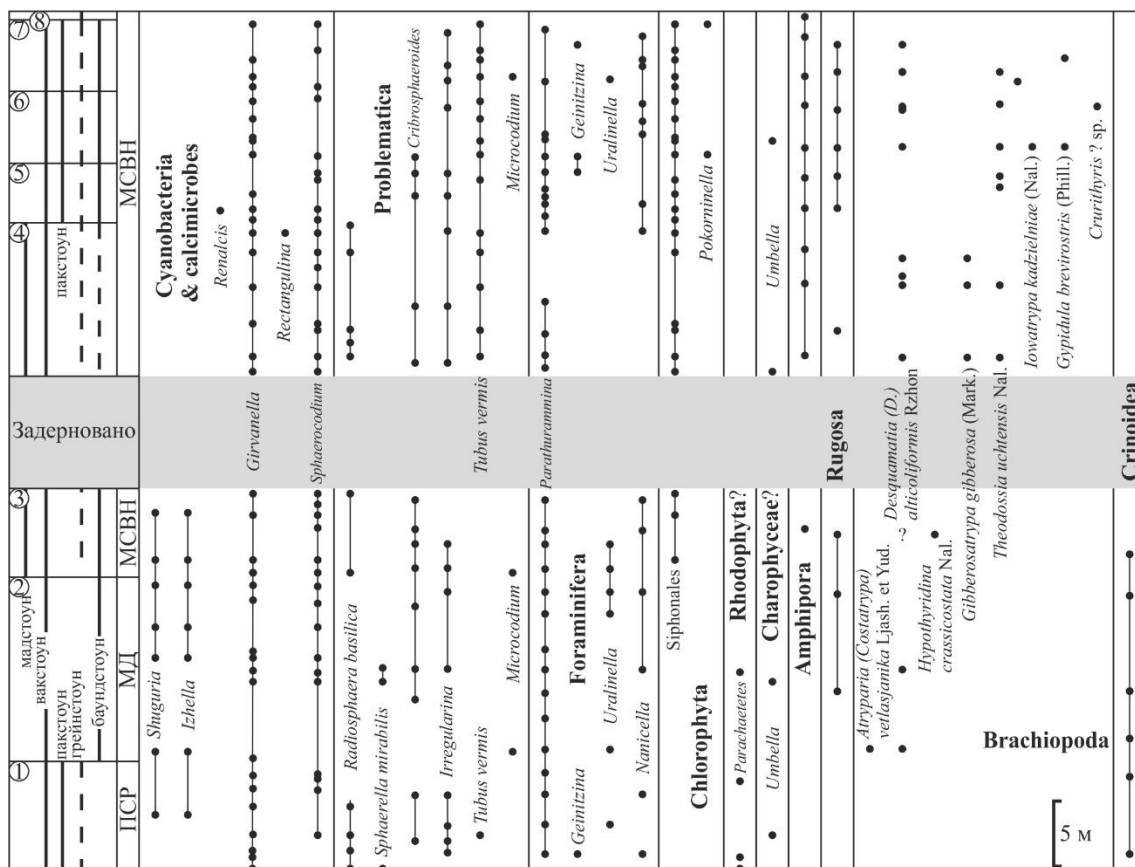


Рисунок 1 – Распределение основных типов структур известняков и содержащихся в них фоссилий в разрезе Кодинской ОП на левом берегу р. Исеть по данным А.Л. Анфимова, Б.И. Чувашова и А.Г. Мизенс [2, 4–7] в соответствии с современными представлениями о систематике таксонов. Обстановки седиментации [6]: ПСР – передового склона «рифа», МД – участок морского дна со слабой гидродинамикой среды, МСНВ – мелководная среда с частично нарушенным водообменом.

Тем не менее, особенности описанной и выделенной ими толщи в действительности не позволяют считать её ОП (в соответствие с определениями [8, с. 30; 9]).

Известняки в основании разреза на левом берегу реки имеют неясные элементы залегания. Породы здесь в значительной степени катагенетически (перекристаллизованы, в значительных количествах содержат прожилки и стилолиты) и гипергенно (выветрелые, коренные выходы «замыты») преобразованы. Выше они сменяются более отчётливо-слоистыми отложениями. В разрезе широко развиты, а в отдельных слоях преобладают, известняки, первичные компоненты которых не были скреплены во время седиментации.

В частности, О.Э. Погромской в левобережном разрезе в слоях 2–8 выделено 13 микрофаций («литобиомикрофаций»), в числе которых разнообразные грейн-, вак-, пак-, флаут- и рудстоуны. Слой 1 представляет собой чередование водорослевых (под водорослями практически во всех рассматриваемых работах понимаются не только собственно известковые водоросли, но и цианобактерии и микропроблематика, см. рисунок) и строматолитовых байндстоунов с зернистыми известняками (грейн-, руд- и флаутстоунами), в которых достаточно велико количество биокластов. В соответствии с этим, предполагается, что «накопление карбонатных пород происходило в условиях мелководной среды с активным гидродинамическим режимом и присутствием защищенных участков дна» [4, с. 218]. А.Л. Анфимов и Б.И. Чувашов придерживаются несколько иной точки зрения относительно обстановок седиментации (см. рисунок и

работы [5–7]). Ими были обнаружены микроструктуры типа баффлстоун в породах слоёв 2–7, что послужило основанием для предположения о существовании здесь ОП.

По нашим данным, в большей части разреза развиты интракластовые, биокластовые, пелоидные грейн- и пакстоуны, реже вакстоуны, а также различные сочетания этих разновидностей. Биокласты представлены створками раковин и детритом остракод, брахиопод, члениками криноидей, фрагментами мшанок, кораллов, губок, таллитов известковых водорослей. В верхней трети разреза их дополняют многочисленные обломки амфипор. Нередко биокласты микритизированы. Интракласты – обломки микробиальных баундстоунов, вакстоунов с тонкими биокластами, пелоидных грейнстоунов.

Реже встречаются другие типы известняков. Так, в нижней части толщи, на уровне в 3,5 м выше начала разреза, залегают микробиальные баундстоуны (предположительно тромболиты) мощностью 4 метра. В верхней части разреза обнажаются интракластово-биокластовые флаутстоуны, переходящие в онколитово-биокластовые вакстоуны. Последние, в свою очередь, сменяются оолитовыми грейнстоунами. Таким образом, из отмеченных отложений только микробиалиты являются аналогами биоморфных известняков, характерных составляющих органогенных построек. В них широко распространены разнообразные кальцимикробы, в том числе нитчатые (цианобактерии) и, в меньшей степени, многокамерные формы (*Izhella*, *Renalcis*). Однако в шлифах не обнаруживаются какие-либо признаки настоящих биогенных каркасов. Органогенное образование, по всей видимости, имело пластообразную или линзовидную форму.

Таким образом, рассматриваемая карбонатная толща, вероятно, возникла в результате накопления и переотложения преимущественно обломочного материала в мелководных обстановках. Карбонатные отложения, сформировавшиеся *in situ*, имеют ограниченное развитие в разрезе. Несомненно, в пределах рассматриваемой территории, ОП всё же существовали, вероятно, в виде небольших биогермов, образованных мшанками, кораллами и, возможно, губками, в ассоциации с кальцимикробами.

*Работа выполнена в рамках темы № АААА-А18-118052590031-9 (комплексная программа фундаментальных исследований УрО РАН 18-5-5-11).*

#### **Литература:**

1. Чувашов Б.И., Анфимов А.Л. Карбонатно-терригенные отложения разреза “Кодинка–Щербаково” – опорный разрез верхнего девона бассейна р. Исеть (восточный склон Среднего Урала). Ежегодник-2007. Екатеринбург. ИГГ УрО РАН. 2008. С. 88–97.
2. Мизенс А.Г. Брахиоподы и биостратиграфия верхнего девона Среднего и Южного Урала. Екатеринбург. РИО РАН. 2012. 324 с.
3. Чувашов Б.И., Шуйский В.П., Пилосова О.Э. Основные типы органогенных построек верхнего девона Урала. Ежегодник-1996. Екатеринбург. ИГГ УрО РАН. 1997. С. 22–27.
4. Погромская О.Э. Литобиомикрофации карбонатных пород верхнего девона Среднего и Южного Урала. Екатеринбург. УрО РАН. 2002. 282 с.
5. Анфимов А.Л. Водорослевые ассоциации в верхнефранских известняках разреза “Кодинка” восточного склона Среднего Урала. Ежегодник-2005. Екатеринбург. ИГГ УрО РАН. 2006. С. 6–12.
6. Анфимов А.Л. Макро- и микрофации разреза “Кодинка”. Материалы VI Уральского литологического совещания “Карбонатные осадочные последовательности Урала и сопредельных территорий: седименто- и литогенез, минерагения”. Екатеринбург. ИГГ УрО РАН. 2004. С. 12–14.
7. Анфимов А.Л., Чувашов Б.И. Литолого-стратиграфическая и биофациальная характеристика верхнедевонских карбонатных и терригенных пород р. Исеть (разрез “Кодинка”). Ежегодник-2004. Екатеринбург. ИГГ УрО РАН, 2005. С. 3–9.
8. Flugel E. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*. 2nd ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2010.
9. Рифогенные постройки в палеозое России. 1997. М.: Наука. 160 с.

**ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ АПТСКИХ  
ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА**

*Меренкова С.И.*

Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе, г. Севастополь, Россия,  
[koshelevasof@mail.ru](mailto:koshelevasof@mail.ru)

Аннотация. В работе дана палеогеографическая реконструкция условий образования аптской толщи юго-восточной части Балаклавской котловины. На основании геохимических данных и литологического состава доказывается южный снос терригенного материала за счет размыва более древних толщ мезозоя и палеозоя.

Ключевые слова: Аргиллитоподобные глины, апт, палеогеография, геохимия, Юго-Западный Крым.

**PALEO GEOGRAPHIC CONDITIONS OF THE APTIC DEPOSITS FORMATION IN  
THE SOUTH WEST CRIMEA**

*Merenkova S.I.*

Lomonosov Moscow State University Sebastopol branch campus, Sebastopol, Russia,  
[koshelevasof@mail.ru](mailto:koshelevasof@mail.ru)

Abstract. Based on geochemical and lithological characteristics of strata paleogeographic conditions have been studied. High values of some elements in the argillites of the Balaklava basin indicate the formation due to the destruction of the felsic and mafic igneous rocks (possibly, from Balaklava paleohighland). The composition of conglomerates and species composition of fauna found in them suggest that the formation occurred as a result of erosion of older Mesozoic and Paleozoic deposits.

Key words: Argillites, clays, aptian, paleogeography, geochemistry, South-Western Crimea.

Изучение апта в Крыму имеет длительную историю. Нижнемеловые отложения долины р. Черной изучались К.К. Фохтом, А.А. Борисяком и др. Н.И. Каракашем была выделена биасалинская свита (баррем-аптская глинистая толща), описана нижнемеловая фауна. Более детально в работах В.М. Муратова, В.М. Цейслера, И.В. Архипова, Е.А. Успенской рассмотрены стратиграфия и распространение нижнемеловых отложений в юго-западном Крыму. Стратиграфией аптских отложений Горного Крыма занимались Б.Т. Янин, В.М. Нероденко, Т.Н. Горбачик. С конца XX века проводилось уточнение микропалеонтологической характеристики, магнитостратиграфические исследования. Несмотря на такое пристальное внимание исследователей на протяжении более чем ста лет, вопросы стратиграфии и палеогеографии аптских отложений в отдельных котловинах Юго-западного Крыма остались не изученными. Целью работы являлось исследование

палеогеографических условий образования аптских пород юго-западной части Крыма по литологическим, палеонтологическим и геохимическим данным.

Проанализировано 19 образцов глинистого материала, в которых были определены содержания (г/т) Co, Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Hg, Fe, Mn процентное соотношение CaO, MgO, CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>, Сорг.; измерения активности радионуклидов (Бк/кг) Ra<sup>226</sup>, Th<sup>232</sup>, K<sup>40</sup>; окрашивание глин по М.Ф. Викуловой для уточнения состава и исследования под электронным микроскопом.

Балаклавская толща представлена аргиллитоподобными глинами и аргиллитами с прослоями сидеритов, песчаников и гравелитов. Фаунистически породы балаклавской толщи охарактеризованы бедно. Отнесена к отложениям среднего апта [2]. Автором было выполнено изучение природных и искусственных обнажений аптских отложений юго-восточной части Балаклавской котловины. Глины гидрослюдистые, с матричной микроструктурой, из нанофоссилий в нижнем горизонте встречаются *Rotellapilus laffittei* (Noel) Noel (определение Устиновой М.А.). Повышенные значения содержаний металлов и активности природных радионуклидов в глинистом материале Балаклавской котловины указывают на присутствие среди источников формирования как основных (Co, Ni, Cu), так и кислых пород (Pb, Th), обломки которых также присутствуют в составе песчаников, гравелитов и конгломератов. Материал конгломератов и видовой состав обнаруженной в них фауны позволяют предполагать, что образование происходило в результате размыва более древних толщ мезозоя и палеозоя. Формирование Балаклавской толщи происходило в период незначительного опускания Горного Крыма, часть его массива выходила на поверхность в апте. К югу от современного побережья находилось Балаклавское палеоподнятия, известное как мощный горный массив герцинского орогенеза, сложенный породами преимущественно кислого состава [3]. Данное палеоподнятия, возможно, являлось одной из питающих провинций. Нижняя часть толщи глин связана с восстановительными (возможно, сероводородными) обстановками формирования, на что указывают находки пирита и марказита, конкреций сидерита, насыщение органическим веществом.

Территория Юго-Западного Крыма и, в частности, исследуемой части Балаклавской котловины, представляла из себя батипелагиальную зону. Во время интенсификации тектонических движений, происходил сход потоков крупнообломочного материала, который оседал на дне котловин, а затем покрывался мощными глинистыми осадками. Значительная мощность глинистых отложений и присутствие прослоев с несортированным материалом указывает на возможность схода турбидных потоков.

Ранее предполагалось [1, 4], что в аптское время снос материала происходил преимущественно с севера. По результатам проведенных исследований отложений Балаклавской толщи можно предположить, что снос также происходил с юга, а питающей провинцией служило Балаклавское палеоподнятия.

Восстановительные обстановки в диагенезе, литологические особенности, содержание органического вещества в диапазоне 0,47 – 1,49% позволяют полагать, что в шельфовой зоне Черного моря данные породы могут выступать в качестве нефтегазоматеринских или же флюидоупоров (ввиду хороших экранирующих свойств глинистых пород).



### **Литература:**

1. Григорчук К.Г., Гнидец В.П., Бойчук Г.В., Швай Л.П. Литолого-геохимическое районирование Крымского неоком-аптского бассейна. Геологический журнал. № 6. 1991. С. 38-47.
2. Иванов В.И., Чайковский Б.П., Шевчук Н.В. и др. Отчет по крупномасштабному глубинному геологическому картированию западной части Горного Крыма, Байдарский район, в пределах листов L-36-128-А,Б,В,Г за 1978-1981гг., Симферополь, «Крымгеология». 1981. 669 с.
3. Лысенко В. И. Геологическая история развития мелового вулканизма в Юго-Западном Крыму по результатам изучения терригенно-вулканогенной толщи верхнего альба Балаклавской котловины [Электронный ресурс]. Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2016. Т. 11. Вып. 1: Система планета Земля.
4. Муратов М.В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова - М.: Госнаучтехиздат, 1960. 207 с.

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕЛЕ ПОЛИГОНОВ ТКО

*Милютина Н.О.<sup>1</sup>, Куриленко В.В.<sup>1</sup>, Малюхин Д.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

[milyutina\\_no@mail.ru](mailto:milyutina_no@mail.ru)

<sup>2</sup>ООО «Новый Свет-ЭКО», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Рассмотрены основные этапы биогеохимических процессов, происходящих в теле полигонов ТКО. Проведен количественный анализ на содержание основных элементов, присутствующих в твердых бытовых отходах, методом индуктивно связанной плазмы. Получен химический состав свалочного грунта и фильтрата из тела полигона ТКО.

Ключевые слова: полигон ТКО, твердые бытовые отходы, химические процессы, химический состав

## PECULIARITIES OF GEOCHEMICAL PROCESSES IN THE SDW LANDFILLS

*Milyutina N.O.<sup>1</sup>, Kurilenko V.V.<sup>1</sup>, Malyuhin D.M.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia, [milyutina\\_no@mail.ru](mailto:milyutina_no@mail.ru)

<sup>2</sup>ООО «Noviy Svet-ECO», Saint-Petersburg, Russia

Abstract. The main stages of biogeochemical processes occurring in SDW landfills are considered. A quantitative analysis was carried out for the content of the main elements of municipal solid waste by the method of inductively coupled plasma. The chemical make-up of the solids and the leachate of SDW landfills was obtained.

Key words: SDW landfill, municipal solid waste, chemical processes, chemical make-up

Твердые коммунальные отходы (далее – ТКО), размещенные на полигонах, подвергаются воздействию биологических (микробное сообщество, простейшие и более высоко организованные животные организмы (черви и др.), растения) и абиотических факторов (кислород, водород, водородный показатель, сульфаты, азот, ингибиторы, температура, влажность). В совокупности эти факторы определяют скорость и глубину разложения компонентов ТКО. Протекающие в теле полигонов биогеохимические реакции обуславливают образование новых твердых, жидких и газообразных веществ, которые определяют загрязняющее влияние полигонов на объекты окружающей среды [3, 5].

Органическая часть, входящие в состав бытовых отходов, может находиться в твердом или растворенном виде. В присутствии влаги начинается растворение органических материалов ТКО и их гидролиз. Основная часть органических материалов растворяется и становится доступной для воздействия ферментов, выделяемых микробами,

в результате чего происходит преобразование сложных органических веществ до  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  и  $\text{CH}_4$ . При определенных условиях  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$  могут также образовать  $\text{CH}_4$  [5, 6].

При разложении отходов протекают одновременно физико-химические, химические и биохимические процессы.

К физическим процессам относятся уплотнение, сжатие, уменьшение размера частиц, адсорбция, ионный обмен и др. Увеличение плотности и уменьшение размера частиц способствуют адсорбции воды, повышению влажности отходов и ускоряют их разложение [7].

К химическим процессам можно отнести окислительно-восстановительные и фотохимические реакции, гидролиз, деполимеризацию, образование труднорастворимых и комплексных соединений, зависящие от содержания кислорода в теле полигона, pH, окислительно-восстановительного потенциала различных фракций отходов и др [7].

Превалирующую роль при разложении отходов играют биохимические процессы, протекающие в аэробных и анаэробных условиях. В теле полигона вертикально сверху вниз выделяют 3 зоны (по различным условиям для жизни микроорганизмов): аэробную, переходную и анаэробную, которые отличаются протекающими в них биогеохимическими процессами. Аэробные процессы обычно протекают быстрее, сопровождаются большим количеством выделяемого тепла, идут до образования конечных продуктов разложения органических веществ:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ . При этом обычно  $\text{NH}_3$  в результате процессов нитрификации окисляется до солей азотистой и азотной кислот, а сероводород – до солей сернистой и серной кислот. Анаэробные процессы протекают значительно медленнее, сопровождаются на порядок меньшим выделением тепла. Наряду с конечными продуктами распада ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ) обычно образуются сложные органические продукты, в том числе дурнопахнущие. Часто реакция pH сдвигается в кислую сторону [3, 4].

В общем виде процесс разложения органической части ТКО может быть разбит на три стадии. На первой стадии твердые и растворенные вещества гидролизуются и под воздействием ферментов микробов расщепляются до промежуточных продуктов: жирных кислот, спиртов, водорода и диоксида углерода. На второй – ацетогеничные группы микробов превращают промежуточные продукты, полученные на первой стадии, в уксусную кислоту, водород и диоксид углерода. На третьей (заключительной) – образуется метан за счет воздействия метаногеничных групп микробов. При этом ацетофильные бактерии превращают уксусную кислоту в диоксид углерода и метан, а гидрогенофильные бактерии получают из водорода диоксид углерода и метан [7].

Наполняющийся полигон непрерывно развивается, биохимические процессы в нем сменяют друг друга во времени и пространстве. Исследование химического состава фильтрата и твердой фракции различных карт полигона ТКО по глубине позволяет интерпретировать процессы, происходящие в теле полигона различное время, и соответственно, создать геохимическую модель миграции различных элементов внутри полигона и за его пределы.

Объектом исследования является полигон ТКО «Новый Свет-ЭКО», расположенный в Гатчинском районе. Предприятие ООО «Новый Свет-ЭКО» осуществляет сбор бытовых и строительных отходов III-V классов опасности для окружающей среды по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. Летом 2018 г. во время бурения скважин на полигоне был произведен отбор образцов свалочного грунта и фильтрата.

Отбор проб свалочного грунта был проведен методом конверта согласно ГОСТ 17.4.3.01-83 и 17.4.4.02-84 [1, 2] из 6 скважин глубиной от 18 до 25 м. Всего было отобрано

43 образца свалочного грунта и 5 образцов фильтрата. Пробоподготовка заключалась в получении кислотной экстракции в азотной кислоте.

Исследования образцов проводились с использованием оборудования ресурсного центра Научного парка СПбГУ «Методы анализа состава вещества». Количественный анализ на содержание анализируемых элементов в образцах определялся методом индуктивно связанной плазмы на оптическом эмиссионном спектрометре ICPE-9000. Стандартные образцы анализируемых элементов для калибровочных растворов приготовлены из мультикомпонентного и монокомпонентного на Р стандартов MERCK в 0,1N HNO<sub>3</sub>. Диапазон калибровочных растворов: 0,001-500 мг/л. Спектральный анализ раствора образца проводился с разбавлением в 10 раз. Полученные результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Усредненный химический состав свалочного грунта и фильтрата полигона ТКО**

Эл-т	LQ, мг/л	Свалочный грунт, г/кг	Фильтрат, мг/л	Эл-т	LQ, мг/л	Свалочный грунт, г/кг	Фильтрат, мг/л
Al	0,02	4,7516	0,0296	Li	0,001	0,0049	0,0013
B	0,01	0,0746	0,0091	Mg	0,01	5,1216	0,4060
Ba	0,001	0,2046	0,0015	Mn	0,001	0,2619	0,0090
Ca	0,02	44,8709	2,2322	Na	0,03	3,0598	-
Cd	0,001	0,0009	<LQ	Ni	0,003	0,0139	<LQ
Cr	0,001	0,0574	0,0021	P	0,1	0,7128	<LQ
Cu	0,004	0,2391	0,0011	Pb	0,01	0,0749	0,0015
Fe	0,04	16,4850	0,4007	Sr	0,004	0,2310	0,0069
K	0,05	2,4931	2,1720	Zn	0,001	0,9409	0,0181

Полученные результаты будут положены в основу геохимической модели миграции элементов в теле полигона ТКО и за его пределы. Изучение процессов, происходящих в теле полигонов ТКО, является актуальной задачей, решение которой позволит усовершенствовать методы защиты окружающей среды и минимизировать негативное воздействие полигонов ТКО.

#### **Литература:**

1. ГОСТ 17.4.3.01-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Введен постановлением №6393 от 21 декабря 1983 г.;
2. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Введен постановлением №4731 от 19 декабря 1984 г.
3. Грибанова Л.П. Процессы на полигонах. Твердые бытовые отходы. 2006. № 7. С. 4-7.
4. Дементьев С.Ю. Трансформация процессов преобразования твердых бытовых отходов. Известия вузов. Геология и разведка. 2000. № 1 (Январь-Февраль). С. 135-142.
5. Кроначен А.М. Геохимические процессы в городских свалках твердых бытовых отходов. Экология города: Материалы НТК. Пермь. 1998. С. 85-86.
6. Малюхин Д.М. Техногенный грунт из органической фракции ТКО. Твердые бытовые отходы. 2018. №5. С. 40-44.
7. Туман О.М., Долинина И.А. Гидрогеохимическая модель полигона ТБО. Известия УГГУ. Геология. 2003. С. 262-273.

**ПРОБЛЕМА «РЕФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ИЛЛЮЗИИ» В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
НАРРАТИВАХ**

*Миронов В.А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия  
[mironovv@mail2000.ru](mailto:mironovv@mail2000.ru)

Аннотация. В работе рассматривается проблема формы написания и представления геологических гипотез о прошлом Земли. Актуализируется проблема «референциальной иллюзии», а именно того, что гипотеза о прошлом Земли не является точным отражением того, что было, а является лишь продуктом авторской позиции по отношению к прошлому. Однако стиль написания текстов о прошлом таков, как будто отражает то, что было с позиции «всеведущего» рассказчика. Подобная стилистика характерная также и для геологических текстов, не способствует развитию геологического знания, не позволяя выявить границы того, что привнесено исследователем в гипотезу, а, что уже было написано до него.

Ключевые слова: геологическое познание, нарратив, философия геологии, референциальная иллюзия

**THE PROBLEM OF "REFERENTIAL ILLUSION" IN GEOLOGICAL NARRATIVES**

*Mironov V. A.*

V. A. Mironov, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia,  
[mironovv@mail2000.ru](mailto:mironovv@mail2000.ru)

Abstract. The paper deals with the problem of the form of writing and representation of geological hypotheses about the past of the Earth. The problem of "referential illusion" is actualized, namely that the hypothesis of the Earth's past is not an exact reflection of what was, but is only a product of the author's position in relation to the past. However, the style of writing texts about the past is as if it reflects what was from the position of the "omniscient" narrator. This style is also typical for geological texts, does not contribute to the development of geological knowledge, not allowing to identify the boundaries of what is brought by the researcher in the hypothesis, and that has already been written before him.

Key words: geological knowledge, narrative, philosophy of geology, referential illusion

На сегодняшний день традиционные взгляды на естествознание претерпевают коренные изменения. Примером попытки пересмотра устоявшихся в научной среде представлений о естествознании, являются работы зарубежных философов и методологов геологии, таких как Р. Фродеман [5], А. Баклэнд [4], Т. Рааб [6] и других. Основной идеей данных авторов является то положение, согласно которому, методологию геологического познания следует изучать не с точки зрения аналитической философии науки, а с точки

зрения философских концепций и направлений, разработанных для изучения методологии гуманитарных наук.

Мы остановимся на рассмотрении «исторического» аспекта геологического познания и постараемся его проанализировать с точки зрения нарратологии, то есть рассмотрим геологический текст как нарративную конструкцию. В широком смысле нарративность или повествовательность – это «изменение состояния» объекта исследования [1, с. 15]. Такое понимание нарратива В. Шмид называет структуралистским: «С точки зрения структурализма к нарративам относятся не только роман, повесть и рассказ, но также и пьеса, кинофильм, балет, пантомима, картина, скульптура и т.д., поскольку изображаемое в них обладает временной структурой и содержит некое изменение ситуации» [1, с. 15]. Такое понимание нарратива является универсальным, в том смысле, что структуру нарратива, то есть временную структуру предполагающую изменение ситуации, могут иметь не только повести, романы и другие произведения, имеющие гуманитарный характер, но также и естественнонаучные тексты. Поэтому, на наш взгляд, обращение к нарративной методологии является важным фактором, на пути к пониманию методологической специфики построения геологических гипотез о прошлом Земли.

Задача нарративного метода и его специфика заключается в том, чтобы объяснять индивидуальные, неповторимые процессы при помощи повествовательных структур, как альтернативы объяснения при помощи поиска и формулировки законов. Нарратив учитывает, то, что эксперимент не может охватить, а именно событийность уникальных событий, не подпадающих под общие законы.

Как мы можем заметить, что гипотезы о прошлом земли время от времени меняются, что является изменением не самого прошлого, а видения его, то есть смены авторской позиции. Авторская позиция в геологических теориях о прошлом меняются не из-за того, что события завершаются и их надо переосмыслить, а в следствие того, что обнаруживаются новые, еще не исследованные элементы Земли (факты, знания о планете), заставляющие пересмотреть видение планеты и планетарных процессов в целом. Как например переписание тектоники Земли с тектоники литосферных плит, на плюмовую тектонику.

Если все-таки геологические гипотезы являются не чем иным, как авторской позицией (позицией группы или большинства исследователей), то следует обратить внимание на проблематику того, как эта авторская позиция представлена в исследовательских геологических текстах. Отсюда возникает проблема в нарратологии, выражающаяся в постановке вопроса о том, что должен ли автор и авторская позиция обнаруживаться, или не обнаруживаться в нарративе. Иначе говоря, необходимо ли в повествовании присутствие маркеров, указывающих на авторскую позицию, или же повествование будет вестись без подобного рода указаний, имея структуру, в которой информация повествуется о событиях как объективное отражение действительности.

Учитывая то, что геология как естественная наука стремится к объективности, то формат гипотез о прошлом, как правило, представляемой в нарративной форме, не содержит маркеров, указывающих на субъективный фактор. С одной стороны, повествование с объективной позиции с использованием «фигуры нарратора имплицитного, скрытого, безличного, но всеведущего и вездесущего» [3] создает образ научного и достоверного повествования. В. Н. Сыров о повествовании со «скрытым» нарратором пишет, что подобная форма повествования «является реализацией позитивистского идеала объективности и научности, предполагающего, что автор как бы дает слово фактам самим по себе и тем самым воплощает требование писать, как было на

самом деле» [3]. Суждения В.Н. Сырова коррелируют с идеей «референциальной иллюзии» Р. Барта, о которой сам Барт пишет следующее: «на уровне дискурса объективность - отсутствие знаков субъекта высказывания - предстает как особая форма воображаемого, продукт так называемой референциальной иллюзии, поскольку историк здесь делает вид, будто предоставляет говорить самому референту» [1, С. 432]. Следование «позитивистскому идеалу», т.е. повествования с позиций объективной всеведущей инстанции отличает большинство исторических и геологических нарративов.

С другой стороны, как отмечает В.Н. Сыров, подобная форма повествования имеет существенные недостатки, негативно сказывающиеся на эвристическом потенциале нарративных текстов. В частности, форма повествования со «скрытым» нарратором не позволяет в повествовании вычленить то, что нового привнес конкретный автор в исследование, интересующего его в рамках данного вопроса или проблемы. Отсюда следует, что «научная», объективная форма нарратива, где нарратор «скрыт», не способствует плодотворному исследованию, интересующего и значимого для исследователя вопроса. Сыров В.Н. по этому поводу пишет: «Продукт, порожденный им [«скрытым» нарратором – В.М.], страдает монологичностью и существует как бы в вакууме, поскольку, как правило, лишен знаков дискуссионности, полемичности, репрезентации собственных аргументов, а значит включенности в диалог с предшественниками и последователями» [3]. Как пишет В. Н. Сыров: «Если бы автор начинал свою работу с демонстрации противоречивости или несовпадения позиций, сложившихся в исследовательской литературе по тому или иному вопросу, то смысл обращения к нему был бы понятен не только членам узкоспециализированного сообщества. Вернее сказать, вклад автора в обсуждение предметной области становился бы очевидным благодаря самой логике подачи материала» [3].

Отсюда, следует, что для придания нарративу (в нашем случае геологическому) исследовательского характера, а не характера «развертывания и иллюстрации» [3], возникает необходимость «в радикальной перестройке формата исторического письма» [3], т.е. отказа от формы повествования со «скрытым» нарратором и переходом к полемичной, дискуссионной форме подачи материала с «открытым» нарратором.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 18-311-00044.*

#### **Литература:**

1. Барт Р. Система моды. Статьи по семиотике культуры / Р. Барт ; сост., пер. с фр. и вступ. ст. С. Зенкина. – М. : Изд-во им Сабашниковых, 2003. 511 с.
2. Шмид В. Нарратология / В. Шмид. 2-е изд., испр. и доп. М. : Яз. славян. Культуры. 2008. 304 с.
3. Сыров В. Н. Каким быть историческому нарративу. Нарраториум. 2012. № 2 (4). <http://narratorium.rggu.ru/article.html?id=2628915> (дата обращения 12.05.2018)
4. Buckland A. Losing the Plot: the Geological Anti-Narrative [Electronic resource]. 19 : Interdisciplinary Studies in the Long Nineteenth Century. 2010. The electronic version of the printing publication. – URL: <http://www.19.bbk.ac.uk/articles/10.16995/ntn.578/> (access date: 25.01.2016).
5. Frodeman R. Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science [Electronic resource] // Geological Society of America Bulletin. 1995. № 107. P. 959–968. The electronic version of the printing publication. – URL: <http://www.brynmawr.edu/geology/documents/Geologyscientificmethod.pdf> (access date: 01.11.2016).
6. Raab T. What is it like to be a geologist? A phenomenology of geology and its epistemological implications [Electronic resource] / T. Raab, R. Frodeman // Philosophy & Geography. 2002. Vol. 5, №1. P. 69–81. The electronic version of the printing publication. – URL: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10903770120116840> (access date: 25.01.2016).

**ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПОЛИМОРФНЫХ МОДИФИКАЦИЙ УГЛЕРОДА В ГРАФИТ- И  
АЛМАЗСОДЕРЖАЩЕМ КСЕНОЛИТЕ ЭКЛОГИТА ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ  
ТРУБКИ «УДАЧНАЯ» (СИБИРСКИЙ КРАТОН)**

*Михайленко Д.С.<sup>1</sup>, Станьё В.<sup>2</sup>, Андреоззи Д.<sup>2</sup>, Романенко А.В.<sup>1</sup>, Головин А.В.<sup>1</sup>, Малыгина  
Е.В.<sup>1</sup>, Корсаков А.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[mikhailenkodenis@gmail.com](mailto:mikhailenkodenis@gmail.com)

<sup>2</sup>Департамент Наук о Земле Университета Сапиенза, Рим, Италия

Аннотация. Мантийные ксенолиты являются основным источником при реконструкции окислительно-восстановительной обстановки в породах верхней мантии. Фугитивность кислорода изученного графит- алмазсодержащего мантийного эклогита соответствует  $-1.56 \log$  (буфер FMQ), что относится к области стабильности графита. Предварительные данные имеют важное значение для дальнейшей реконструкции образования графита-алмаза в присутствии C-CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> флюида в породах эклогитового парагенезиса.

Ключевые слова: Алмаз; Графит; Фугитивность кислорода

**THE REDOX STATE OF GRAPHITE- DIAMOND-BEARING ECLOGITE XENOLITH  
FROM UDACHNAYA  
KIMBERLITE PIPE (SIBERIAN CRATON)**

*Mikhailenko D.S.<sup>1</sup>, Stagno V.<sup>2</sup>, Andreozzi G.<sup>2</sup>, Romanenko A.V.<sup>1</sup>, Golovin A.V.<sup>1</sup>, Malygina E.  
and Korsakov A.V.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia,

[mikhailenkodenis@gmail.com](mailto:mikhailenkodenis@gmail.com)

<sup>2</sup>Department of Earth Sciences, Sapienza University of Rome, Italy

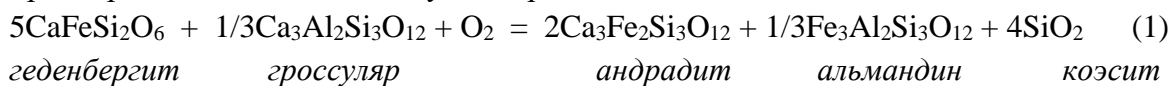
Abstract. Mantle xenoliths from kimberlites are main source of information during of oxygen fugacity reconstruction under ancient cratons from different Earth regions. Redox conditions for Uv sample ( $-1.56 \log$  buffer FMQ) would be consistent with those reported for all xenoliths available in literature both for peridotite and eclogite rocks falling into the graphite stability field (see Figure 4). This would have important implications for the speciation of volatile and the origin of graphite and diamonds in presence of a methane-ionic organic carbon-CO<sub>2</sub> bearing fluid.

Key words: Diamond; Graphite; Oxygen fugacity

Фугитивность кислорода является критически важным параметром в таких геологических процессах как метасоматизм, диффузия, химическая дифференциация и стабильность полиморфных модификаций углерода в верхней мантии [1]. Основными объектами при изучении окислительно-восстановительных условий в верхней мантии



являются гранат и клинопироксен. Эти минералы весьма чувствительны к изменению окислительно-восстановительной обстановки и могут содержать значительное количество  $Fe^{3+}$  [2-3]. Экспериментальная работа Станье с соавторами [3] позволила провести калибровку первого оксибарометра для пород эклогитового парагенезиса с использованием данных по содержанию  $Fe^{3+}$  в гранате и клинопироксене. При калибровке этого оксибарометра использовалась следующая реакция:

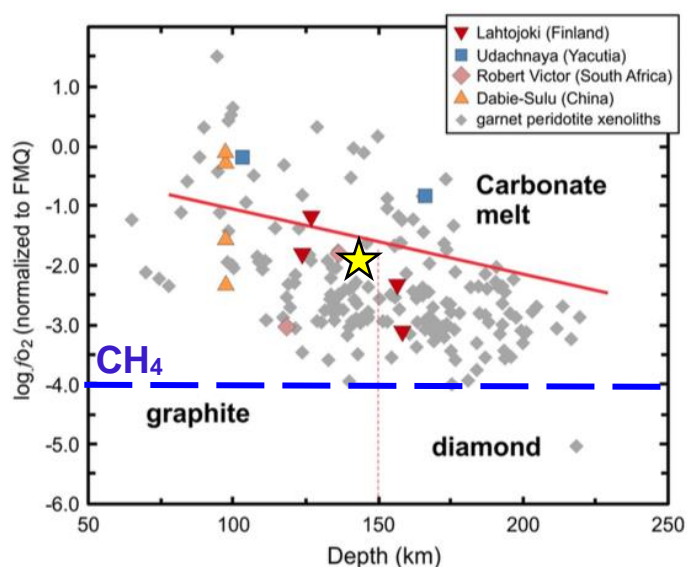


где  $f_{O_2}$  может быть рассчитана исходя из формулы:

$$\log f_{O_2} = \frac{\Delta G_r^0}{\ln(10)RT} + 2 \log a_{Ca_3Fe_2Si_3O_{12}}^{Gt} + \frac{1}{3} \log a_{Fe_3Al_2Si_3O_{12}}^{Gt} - 5 \log a_{CaFeSi_2O_6}^{Cpx} - \frac{1}{3} \log a_{Ca_3Al_2Si_3O_{12}}^{Gt}$$

(2)

Этот оксибарометр позволяет произвести расчеты  $f_{O_2}$  как для мантийных ксенолитов эклогитов, так и для высокобарических метаморфических эклогитов. На сегодняшний день, данные о окислительно-восстановительных условиях в породах эклогитового парагенезиса, по сравнению с породами перидотитового парагенезиса, весьма ограничены (ссылки в работе [3]). Основной целью нашего исследования является определение окислительно-восстановительных условий образования графит- алмазсодержащих мантийных ксенолитов эклогитов из кимберлитовой трубки Удачная.



**Рисунок 1.** Фугитивность кислорода, нормализованная по буферу FMQ, рассчитана для ксенолитов эклогитов по уравнению (2). Температура и давление для этих образцов рассчитана по термометру Ellis and Green [4] и барометру Beyer and Frost [5]. Красная линия – фугитивность кислорода при которой карбонатный расплав восстанавливается до графита или алмаза. Графит и алмаз не стабильны выше этой линии и не могут кристаллизоваться из чистого карбонатного расплава. Фугитивность кислорода для гранатовых перидотитов из ксенолитов Каапваля, Слэйв и Сибирского кратона показана согласно работе [6]. Желтая звезда - фугитивность кислорода для образца Uv-11-67 (смотрите текст).

Рассчитанные P-T параметры конечного равновесия для образца Uv-11-67 соответствуют 4.7 ГПа и 1020 °С. Содержание трехвалентного железа в гранате (4%) и клинопироксене (21%) для образца Uv-11-67 приведено на диаграмме совместно с данными

[3]. Согласно уравнению (2), рассчитанные  $f_{O_2}$  для Uv-11-67 составляют  $-1.56 \log$  (буфер FMQ), что относится к области стабильности графита (Рис.1). На рисунке 1 представлены литературные данные по  $f_{O_2}$  для эклогитов и перидотитов для различных регионов мира. Наши предварительные данные имеют важное значение для дальнейшей реконструкции образования графита-алмаза в присутствии C-CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> флюида в породах эклогитового парагенезиса.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00219 и в рамках государственного задания, проект 0330-2016-0006.*

#### **Литература:**

1. Sverjensky D. A., Stagno V., Huang F. Important role for organic carbon in subduction-zone fluids in the deep carbon cycle. *Nature Geoscience*. 2014. Т. 7. №. 12. С. 909.
2. Frost, D.J., McCammon, C.A. (2008). The redox state of the Earth's mantle. *Annual Review of Earth and Planetary Science* 36, 389-420.
3. Stagno V., D. J. Frost, C. A. McCammon, H. Mohseni, Y. Fei. The oxygen fugacity at which graphite or diamond forms from carbonate-bearing melts in eclogitic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 2015. 169. 16.
4. Ellis D. J., Green D. H. An experimental study of the effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 1979. Т. 71. №. 1. С. 13-22.
5. Beyer C., Frost D. J., Miyajima N. Experimental calibration of a garnet-clinopyroxene geobarometer for mantle eclogites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 2015. Т. 169. №. 2. С. 18.
6. Stagno, V., Ojwang, D. O., McCammon, C. A., & Frost, D. J. 2013. The oxidation state of the mantle and the extraction of carbon from Earth's interior. *Nature*. 2013. Т. 493. №. 7430. С. 84.

**ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗОНДА С ТОРОИДАЛЬНЫМИ КАТУШКАМИ**

*Михайлов И.В.*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия,  
[MikhaylovIV@ipgg.sbras.ru](mailto:MikhaylovIV@ipgg.sbras.ru)

Аннотация. Создано программно-методическое обеспечение обработки и количественной интерпретации диаграмм нового многокатушечного многочастотного многорежимного электромагнитного зонда с тороидальными катушками для высокоразрешающего каротажа нефтегазовых скважин. Основные решаемые задачи связаны с восстановлением пространственного распределения удельного электрического сопротивления (УЭС) и коэффициента электрической анизотропии вокруг скважины, определением характера насыщения коллекторов, выделением тонкослоистых нефтенасыщенных интервалов и зон трещиноватости.

Ключевые слова: геофизические исследования в скважинах, тороидальные катушки, электрическая анизотропия, численная инверсия, сложнопостроенный коллектор

**SOFTWARE AND INTERPRETATION TECHNIQUES  
FOR AN ELECTROMAGNETIC TOOL WITH TOROIDAL COILS**

*Mikhaylov I.V.*

A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia,  
[MikhaylovIV@ipgg.sbras.ru](mailto:MikhaylovIV@ipgg.sbras.ru)

Abstract. We created software and interpretation techniques for the processing and quantitative interpretation of logs of a new multi-coil multi-frequency multi-mode electromagnetic tool with toroidal coils for high-resolution logging of oil and gas wells. The main tasks to be solved are the reconstruction of spatial distribution of electrical resistivity and electrical anisotropy coefficient around the borehole, determination of reservoir saturation, distinguishing thin-bedded oil-saturated intervals and fracture zones.

Key words: geophysical well logging, toroidal coils, electrical anisotropy, numerical inversion, complex reservoir

В настоящее время значительный интерес для нефтегазовой геофизики представляют тонкослоистые коллекторы, состоящие из тонко переслаивающихся песчаников и глин и характеризующиеся макроанизотропными свойствами. Для изучения таких сложных объектов в крупнейших нефтесервисных компаниях созданы специальные многокомпонентные электромагнитные зонды с ортогональными катушками. Одни из самых известных – Rt Scanner (Schlumberger), 3D eXplorer (Baker Hughes GE). Российскому

заказчику они доступны лишь в виде дорогостоящих услуг по геофизическим исследованиям в скважинах и количественной интерпретации, предлагаемых зарубежными компаниями. До недавнего времени альтернативы не существовало, поскольку в отечественной скважинной геофизике отсутствовал прибор, позволяющий исследовать макроанизотропные коллекторы нефти и газа.

Известен другой подход, заключающийся в сведении рассматриваемой задачи к определению средних параметров прослоев без введения макроанизотропной модели [1, 2]. Отметим, что в сильнонаклонных и горизонтальных скважинах изучение электрической макроанизотропии возможно с использованием электромагнитных зондов с традиционными соосными катушками индуктивности [3, 4, 5].

Существует принципиально иной способ изучения электрической анизотропии геологического разреза, основанный на применении тороидальных катушек [6, 7]. О его использовании в системах возбуждения и наблюдения сигналов скважинных электромагнитных зондов малоизвестно [8, 9]. Изучив на базе масштабного численного моделирования возможности размещённых на металлическом корпусе тороидальных источников и приёмников электромагнитных сигналов, ИНГГ СО РАН и НПП ГА «Луч» разработали новый многокатушечный многочастотный многорежимный электромагнитный зонд с тороидальными катушками ЗЭТ для каротажа нефтегазовых скважин с высоким пространственным разрешением [10, 11, 12, 13, 14, 15].

Для проведения эффективной количественной интерпретации данных ЗЭТ созданы вычислительные алгоритмы обработки и инверсии [16, 17, 18], блок-схема которых изображена на Рисунке 1.

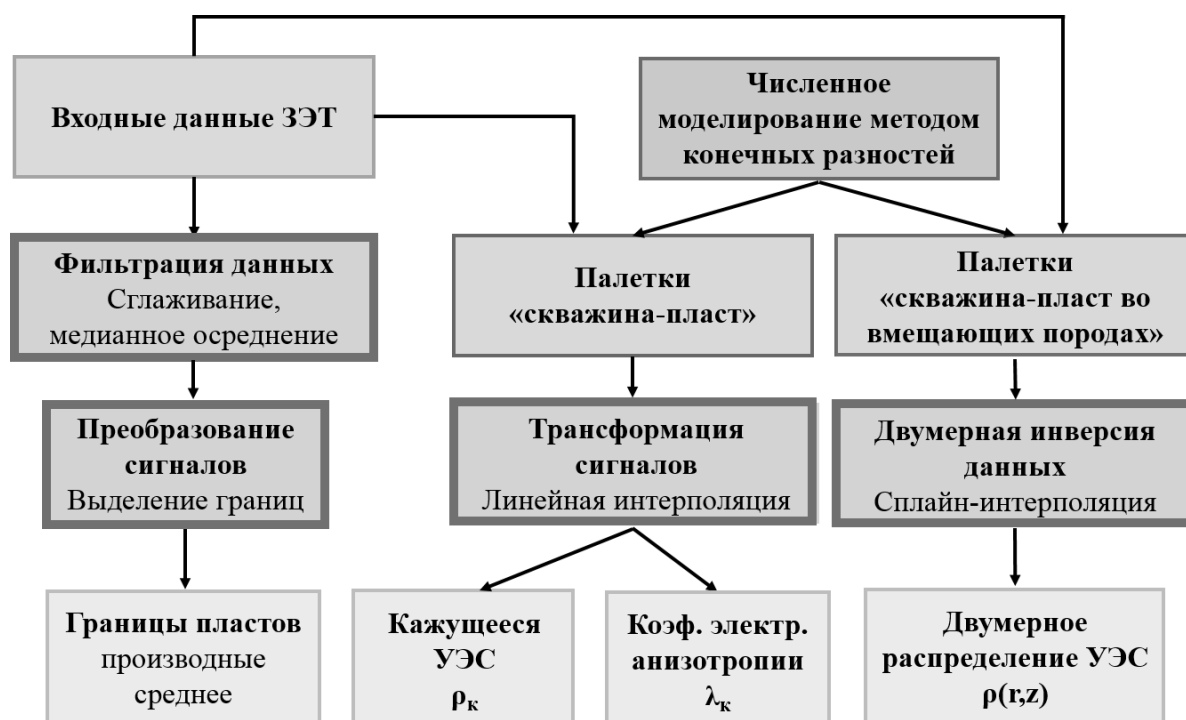


Рисунок 1 – Блок-схема вычислительных алгоритмов обработки и инверсии результатов измерения ЗЭТ.

Особенности алгоритмов обработки и инверсии данных ЗЭТ следующие.

Контрастные горизонтальные границы выделяются на основе оригинальных преобразований сигналов ЗЭТ, являющихся аналогом производной и среднего значения.

Трансформация сигналов ЗЭТ в кажущееся УЭС и коэффициент электрической анизотропии выполняется поточно, с использованием палеток «скважина-анизотропный пласт» и линейной интерполяции. Численная двумерная инверсия данных ЗЭТ с определением геоэлектрических параметров пласта во вмещающих породах проводится с применением палеток «скважина-пласт-вмещающая среда» и сплайн-интерполяции.

Важной частью программно-методического обеспечения ЗЭТ является развитая методика петрофизической интерпретации его данных с оценкой коэффициента нефтенасыщения на основе привлечения макроанизотропной модели коллектора с определением по ЗЭТ горизонтального и вертикального УЭС, а также уравнения Дахнова-Арчи для целевых объектов.

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор РАН Глинских Вячеслав Николаевич.

#### Литература:

1. Глинских В.Н., Эпов М.И. Численное моделирование диаграмм электромагнитного каротажа при описании электропроводности тонкослоистых коллекторов. Геология и геофизика. 2009. Том 50. № 8. С. 941–949.
2. Глинских В.Н., Эпов М.И. Новый подход к моделированию и инверсии данных электромагнитного каротажа в тонкослоистых коллекторах. Геофизический журнал. 2009. Том 31. № 4. С. 119–127.
3. Каюров К.Н., Еремин В.Н., Эпов М.И., и др. Аппаратура и интерпретационная база электромагнитного каротажа в процессе бурения. Нефтяное хозяйство. 2014. № 12. С. 112–115.
4. Эпов М.И., Глинских В.Н., Сухорукова К.В., и др. Численное моделирование и инверсия данных электромагнитного каротажа в процессе бурения и шаблонирования нефтегазовых скважин. Геология и геофизика. 2015. Том 56. № 8. С. 1520–1529.
5. Эпов М.И., Никитенко М.Н., Глинских В.Н., и др. Изучение электрической макроанизотропии интервалов наклонно-горизонтальных скважин по данным высокочастотного индукционного каротажа в процессе бурения. Каротажник. 2016. № 11 (269). С. 94–109.
6. Каринский А.Д. Решения прямых задач о поле тороидальной антенны в анизотропной среде. Физика Земли. 2003. № 1. С. 9–20.
7. Могилатов В.С., Борисов Г.А. Возбуждение слоистых геоэлектрических сред гармоническим магнитным током. Сибирский журнал индустриальной математики. 2003. Том 6. № 1. С. 77–87.
8. Gianzero S., Chemali R., Lin Y. et al. A New Resistivity Tool for Measurement-While-Drilling, the SPWLA 26th Annual Logging Symposium, Dallas, Texas, USA, June 17-20, 1985. Document ID: SPWLA-1985-A.
9. Gianzero S., Chemali R., Su S. Determining the Invasion Near the Bit with the M.W.D. Toroid Sonde, the SPWLA 27th Annual Logging Symposium, Houston, Texas, USA, June 9-13, 1986. Document ID: SPWLA-1986-W.
10. Эпов М.И., Глинских В.Н., Никитенко М.Н. Способ измерения удельной электропроводности и электрической макроанизотропии горных пород. Пат. Рос. Федерация № 2525149. 2014.
11. Эпов М.И., Еремин В.Н., Манштейн А.К., и др. Устройство для измерения удельной электропроводности и электрической макроанизотропии горных пород. Пат. Рос. Федерация № 2528276. 2014.
12. Эпов М.И., Глинских В.Н., Еремин В.Н., и др. Электромагнитный зонд для каротажа в нефтегазовых скважинах. Пат. Рос. Федерация № 2583867. 2016.
13. Эпов М.И., Еремин В.Н., Петров А.Н., и др. Устройство для генерации электромагнитного поля тороидальной катушкой в геологической среде. Пат. Рос. Федерация № 2579177. 2016.
14. Эпов М.И., Еремин В.Н., Петров А.Н., и др. Устройство для регистрации характеристик электромагнитного поля с использованием тороидальных катушек. Пат. Рос. Федерация № 2578774. 2016.
15. Эпов М.И., Еремин В.Н., Петров А.Н., и др. Электромагнитный зонд для каротажа в нефтегазовых скважинах. Пат. Рос. Федерация № 97539. 2016.
16. Эпов М.И., Глинских В.Н., Еремин В.Н., и др. Математическое и физическое моделирование сигналов электромагнитного зонда для изучения макроанизотропии осадочных отложений, 19-я конференция по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа Геомодель. 2017. Геленджик. 11-14 сентября. Статья 43809.
17. Erov M.I., Glinskikh V.N., Eremin V.N., et al. Electromagnetic tool for high-resolution logging: theoretical and experimental studies, SPE Russian Petroleum Technology Conference, Moscow, October 16-18, 2017. Paper SPE-187904-MS.
18. Erov M.I., Nikitenko M.N., Glinskikh V.N., et al. Theoretical Basis of Data Interpretation of Electromagnetic Logging Tool With Toroidal Coils, 8th International Conference and Exhibition Saint Petersburg. 2018. Saint Petersburg. April 9-12. Paper 44489.

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ЭНТАЛЬПИИ СМЕШЕНИЯ В БИНАРНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ БЕЗВОДНЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РАБДОФАНОВ

*Михайлова П.С., Еремин Н.Н.*

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия,  
[mihaylowa.pol@yandex.ru](mailto:mihaylowa.pol@yandex.ru)

Аннотация. Методом полуэмпирического структурного моделирования осуществлена теоретическая оценка энергий вхождения примесей плутония в фосфаты легких редких земель ряда La-Gd со структурой безводного рабдофана  $TRPO_4$  и проведено сравнение полученных данных с аналогичными параметрами, определенными ранее для соответствующих монацитов. Показано, что примесь плутония преимущественно концентрируется в рабдофановой фазе.

Ключевые слова: атомистическое моделирование, монациты, рабдофаны, плутоний.

## EVALUATION OF ENTHALPY OF MIXING IN BINARY SOLID SOLUTIONS OF ANHYDROUS RARE-EARTH RHABDOPHANES

*Mikhailova P.S., Eremin N.N.*

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,  
[mihaylowa.pol@yandex.ru](mailto:mihaylowa.pol@yandex.ru)

Abstract. The semiempirical method of a structural simulation was used to make a theoretical estimation of the plutonium impurities incorporation energies into the anhydrous rhabdophane  $TRPO_4$  structures of the La-Gd light rare earths series. The obtained data were compared with analogous parameters determined earlier for corresponding monazites. It was shown that the impurity of plutonium is mainly concentrated in the rhabdophane phase.

Key words: atomistic simulation, monazites, rhabdophanes, plutonium.

Интерес к кристаллическим структурам фосфатов вызван их возможным применением в качестве консервирующих матриц для утилизации ядерных отходов [1]. Сложность экспериментальных исследований объектов, содержащих радиоактивные элементы, предполагает активное использование для них методов теоретического прогноза. В частности, для изучения таких свойств смешения твердых растворов, как параметры взаимодействия и энтальпия смешения можно с успехом использовать полуэмпирическое структурное моделирование. Детали расчетной методики изложены в недавней монографии одного из авторов [2]. Схожесть свойств фосфатов ряда La-Gd (и изоструктурных им соединений актиноидов) позволяет с успехом применить в этом случае принцип трансферабельности параметров межатомных потенциалов.

Для моделирования кристаллических структур безводных рабдофанов ряда La-Gd нами была использована собственная согласованная модель межатомных потенциалов в частично ионном приближении ( $q(\text{Ln}) = 1.6 e_0$ ,  $q(\text{P}) = 1.2 e_0$ ,  $q(\text{O}) = -0.7 e_0$ ), разработанная для монацитов в [3, 4]. Как было показано в этих работах модель обеспечивает одновременно отличное описание кристаллических структур монацитов и с хорошей точностью воспроизводит упругие и некоторые термодинамические свойства кристаллов.

**Таблица 1. Предсказанные структурные и энергетические характеристики безводных рабдофанов.**

Параметры	LaPO <sub>4</sub>	CePO <sub>4</sub>	PuPO <sub>4</sub>	PrPO <sub>4</sub>	NdPO <sub>4</sub>	SmPO <sub>4</sub>	SmPO <sub>4</sub> (эксперимент, [9])	EuPO <sub>4</sub>	GdPO <sub>4</sub>
Объём	594.05	580.70	573.78	571.41	562.57	545.70	540.97(1)	539.80	534.56
<i>a</i> , Å	12.6454	12.5428	12.4998	12.4710	12.4169	12.2862	12.1443(1)	12.2275	12.1754
<i>b</i> , Å	7.3008	7.2416	7.2167	7.2001	7.1689	7.0935	7.0178(1)	7.0596	7.0295
<i>c</i> , Å	6.4346	6.3933	6.3607	6.3637	6.3199	6.2614	6.3476(1)	6.2534	6.2459
$\beta$ , °	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.02(1)	90.00	90.00
M1 <i>x</i>	0.2500	0.2502	0.2516	0.2522	0.2546	0.2443		0.2557	0.2558
<i>y</i>	0.1570	0.1570	0.1570	0.1570	0.1570	0.1570	-	0.1570	0.1570
<i>z</i>	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667		0.6667	0.6667
M2 <i>y</i>	0.4070	0.4064	0.4022	0.4003	0.3933	0.4241	-	0.3898	0.3897
P1 <i>x</i>	0.2500	0.2505	0.2534	0.2548	0.2600	0.2370		0.2632	0.2634
<i>y</i>	0.1570	0.1572	0.1588	0.1596	0.1625	0.1497	-	0.1644	0.1646
<i>z</i>	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667		0.1667	0.1667
P2 <i>y</i>	0.4070	0.4059	0.3986	0.3951	0.3824	0.4386	-	0.3749	0.3745
O1 <i>x</i>	0.0671	0.0674	0.0677	0.0681	0.0688	0.0663		0.0698	0.0701
<i>y</i>	0.5254	0.5252	0.5185	0.5156	0.5037	0.5581	-	0.4983	0.4984
<i>z</i>	0.3528	0.3518	0.3517	0.3523	0.3526	0.3435		0.3519	0.3519
O2 <i>x</i>	0.0671	0.0673	0.0670	0.0670	0.0664	0.0695		0.0664	0.0666
<i>y</i>	0.2886	0.2867	0.2795	0.2758	0.2635	0.3159	-	0.2548	0.2538
<i>z</i>	0.6473	0.6485	0.6504	0.6506	0.6537	0.6481		0.6567	0.6569
O3 <i>x</i>	0.1573	0.1571	0.1596	0.1606	0.1650	0.1442		0.1666	0.1664
<i>y</i>	0.1984	0.1987	0.2005	0.2015	0.2050	0.1894	-	0.2074	0.2078
<i>z</i>	0.0194	0.0185	0.0183	0.0190	0.0193	0.0102		0.0185	0.0186
O4 <i>x</i>	0.2244	0.2245	0.2273	0.2287	0.2338	0.2104		0.2364	0.2365
<i>y</i>	0.9972	0.9965	0.9973	0.9973	0.9987	0.9906	-	0.9981	0.9976
<i>z</i>	0.3139	0.3148	0.3150	0.3143	0.3141	0.3232		0.3149	0.3148
O5 <i>x</i>	0.2757	0.2764	0.2795	0.2810	0.2863	0.2637		0.2900	0.2904
<i>y</i>	0.3168	0.3178	0.3188	0.3197	0.3215	0.3153	-	0.3241	0.3248
<i>z</i>	0.3139	0.3151	0.3170	0.3172	0.3204	0.3148		0.3234	0.3235
O6 <i>x</i>	0.3427	0.3437	0.3465	0.3480	0.3527	0.3331		0.3564	0.3570
<i>y</i>	0.1156	0.1159	0.1179	0.1188	0.1224	0.1069	-	0.1248	0.1251
<i>z</i>	0.0194	0.0182	0.0163	0.0161	0.0130	0.0185		0.0100	0.0098
Структурная энергия, эВ (на формулу)	-34.314	-34.582	-34.687	-34.802	-35.220	-35.506	-	-35.568	-35.648
<i>K</i> , ГПа	94.58	93.01	39.26	39.86	46.17	52.69	-	50.98	50.01
<i>G</i> , ГПа	41.94	43.29	45.38	44.05	47.50	50.82	-	49.83	49.18
Параметры взаимодействия									
$Q_1(\text{TRPO}_4\text{-PuPO}_4)$	0.964	0.097	-	0.039	0.264	1.767	-	2.687	3.624
$Q_2(\text{PuPO}_4\text{-TRPO}_4)$	0.987	0.101	-	0.039	0.263	1.745	-	2.742	3.856
$\Delta H_{0.5}(\text{TRPO}_4\text{-PuPO}_4)$ (в рабдофанах)	0.2439	0.0248	-	0.0097	0.0658	0.4390	-	0.6786	0.9350
$\Delta H_{0.5}(\text{TRPO}_4\text{-PuPO}_4)$ (в монацитах)	0.2650	0.0275	-	0.0113	0.1150	0.5450	-	0.8013	1.0675
$\Delta H_{\text{мон}}/\Delta H_{\text{раб}}$	1.09	1.11	-	1.16	1.75	1.24	-	1.18	1.14

В [5] с помощью предложенной модели были проведены расчеты свойств смешения в бинарных твердых растворах монацитов, в том числе обогащенных радиоактивным плутонием. Полученные результаты находятся в хорошем согласии как с экспериментальными [6], так и с квантовохимическими [7] оценками этих величин, а также

с теоретическими значениями, полученными в рамках теории регулярных твердых растворов [8]. Это дало нам основание использовать вышеописанную модель потенциалов и для предсказания кристаллических структур и соответствующих свойств смешения в La-Gd системах безводных рабдофанов. В [9] было показано, что переход из гидратированной фазы рабдофана с усредненной кристаллохимической формулой  $TRPO_4 \cdot 0,67H_2O$  в безводную фазу осуществляется при температуре  $\sim 150^\circ$ .

Расчёты осуществлялись методом точечных дефектов в приближении бесконечного разбавления. Для расчетов использовались сферы радиусом 8.5 и 18.5Å, соответственно. Как было показано в [5], использование таких величин позволяет получить достоверные значения параметров взаимодействия бинарного твёрдого раствора  $Q_1$  и  $Q_2$ , которые могут быть определены следующим образом:

$$Q_1 = E_{\text{дефект}}(\text{Pu в } TRPO_4) + E_{\text{стр.}}(TRPO_4) - E_{\text{стр.}}(\text{Pu}PO_4)$$

$$Q_2 = E_{\text{дефект}}(\text{TR в } \text{Pu}PO_4) + E_{\text{стр.}}(\text{Pu}PO_4) - E_{\text{стр.}}(TRPO_4),$$

где  $E_{\text{дефект}}$  – энергия изолированного дефекта,  $E_{\text{стр.}}$  – значение структурной энергии соответствующего фосфата на одну формулу. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Как видно, кристаллическая структура рабдофана  $\text{Sm}PO_4$  расшифрованная в [9], воспроизвелась с хорошей точностью: отклонения предсказанных метрических характеристик элементарной ячейки соединения от экспериментальных величин не превышают 1%. Отметим, что разница энергии дефектов в двух структурно неэквивалентных позициях M1 и M2 ничтожна, в связи с чем в таблице 1 приведены усреднённые значения  $((M1+M2)/2)$ .

Таким образом, в результате проведенных расчетов можно сделать вывод, что у всех безводных рабдофанов значения энтальпии смешения с плутонием несколько ниже, чем у соответствующих монацитов. Это означает, что при совместном существовании двух фосфатных фаз примесь плутония будет преимущественно захватываться рабдофановой фазой.

#### Литература:

1. Лаверов Н.П. и др. Влияние радиоактивного распада на свойства консервирующих матриц актиноидсодержащих отходов. Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 6. С. 483-513
2. Урусов В.С., Еремин Н.Н. Атомистическое компьютерное моделирование структуры и свойств неорганических кристаллов и минералов, их дефектов и твердых растворов. Москва. ГЕОС. 2012. ISBN 978-5-89118-581-0. 448 с.
3. Еремин Н.Н., Уланова А.С., Марченко Е.И. Разработка модели межатомных потенциалов и атомистическое моделирование кристаллических структур монацитов легких редкоземельных элементов // Вестник филиала МГУ им. М.В.Ломоносова в г. Душанбе. 2017. Т. 1. № 3. С. 95-108.
4. Уланова А.С., Марченко Е.И., Еремин Н.Н. Разработка библиотеки межатомных потенциалов для структурного моделирования монацитов и ксенотимов переменного состава. Сборник материалов IX Всероссийской молодежной научной конференции «Минералы: строение, свойства, методы исследования». Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН. 2018. С. 188-190.
5. Eremin N.N., Marchenko E.I., Petrov V.G., Mitrofanov A.A., Ulanova A.S. Solid solutions of monazites of lighter rare earth elements and plutonium: atomistic model of crystal structures, point defects and mixing properties . Computational Materials Science (in press)
6. Neumeier S. et al. Thermochemistry of  $\text{La}_{1-x}\text{Ln}_x\text{PO}_4$  monazites. J.Chem. Thermodynamics . 105. С. 396-403. 2016
7. Li Y., Kowalski P.M. , Blanca-Romeo A., Vinograd V., Bosbach D. Calculation of excess properties of  $\text{La}_{1-x}(\text{Ln}, \text{An})_x\text{PO}_4$  solid solutions. Journal of Solid State Chemistry. 2014.220. 137-141.
8. Mogilevsky P., On the miscibility gap in monazite–xenotime systems. Physics and Chemistry of minerals. 34, 201 (2007)
9. Mesbah A. et al. The monoclinic form of the rhabdophane compounds:  $\text{REEPO}_4 \cdot 0.667 \text{H}_2\text{O}$ . Cryst. Growth Des., 2014



**ПАЛЕОЗОЙСКИЕ ГРАНИТОИДЫ П-ОВА СВЯТОЙ НОС, ОЗ. БАЙКАЛ:  
ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И U-Pb ИЗОТОПНОЕ ДАТИРОВАНИЕ**

*Михеев Е.И.<sup>1,2</sup>, Владимиров А.Г.<sup>1,2</sup>, Семенова Д.В.<sup>1</sup>, Хубанов В.Б.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия, [mikheev@igm.nsc.ru](mailto:mikheev@igm.nsc.ru)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия,

<sup>3</sup>Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия

Для гранитоидного магматизма Забайкалья на примере п-ова Святой Нос выделено два этапа: 1) раннепалеозойский, в ходе которого формировались граниты I-типа (490-465 млн лет) и S-типа (415 млн лет); 2) позднепалеозойский (297-288 млн лет), с которым связано формирование субщелочных железистых гранитоидов баргузинского и чивыркуйского комплексов, даек кварцсодержащих диоритов и биотитсодержащих гранитов и лейкогранитов (гранитоиды А-типа).

Ключевые слова: гранитоиды, U-Pb изотопное датирование, п-ов Святой Нос, Забайкалье

**PALEOZOIC GRANITOIDS OF SVIATOY NOSS PENINSULA, LAKE BAIKAL:  
GEOCHEMISTRY AND U-Pb ISOTOPE DATING**

*Mikheev E.I.<sup>1,2</sup>, Vladimirov A.G.<sup>1,2</sup>, Semenova D.V.<sup>1</sup>, Khubanov V.B.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk state university, Novosibirsk, Russia, [mikheev@igm.nsc.ru](mailto:mikheev@igm.nsc.ru)

<sup>2</sup>Institute of geology and mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Geological institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Two stages of the granitoid magmatism of Transbaikalia (example of Sviatoy Noss Peninsula) are established: 1) Early Paleozoic, during which granites of I-type (490-465 Ma) and S-type (415 Ma) formed; 2) Late Paleozoic (297-288 Ma), during which high-K ferroan granitoids of the Barguzin and Chivyrukuy complexes, dikes of quartz-bearing diorites and biotite-bearing granites and leucogranites (A-type granitoids) formed.

Key words: granitoids, U-Pb isotope dating, Sviatoy Noss peninsula, Transbaikalia

Территория п-ова Святой Нос и восточного берега оз. Байкал в районе Чивыркуйского залива сложена блоками метаморфических пород святоносского и котерского комплексов, представляющих собой провесы кровли, ксеноблоки и ксенолиты среди позднепалеозойских гранитоидов Ангаро-Витимского батолита, слагающего наибольшую часть исследуемого района. Метаморфические комплексы (450 млн лет) являются фрагментом раннепалеозойской аккреционно-коллизивной системы Байкальского региона [1], составы протолитов которых отвечают метавулканической серии островодужного генезиса (495-460 млн лет), уровень метаморфизма отвечает амфиболитовой фации (P = 6,2-7,2 кбар, T = 705-745 °C) [2-3].

Магматические образования имеют очень широкое развитие в исследуемом районе (85% территории). Почти полностью они представлены позднепалеозойскими (С<sub>3</sub>-Р<sub>1</sub>) гранитоидами, являющимися частью Ангаро-Витимского батолита и образующими сплошное поле, сложенное массивами штокообразной или неправильной формы. Разновидности пород представлены гранитами, лейкогранитами баргузинского комплекса, сиенитами, кварцевыми сиенитами чивыркуйского комплекса, а также дайками гранитов, лейкогранитов зазинского комплекса [4]. На п-ове Святой Нос указанные гранитоиды слагают одноименный Святоносский массив. К контактовым зонам Святоносского массива и вмещающих пород в районе руч. Маркова и мыса Рытого приурочены тела, сложенные андрадитовыми сиенитами (святоноситами) и сиенитами. Кроме того, магматические породы слагают многочисленные жилы и дайки, прорывающие непосредственно метаморфические породы. Эти тела очень разнообразны по своему составу и возрасту. Многообразие пород представлено монцодиоритами, диоритами, сиенитами, гранитами, лейкогранитами, плагиогранитами и лейкоплагиогранитами, редко встречаются базитовые дайки. По возрасту часть даек относится к раннему палеозою, и часть – к позднему палеозою.

В рамках данного исследования изучены: 1) раннепалеозойские гранитоиды, представленные дайками и жилами в составе святоносского комплекса северной части п-ова Святой Нос; 2) позднепалеозойские гранитоиды Святоносского массива, дайки кварц-содержащих диоритов, прорывающие метаморфические породы южной части п-ова Святой Нос, дайки и жилы биотит-содержащих гранитов и лейкогранитов, прорывающие, как метаморфические породы, так и породы Святоносского массива.

1) Субвертикальные пегматоидные жилы низкокальциевых гранитов и плагиогранитов северной части п-ова Святой Нос и восточного берега оз. Байкал. По геохимическому составу они относятся к низкокальциевым гранитоидам I-типа, что предполагает метабазитовый источник. Их составы согласуются с составами плагиогранитов Ольхонского региона [5-6]. Их образование, наиболее вероятно, отвечает синметаморфическим сдвиговым деформациям. Изотопными методами возраст этих гранитоидов не установлен и принимается исходя из их геологической позиции жил и аналогии с другими подобными образованиями, встречающимися в складчатом обрамлении оз. Байкал. Например, для жил плагиопегматоидных гранитов, секущих сланцы черногривской свиты в Забайкалье установлен возраст  $486,6 \pm 6,1$  млн лет (SHRIMP-II); близкое к нему значение ( $462 \pm 8,1$  млн лет, SHRIMP-II) зафиксировано по циркону из среднезернистого плагиомикроклинового гранита, развивающегося по сланцам черногривинской свиты [7]. Близкий возраст имеют жилы плагиомикроклиновых гранитов ( $467,1 \pm 3$  млн лет, SHRIMP-II) и кварцевых сиенитов ( $471 \pm 2$  млн лет, SHRIMP-II), секущие породы слюдянской серии на южном берегу оз. Байкал [8]. Широкое распространение образований подобного типа и возраста характерно также для Ольхонского метаморфического террейна Западного Прибайкалья: возраст многочисленных синметаморфических гранитоидных жил и даек укладывается в интервал 490-460 млн лет [5, 9]. По аналогии с приведенными данными возраст низкокальциевых гранитов и плагиогранитов п-ова Святой Нос и Восточного берега оз. Байкал можно принять в интервале 490-460 млн лет.

2) Полого залегающие дайки Grt-гранитов в северной части п-ова Святой Нос. По минеральному и петрогеохимическому составу соответствуют гранитам S-типа. Гранитоиды близкого геохимического состава распространены в Приольхонье –

синметаморфические «strike-slip»-граниты [5]. Для Grt-гранитов установлен нижнедевонский возраст  $416 \pm 1,5$  млн лет (Zrn, LA-ICP-MS). Возраст их формирования совпадает с Ar-Ar изотопными данными, полученными по биотитам гранитов Айского массива, а также по амфиболам Бирхинского массива (оба массива – Приольхонье) [9].

3) Главный объем гранитоидов п-ова Святой Нос представлен субщелочными железистыми гранитоидами Святоносского массива (чивыркуйский и баргузинский комплексы), дайками кварцсодержащих диоритов и биотитсодержащих гранитов и лейкогранитов. По «алфавитной» классификации составы гранитоидов больше всего соответствуют гранитам А-типа. Гранитоиды данного этапа являются частью крупной изверженной гранитоидной провинции (Ангаро-Витимский батолит) [7], их формирование отвечает интервалу 297-288 млн лет (Zrn, LA-ICP-MS).

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект № 5.1688.2017/ПЧ).*

#### **Литература:**

1. Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Федоровский В.С., Мазукабзов А.М., Ларионов А.Н., Сергеев С.А. Ольхонский метаморфический террейн Прибайкалья: раннепалеозойский композит фрагментов неопротерозойской активной окраины. Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 5. С. 571—588.
2. Макрыгина В.А., Петрова З.И., Конева А.А., Суворова Л.Ф. Состав, РТ-параметры и метасоматические преобразования основных сланцев п-ова Святой Нос (Прибайкалье). Геохимия. 2008. № 2. С. 167-182.
3. Михеев Е.И., Владимиров А.Г., Волкова Н.И., Баянова Т.Б., Травин А.В., Юдин Д.С., Мехоношин А.С., Орсов Д.А. Термохронология гранулитов п-ова Святой Нос (Забайкалье). Доклады РАН. 2014. Т. 455. № 3. С. 317-322.
4. Цыганков А.А. Позднепалеозойские гранитоиды Западного Забайкалья: последовательность формирования, источники магм, геодинамика. Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 2. С. 197-227.
5. Владимиров А.Г., Федоровский В.С., Хромых С.В., Докукина К.А. Синсдвиговые стресс-граниты глубинных уровней коллизионной системы ранних каледонид Западного Прибайкалья. Доклады РАН. 2004. Т. 397. № 5. С. 643–649.
6. Антипин В.С., Горлачева Н.В., Макрыгина В.А. Геохимия раннепалеозойских гранитоидов Прибайкалья и их геодинамическая интерпретация (хр. Хамар-Дабан, о. Ольхон). Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 2. С. 228-243.
7. Руденко В.Е., Степанов Д.В., Виноградова Н.П., Матуков Д.И., Ларионов А.Н. Новые данные по геологии и геохронологии юго-западной окраины Ангаро-Витимского ареала гранитоидов. Геология и минерагения Забайкалья: Сборник докладов и статей к научно-производственной конференции, посвящённой шестидесятилетию Федерального государственного унитарного геологического предприятия «Читагеолсъёмка», Чита, 22-23 апреля 2010 г. Изд-во ЗабГГПУ. 2010. С. 151-160 с.
8. Salnikova E.V., Sergeev S.A., Kotov A.B., Yakovleva S.Z., Steiger R.H., Reznitsky L.Z., Vasil'ev E.P. U-Pb Zircon Dating of Granulite Metamorphism in the Sludyanskiy Complex, Eastern Siberia. Gondwana Research. 1998. V. 1. №. 2. P. 195-205.
9. Розен О.М., Федоровский В.С. Коллизионные гранитоиды и расслоение земной коры (примеры кайнозойских, палеозойских и протерозойских коллизионных систем). Тр. ГИН РАН; Вып. 545. М.: Научный мир. 2001. 188 с.
10. Юдин Д.С., Хромых С.В., Мехоношин А.С., Владимиров А.Г., Травин А.В., Колотилина Т.Б., Волкова М.Г.  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  возраст и геохимические признаки синколлизионных габброидов и гранитов Западного Прибайкалья (на примере Бирхинского массива и его складчатого обрамления). Доклады РАН. 2005. Т. 405. № 2. С. 251-255.

**ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ**

*Моляренко В.Л.*

Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, г. Гомель,  
Республика Беларусь,  
[molyarenko-vova@bk.ru](mailto:molyarenko-vova@bk.ru)

Аннотация. Цель работы – оценка геоэкологической ситуации юго-востока Республики Беларусь, в том числе оценка природно-техногенных процессов изучаемого региона. В работе описана методика эколого-геоморфологических исследований региона Гомельской области. К настоящему времени в экологической геоморфологии накоплен довольно значительный опыт экологических обобщений и конкретных результатов их практического применения. На современном этапе проведения геоэкологических исследований важным направлением является научно-методическое обеспечение оценки качества городской среды, что обусловлено накоплением знаний о содержании и закономерностях миграции химических веществ в урбанизированных ландшафтах, расширением списка источников загрязнения, изменением приоритетов в области охраны окружающей среды. Сосредоточение информации о хозяйственной деятельности, природных ресурсах, социальных условиях проживания населения, воздействию на окружающую среду в рамках административно-хозяйственных единиц определило выбор для оценки геоэкологического состояния Гомельской области.

Ключевые слова: экологическая геоморфология, природно-техногенные процессы, окружающая среда.

**EKOLOGO-GEOMORFOLOGICHESKAYA ASSESSMENT OF NATURAL AND TECHNOGENIC PROCESSES OF THE GOMEL REGION, REPUBLIC OF BELARUS**

*Molyarenko V.L*

Gomel state university of Francis Scorina, Gomel, Republic of Belarus,  
[molyarenko-vova@bk.ru](mailto:molyarenko-vova@bk.ru)

Abstract. The work purpose – assessment of a geoecological situation of the southeast of Republic of Belarus, including assessment of natural and technogenic processes of the studied region. In work the technique of ekologo-geomorphological researches of the region of the Gomel region is described. So far in ecological geomorphology quite considerable experience of ecological generalizations and concrete results of their practical application is accumulated. At the present stage of carrying out geoecological researches the important direction is scientific and methodical providing assessment of quality of the urban environment that it is caused by accumulation of knowledge of contents and regularities of migration of chemicals in the urbanized landscapes, extension of the list of sources of pollution, change of priorities in the field of environmental protection. Concentration of information on economic activity, natural resources, social conditions

of accommodation of the population, to impact on the environment within administrative units has defined the choice for assessment of a geoecological condition of the Gomel region.

Key words: ecological geomorphology, natural and technogenic processes, environment.

Экологическая геоморфология – наука, изучающая взаимные связи между рельефом и средой жизни организмов, в том числе и человека.

Комплексная оценка состояния городской среды – один из наиболее важных этапов геоэкологических исследований, направленных на интеграцию оценок состояния отдельных природных компонентов в границах определенных территориальных выделов, позволяющий зонировать территорию города по уровню экологической благоприятности или неблагоприятности, а также выделить проблемные в экологическом отношении территории. Этот этап необходим для определения приоритетов в природоохранной деятельности на территории города, в особенности при разработке территориальных комплексных схем охраны окружающей среды.

В этой связи разработана методика комплексной оценки экологического состояния окружающей среды городов, которая базируется на интеграции данных о загрязнении атмосферного воздуха, почв, подземных вод и растительности по территориальным выделам. Она апробирована на примере г. Светлогорска и г. Гомеля и использовалась для зонирования территории по напряженности экологической ситуации при разработке территориальной комплексной схемы охраны окружающей среды и корректировке генерального плана города

Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация сложилась в юго-восточной части города – районе с высокой концентрацией промышленных предприятий [2].

Наиболее неблагоприятная ситуация характерна для 13 функциональных зон, 8 из которых являются производственными. В большинстве случаев уровень загрязнения атмосферного воздуха здесь оценивается как сильный или повышенный, почв – как наиболее высокий или высокий, состояние древесной растительности – ослабленное.

Сложившаяся экологическая ситуация связана с расположением здесь основных источников эмиссии в атмосферу, образованием больших объемов производственных отходов, в том числе опасных, и сточных вод. Большинство промышленных предприятий функционирует 40–50 лет и более, что обусловило длительный период интенсивных техногенных нагрузок на окружающую среду и поступления загрязняющих веществ с различными потоками: выпадениями, утечками и разливами, рассеиванием с отходами [1].

Неблагоприятная экологическая ситуация сформировалась в центральной части города, а также на прилегающих к промышленным зонам территориях, что связано с достаточно высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха и почв, ослабленным состоянием растительности (повреждением). Особого внимания заслуживают крупные по площади выделы общественных зон в северо-западной части города.

Основными факторами, определяющими экологическую ситуацию в их пределах, являются выбросы автотранспорта, а также техногенные грунты (культурный слой), загрязненные тяжелыми металлами и другими веществами.

Кроме того, данные зоны с запада непосредственно граничат с рядом промышленных предприятий, которые в условиях преобладания западного направления переноса воздушных масс оказывают существенное воздействие на формирование экологической

ситуации в центре города. Для указанных зон характерен высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, средний и высокий уровень загрязнения почв.

Наиболее благоприятная экологическая ситуация характерна для периферии города в его северной части. Полученная пространственно дифференцированная комплексная оценка состояния городской среды с учетом природных и техногенных факторов ее формирования послужила основой для разработки градостроительных, технических, технологических и организационных мероприятий, направленных на реализацию проектных решений и экологических регламентов генерального плана г. Гомеля, разработки приоритетных мероприятий по оптимизации окружающей среды в зонах с наиболее неблагоприятной экологической ситуацией.

Как выявлено в процессе геоэкологических исследований городов Беларуси в их составе высоко участие относительно малоизмененных природно-растительных комплексов (лесов, болот, естественных лугов) Поэтому выявление закономерностей их развития в урбанизированных условиях имеет важное значение для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, а также для разработки природосовместимых технологий их адаптации к городским условиям.

К природным комплексам, полностью или частично сохранившимся в городах, относятся болота. Начатые в середине 1990-х годов сотрудниками лаборатории оптимизации геосистем исследования болот в различных городах страны, показали, что они весьма разнообразны по происхождению, типу питания, мощности торфа, растительности и современному состоянию. При отсутствии непосредственного антропогенного воздействия болота продолжают функционировать и в ряде случаев представляют собой места «дикой» природы, хотя их использование и ненадлежащее отношение при освоении городских территорий способствуют трансформации болот [1].

Особое внимание при геоэкологических исследованиях урбанизированных территорий уделяется оценке состояния среды в транспортных зонах. Разработан комплексный подход к изучению автотранспортных ландшафтно-функциональных комплексов (ЛФК) городов, включающий ландшафтно-геохимическое профилирование для изучения особенностей распределения приоритетных загрязняющих веществ (тяжелых металлов, ПАУ, нефтепродуктов, водорастворимых веществ).

На формирование экологической ситуации в Гомельской области оказывают влияние глобальные, региональные и локальные экологические проблемы. Глобальные и региональные экологические проблемы являются унаследованными из прошлого, отличаются относительной стабильностью и требуют длительных сроков решения путем проведения комплекса специальных мероприятий, поэтому они значительно сильнее влияют на экологическое состояние регионов. Локальные экологические проблемы являются более динамичными, связаны с текущим функционированием хозяйственного комплекса, либо неблагоприятными климатическими явлениями. Они имеют привязку к конкретной территории и могут быть решены сравнительно быстро. Учитывая разную значимость экологических проблем, их влияние на общее экологическое состояние территории будет различным.

Наибольшей остротой на юго-востоке Беларуси выделяется региональная проблема радиоактивного загрязнения территории, благодаря которой Республика и Гомельская область в частности объявлена зоной экологического бедствия. В качестве критериев определения категории экологического состояния территории выбраны показатели

удельного веса загрязнения сельскохозяйственных земель цезием – 137 и стронцием – 90. При этом учитывалась площадь загрязненных земель и интенсивность загрязнения [3].

Таким образом, на юго-востоке Беларуси 14 районов (18,6 % от площади республики) характеризуются неблагоприятной экологической ситуацией, а 8 районов (6,2 %) – крайне неблагоприятной.

Это связано с проблемой локального загрязнения атмосферного воздуха и, косвенно, проблемой изменения климата оценивается величиной выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников и величиной выбросов от передвижных источников, определяемой, через густоту автомобильных дорог и интенсивность движения транспорта. Воздействие на водные объекты оценивается показателем отведения сточных вод, а воздействие на почвенный покров и окружающую среду в целом – объемом образования производственных отходов.

#### **Литература:**

1. Витченко А.Н. Геоэкологическая оценка качества окружающей среды Беларуси. Минск. 2007. С. 145–147.
2. Геоэкологические исследования городов и урбанизированных территорий Беларуси. Минск. 2002. № 8. С. 43–57.
3. Оценка экологического состояния административных районов Республики Беларусь. Минск. БГУ. 2014.

## **МОДИФИКАЦИЯ ПРИБОРА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИНДУКЦИОННОГО КАРОТАЖА В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГЕОНАВИГАЦИИ**

*Москаев И.А.*

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия  
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука, Новосибирск, Россия  
[ilya-moskaev@mail.ru](mailto:ilya-moskaev@mail.ru)

Аннотация. При разработке сложных нефтегазовых коллекторов принципиально важным является проводка скважины в наиболее продуктивной части пласта. Для этого используется геонавигация, заключающаяся в определении положения ствола относительно границ вскрываемого коллектора в процессе бурения. В разработанной первой отечественной телеметрической системе LWD для геонавигации наклонно-горизонтальных скважин используется прибор высокочастотного индукционного каротажа в процессе бурения. В рамках настоящей работы выполняется исследование возможностей модификации электромагнитного прибора с целью расширения области его применения и повышения точности геонавигации в сложных геологических разрезах.

Ключевые слова: бурение, геонавигация, высокочастотный индукционный каротаж в процессе бурения, ВИКПБ, модификация

## **MODIFICATION OF THE HIGH-FREQUENCY INDUCTION RESISTIVITY LWD TOOL WITH THE AIM OF GEOSTEERING QUALITY IMPROVEMENT**

*Moskaev I.A.*

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia  
A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia  
[ilya-moskaev@mail.ru](mailto:ilya-moskaev@mail.ru)

Abstract: During complex oil and gas reservoirs production, drilling a wellbore in the effective pay is of fundamental importance. To that end, geosteering is used, which consists in position determination of a borehole relative to reservoir boundaries during drilling process. In the first developed domestic telemetering LWD system for geosteering deviated and horizontal wells, high-frequency induction resistivity LWD tool is used in the drilling process. Within the framework of the present study, feasibility of modifying the electromagnetic tool is being investigated with a view to extension of its application area and improvement of geosteering accuracy in complex geological sections.

Key words: drilling, geosteering, high-frequency induction resistivity LWD, VIKPB, modification

Потребность в увеличении добычи нефти, а, следовательно, в наращивании длины участка выработки, располагающегося в продуктивном пласте, приводит к развитию



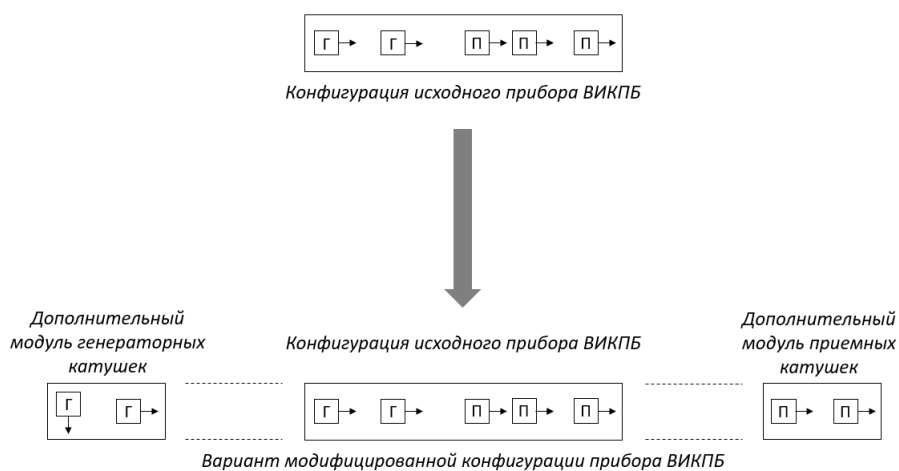
технологий, с помощью которых возможно бурение протяженных скважин с высоким зенитным углом [1-2]. Данный процесс послужил причиной распространения наклонно-горизонтальных скважин, для обеспечения максимальной рентабельности которых требуется надежное проведение субгоризонтального ствола в пределах нефтенасыщенной части коллектора. Чтобы решать эту задачу, применяется геонавигация, которая заключается в определении положения ствола скважины относительно границ разрабатываемого коллектора [3-4] и позволяет принимать взвешенные решения о направлении дальнейшего бурения. Одним из геофизических методов, используемых при геонавигации, является электромагнитный каротаж.

В основном, геонавигация осуществляется ведущими зарубежными компаниями: Baker Hughes, Halliburton, Schlumberger, Weatherford. Иностранные производители приборов, с помощью которых производится геонавигация, не продают свою продукцию на российский рынок [5], вследствие чего важна разработка отечественных приборов.

Научно-производственным предприятием геофизической аппаратуры «Луч» (НПП ГА «Луч») и Институтом нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск) разработана отечественная телеметрическая система каротажа в процессе бурения скважин [6]. Аппаратурно-программный комплекс данной системы, помимо прочих геофизических методов, позволяет осуществлять высокочастотный индукционный каротаж в процессе бурения с помощью прибора ВИКПБ.

Актуальность данной работы заключается в необходимости повышения достоверности восстановления параметров модели среды с использованием данного прибора при бурении скважин и, вследствие этого, в увеличении надежности решений о направлении дальнейшего бурения.

Для повышения точности восстановления параметров модели среды широко используются возможности выполнения азимутальных измерений электромагнитного каротажа для прибора ВИКПБ, а также увеличение его глубинности при геонавигации. Проведение данной модификации осуществимо путем добавления в конструкцию ВИКПБ дополнительных генераторных и приемных катушек. Схема модификации представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема расположения генераторных (Г) и приемных (П) катушек и их ориентация (показано стрелками) модифицированного прибора ВИКПБ.**

Выполнен расчет сигналов зондов прибора ВИКПБ и установлена их зависимость от расстояния между катушками и операционной частоты с помощью программно-алгоритмических средств в рамках горизонтально-слоистой модели среды [7-15]. Рассмотрены модели типичных пластов-коллекторов Западной Сибири.

Проведен расчет сигналов прибора ВИКПБ как для основных, так и для дополнительных зондов. В результате выполненного анализа определена предварительная конфигурация модифицированного прибора ВИКПБ-М для геонавигации.

В дальнейшем работа будет продолжена над выбором параметров оптимальной конфигурации с учетом погрешности определения модельных параметров при решении задачи геонавигации, что позволит повысить достоверность результатов и принимаемых во время бурения решений. В свою очередь, это даст возможность увеличения длины ствола скважины, проходящей в продуктивном пласте, и, в конечном счете, более эффективной нефтедобычи.

Научный руководитель – проф. РАН, д.ф.-м.н. В.Н. Глинских.

#### Литература:

1. Аксельрод С.М. Каротаж в процессе бурения (по материалам американских публикаций). Каротажник. 2001. № 85. С. 103-121.
2. Аксельрод С.М. Методы опережающей навигации при бурении горизонтальных скважин (по материалам зарубежной литературы). Каротажник. 2012. № 9 (219). С. 87–122.
3. Онегова Е.В., Эпов М.И. (2011): Возможности метода переходных процессов для геонавигации горизонтальных скважин. Россия, ГЕО-Сибирь. Геологическое, геофизическое и геодезическое обеспечение новых методов поиска, разведки и добычи полезных ископаемых, Новосибирск [3.pdf](#).
4. Tilsley-Baker R., Antonov Y., Martakov S., et al. (2013): Extra-deep resistivity experience in Brazil geosteering operations. USA, in SPE Annual Technical Conference and Exhibition. New Orleans: Louisiana.
5. Еремин В.Н., Волканин Ю.М., Тарасов А.В. Аппаратурно-методическое обеспечение электромагнитного каротажа в процессе бурения. Каротажник. 2013. № 226. С. 62–69.
6. Каюров К.Н., Еремин В.Н., Эпов М.И., Глинских В.Н., Сухорукова К.В., Никитенко М.Н. Аппаратура и интерпретационная база электромагнитного каротажа в процессе бурения. Нефтяное хозяйство. 2014. № 12. С. 112-115.
7. Никитенко М.Н., Сухорукова К.В., Глинских В.Н., Еремин В.Н. (2015): Оперативная обработка и интерпретация данных электромагнитного каротажа на разных этапах строительства нефтегазовой скважины. Россия, 4-ая международная научно-практическая конференция «Тюмень-2015»: Глубокие горизонты науки и недр. Тюмень [7.pdf](#).
8. Эпов М.И., Глинских В.Н., Сухорукова К.В., Никитенко М.Н., Еремин В.Н. Численное моделирование и инверсия данных электромагнитного каротажа в процессе бурения и шаблонирования нефтегазовой скважины. Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 8. С. 1520–1529.
9. Эпов М.И., Никитенко М.Н., Глинских В.Н., Еремин В.Н. Изучение электрической макроанизотропии интервалов наклонно-горизонтальных скважин по данным высокочастотного индукционного каротажа в процессе бурения. Каротажник. 2016. № 269. С. 94–109.
10. Эпов М.И., Никитенко М.Н., Глинских В.Н., Сухорукова К.В. Численное моделирование и анализ сигналов электромагнитного каротажа в процессе бурения. Каротажник. 2014. № 11 (245). С. 29–41.
11. Эпов М.И., Никитенко М.Н., Глинских В.Н., Сухорукова К.В., Еремин В.Н. (2013): Интерпретационная база электромагнитного каротажа в процессе бурения. Россия, VI Всероссийская школа-семинар имени М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна по электромагнитным зондированиям Земли. Новосибирск [11.pdf](#).
12. Эпов М.И., Никитенко М.Н., Сухорукова К.В., Глинских В.Н., Еремин В.Н., Горбатенко А.А., Павлова М.А. Сигналы электромагнитного каротажа в процессе бурения и их численная инверсия. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2014. № 3 (19). С. 49–55.
13. Эпов М.И., Никитенко М.Н., Сухорукова К.В., Глинских В.Н. Исследование возможностей электрического и электромагнитного каротажа в электрически макроанизотропных пластах, вскрытых наклонно-горизонтальными скважинами. Каротажник. 2016. № 2 (260). С. 64–79.
14. Nikitenko M.N., Epov M.I., Glinskikh V.N., Suhorukova K.V., Eremin V.N. (2014): Development of LWD High-frequency Resistivity Tool. Russia, in 6th Saint Petersburg International Conference & Exhibition «Geosciences – Investing in the Future». Saint Petersburg.
15. Nikitenko M.N., Glinskikh V.N., Eremin V.N., Epov M.I. (2016): High-frequency LWD Electromagnetic Measurements Applied to Studying Macroanisotropic Properties of Thin-bedded Sedimentary Deposits. Russia, in SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Moscow [15.pdf](#).

## ОСОБЕННОСТИ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗОНДОВ АППАРАТУРЫ СКЛ-160 ВО ВРЕМЯ СТОЯНОК В УСЛОВИЯХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

*Москалев Г.В.<sup>1</sup>, Соболев А.Ю.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

[gMoskalev95@gmail.com](mailto:gMoskalev95@gmail.com)

<sup>2</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

Изменения значений показаний зондов электрических методов каротажа аппаратуры СКЛ-160 во время технологических стоянок в скважинах нефтегазовых месторождений Западной Сибири укладываются в заявленные производителем погрешности измерений. Однако распределение этих значений не является нормальным в отличие от распределения сигналов зондов высокочастотного индукционного каротажа. Выделены три вида особенностей сигналов, существенно изменяющих распределение.

Ключевые слова: Боковой каротаж, боковое каротажное зондирование, СКЛ-160

## CHARACTERISTICS OF THE DC LOGGING SIGNALS OF SKL-160 TOOL PROBES UNDER THE OIL AND GAS WELLS CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA

*Moskalev G.V.<sup>1</sup>, Sobolev A.Y.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia, gMoskalev95@gmail.com

<sup>2</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

The readings values changes of the SKL-160 equipment probes electric logging techniques during technological stops in the oil and gas fields wells in Western Siberia with a measurement errors stated by the manufacturer are fit with the margin. However, this values distribution in contrast to the high-frequency induction logging probes distribution signals is not normal. Three signal features types that significantly change the distribution are pointed out.

Key words: Laterolog, lateral logging sounding, SKL-160

Из года в год усложняется разведка и разработка нефтегазовых месторождений. Нефтедобывающие компании вынуждены разрабатывать водонефтенасыщенные и обводненные коллекторы, а обнаружение продуктивных пластов затрудняется их малой мощностью и сложной структурой. Поэтому увеличиваются требования к точности зондов геофизического исследования скважин и достоверности результатов их интерпретации.

Для увеличения достоверности оценок применяется комплекс каротажных зондов разной физической природы; для повышения технологичности и уменьшения времени задалживания скважин их объединяют в каротажные комплексы. Автономные варианты этих комплексов позволяют исследовать сильно наклонные и горизонтальные скважины [1]; кроме того, некоторые варианты автономной аппаратуры позволяют

проводить измерения в процессе иных технологических операций: во время бурения или шаблонирования скважины. Отличительной особенностью использования автономной аппаратуры на каротажных трубах являются технологические стоянки, во время которых прибор неподвижен, но продолжает измерения. Обычно эти данные отбрасываются, но они несут информацию о шумовых характеристиках конкретного экземпляра зонда в скважинных условиях.

На примере данных, зарегистрированных во время технологических стоянок автономной аппаратуры СКЛ-160 (НПП ГА «Луч») на нескольких месторождениях Западной Сибири (14 скважин, более 1300 стоянок суммарным временем более 50 часов) исследованы собственные шумовые характеристики амплитудных и фазовых зондов ВИКИЗ [2, 3] и показано, что шум этих зондов подчиняется нормальному распределению и значительно, почти на порядок, меньше заявленной погрешности измерений.

Однако сигналы электрических методов СКЛ-160 – бокового каротажа (БК) и бокового каротажного зондирования (БКЗ) – в интервалах тех же стоянок ведут себя иначе. Можно выделить три типа особенностей поведения сигналов. Примеры сигналов зондов во время стоянок приведены на рис. 1.

На рис. 1 а заметно плавное увеличение показаний короткого зонда БКЗ А1М0.1N во время двухминутной стоянки. Во время другой стоянки (рис. 1 б) так же плавно уменьшаются показания короткого зонда БК LLS. Изменения эти невелики по абсолютному значению: весь диапазон изменений укладывается в 0.3 % в первом случае и меньше 0.1 % во втором. Такой тип поведения сигналов встречается в данных каждого из электрических зондов в 15-50 % (в зависимости от критерия) стоянок, но эти изменения значительно меньше заявленной производителем погрешности измерений.

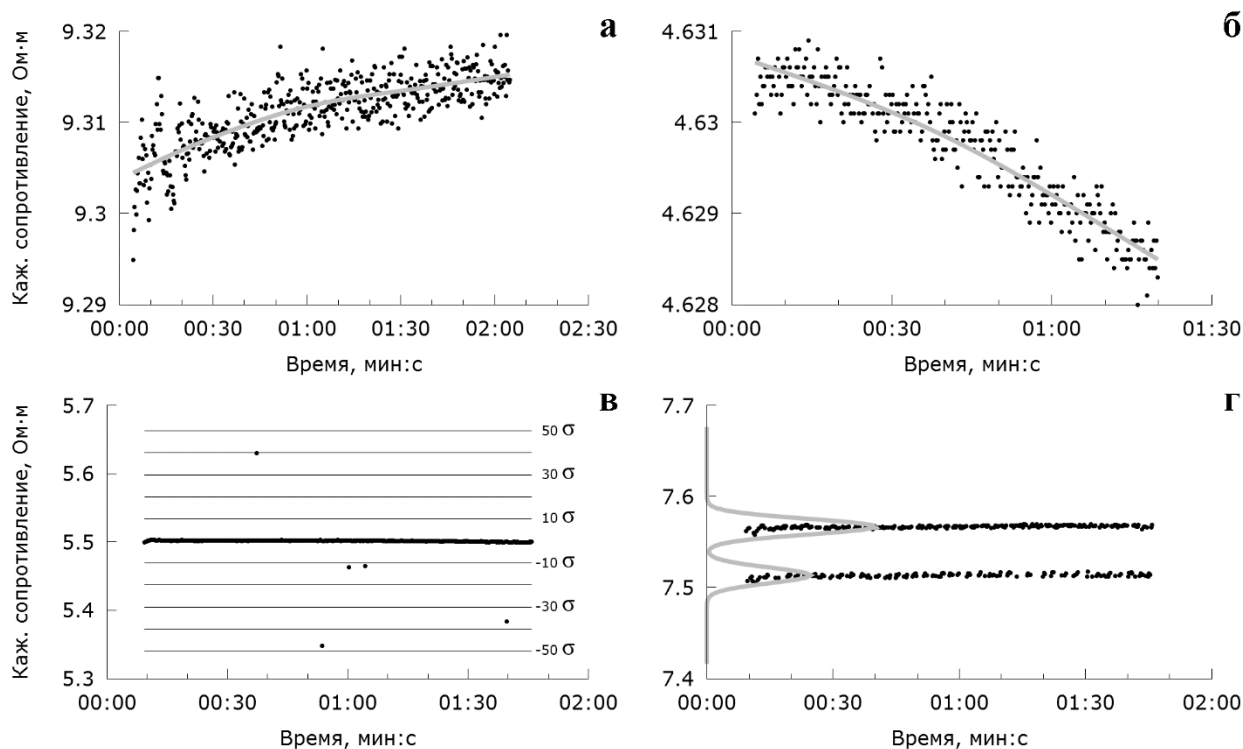
Другой тип нарушения нормального распределения сигналов – единичные вылеты. Они наблюдаются довольно часто в данных зондов БК LLS – более половины стоянок длиной 350-700 точек имеют хотя бы один вылет, более чем в десять раз превышающий среднеквадратичное отклонение. На рис. 1 в приведен пример показаний короткого зонда БК LLS: за время менее чем двухминутной стоянки зарегистрировано пять вылетов более чем на  $10\sigma$ , из них три – на величину порядка  $40\sigma$ . Впрочем, это меньше 3 % от сигнала, и легко может быть отфильтровано. Среднеквадратическое отклонение  $\sigma$  в предположении о единичных выбросах подсчитывалось в два этапа: рассчитывались среднее и  $\sigma^*$  по всем данным стоянки; отбрасывались точки, отстоящие более чем на  $5\sigma^*$  от среднего, после чего пересчитывались среднее и  $\sigma$ .

Третья особенность сигналов электрических зондов – иногда распределение имеет два заметных максимума. На рис. 1 г приведены сигналы короткого зонда БКЗ А0.4М0.1N, группирующиеся вокруг двух характерных значений: 7.51 и 7.57 Ом·м. Такое «раздвоение» наблюдалось на зондах GZ1, GZ3B, GZ4 и PZ, примерно в 20 % стоянок.

Эти особенности иногда наблюдаются вместе. Так, на рис. 1 г имеется мало заметный в этом масштабе тренд, подобный приведенному на рис. 1 а: за время стоянки сигналы зондов в обеих группах плавно растут на величину порядка 0.005 Ом·м.

Изменения значений показаний зондов электрических методов каротажа аппаратуры СКЛ-160 во время технологических стоянок в скважинах нефтегазовых месторождений Западной Сибири укладываются в заявленные производителем погрешности измерений. В отличие от распределения сигналов зондов высокочастотного индукционного каротажа, распределение этих значений не является нормальным. Выделены три вида особенностей сигналов, существенно изменяющих распределение. В тех случаях, когда таких

особенностей нет – а это скорее редкие случаи – оцененный уровень собственного шума на два порядка меньше погрешности измерений. Следовательно, точность измерений электрическими зондами СКЛ определяется и ограничивается не аппаратным шумом; изучение природы выявленных особенностей сигналов может повлиять на оценку погрешности измерений аппаратуры.



**Рисунок 1 – Примеры сигналов электрических методов аппаратуры СКЛ-160 во время технологических стоянок. а) – зонд А1М0.1N, б) и в) – короткий зонд LLS БК, г) – зонд А0.4М0.1N.**

### Литература:

1. Петров, А. Н. Системный подход при разработке автономных комплексов для каротажа в наклонно-горизонтальных скважинах. Каротажник. 2013. № 2. С. 46–54.
2. Москалев, Г. В. Выделение интервалов стоянки аппаратуры СКЛ-160 в реальных каротажных данных на месторождениях Западной. XXII Международный симпозиум им. акад. М. А. Усова. Сборник докладов. 2018. Т. 1. С. 421 – 423.
3. Москалев, Г. В., Соболев А. Ю. Оценка параметров собственного шума зондов аппаратуры СКЛ-160 в условиях нефтегазовых скважин Западной Сибири. XIV Международный научный конгресс Интерэкспо Гео-Сибирь. Сборник докладов. 2018. Т. 3. С. 274 – 280.

**ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ  
ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВА-НА-ДОНУ)***Назаренко О.В.*

Институт наук о Земле Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия,  
[ovnazarenko@sfedu.ru](mailto:ovnazarenko@sfedu.ru)

Аннотация. Анализируется роль грунтовых вод в городе. Проблема поднятия уровня грунтовых вод четвертичного возраста чрезвычайно актуальна. Замачивание суглинков приводит к активизации просадочных явлений и оползневым процессам. Грунтовые воды в городе обладают высокой агрессивностью, что приводит к разрушению фундаментов зданий и сооружений, высокому экономическому ущербу. Интенсивный подъем уровня представляет большую опасность для промышленных и гражданских сооружений, так как является фактором изменения: влажностного режима грунтовых вод зоны аэрации, физико-механических и других свойств грунтов и химического состава, это приводит к обводнению грунтов, и к неизбежности проявления просадок на лессовых просадочных грунтах, и к деформации, а иногда и разрушению сооружений, если конечно не принять соответствующих мер.

Ключевые слова: грунтовые воды, уровень, Ростов-на-Дону

**INFLUENCE OF GROUNDWATER ON GEOECOLOGICAL SITUATION OF THE  
CITY: A CASE STUDY OF ROSTOV-ON-DON***Nazarenko O.V.*

Institute of Earth Science, Southern federal university, Rostov on Don, Russia,  
[ovnazarenko@sfedu.ru](mailto:ovnazarenko@sfedu.ru)

Abstract. The role of groundwater in the city is analyzed. The problem of raising the level of groundwater of Quaternary age is extremely relevant as causes the activation of subsidence and landslide processes. Groundwater in the city has a high aggressiveness, which leads to the destruction of the foundations of buildings and structures, high economic damage. Intensive rise of the level is a great danger for industrial and civil structures. It is a factor of change of the moisture regime of groundwater aeration zone, physical, mechanical and other properties of soils and chemical composition, this leads to the flooding of soils, and to the inevitability of subsidence on loess subsidence soils, and to deformation, and sometimes destruction of structures, unless of course take appropriate measures.

Key words: groundwater, level, Rostov on Don

Подземные воды играют как положительную, так и отрицательную роль в жизни городов. С одной стороны, они создают большие трудности для функционирования, невидимые и не принимаемые во внимание при планировании городского строительства и

эксплуатации города, что приносит ежегодно огромный экономический ущерб. С другой стороны, подземные воды из сарматского водоносного горизонта разливаются в качестве минеральных лечебно-столовых и пользуются большой популярностью среди ростовчан под названием «Аксинья», «Иверская», «Аксу». Широкою известность имеют выходы данного водоносного горизонта в виде источников «Гремучий», «Сурб-Хач», «Ботанический сад», «Александровский», «Водопадный», ставшими местами отдыха многих горожан.

Однако, представляемая статья посвящена не подземным водам сарматского водоносного горизонта, а залегающему выше водоносному горизонту четвертичных эолово-делювиальных отложений. Общим водоупором для водоносного горизонта лессовых отложений служат скифские глины. Уклоны грунтовых потоков зависят от положения рельефа кровли скифских глин. От водоразделов к зонам разгрузки они возрастают от 0,01 – 0,02 до 0,04 – 0,05 м, в зонах разгрузки достигают 0,1 – 0,18 м. Мощность водоносного горизонта изменяется от 30 – 40 м на водоразделах до 2 – 3 м в зоне разгрузки. Определенные по данным откачек коэффициенты фильтрации колеблются от 0,1 до 1,2 м/сут.

Проблема поднятия уровня грунтовых вод четвертичного возраста чрезвычайно актуальна. Замачивание суглинков приводит к активизации просадочных явлений и оползневым процессам; грунтовые воды, обладают высокой агрессивностью, что приводит к разрушению фундаментов зданий и сооружений, огромному экономическому ущербу.

Первые упоминания об уровне грунтовых вод мы находим у М.Б. Краснянского (1914). В то время в ст. Гниловской он составлял 10-12 м. Для застраиваемой территории города Ростова-на-Дону впервые подтопление было отмечено в начале 30-х годов, когда началось строительство завода Ростсельмаш. Горный инженер В.Е. Родионов, проводивший исследования причин повышения уровня подземных вод на территории Ростовского завода Сельхозмашиностроения в 1934 г., пришел к однозначному выводу – причиной повышения уровня подземных вод являются многочисленные утечки воды из водопроводной сети. К этому необходимо добавить утечки из канализационного коллектора, сетей теплоснабжения и ливневых коллекторов, выравнивание территории через нивелирование балок [1-7].

Территория города разделена на четыре условных района: Западный жилой массив (ЗЖМ) – максимальные уровни грунтовых вод составляют (22 м), а минимальные (2 м); Северный жилой массив (СЖМ) – максимальные уровни грунтовых вод составляют (18 м), а минимальные (2 м); Центр – максимальные уровни грунтовых вод составляют (18 м), а минимальные (7,5 м); Восточная часть города, где максимальные уровни грунтовых вод составляют (14 - 10 м), а минимальные (2 - 0,82 м).

В пределах ЗЖМ положение уровня первого от поверхности земли горизонта подземных вод в целом не изменилось, что связано с наличием макропористых хорошо проницаемых лессовых грунтов большой мощности и их высокой дренированностью, отсутствием существенных нарушений условий формирования поверхностного стока и его перехода в подземный, применения дренажей. Глубина залегания уровня грунтовых вод в пределах ЗЖМ разнообразна. Выявленное в отдельных местах (район ГПЗ-10) залегание близко к поверхности от 2-6 м связано с тем, что это область питания первого от поверхности земли безнапорного горизонта и носит сезонный характер. Разгрузка происходит в р. Темерник, Дон и по балкам, эродировавшим восточный склон ЗЖМ.

В пределах СЖМ положение уровня первого от поверхности земли водоносного горизонта повысилось в среднем на 4 м: хорошо водопоглощающие грунты залегают на относительно неглубоко расположенном водоупоре - скифских глинах. В данном районе наблюдается повышенная влажность грунтов основания сооружений и подъем уровня грунтовых вод. Эти величины достигают критических значений. При техногенном воздействии происходит изменение гидрогеологического режима подземных вод и физико-химических свойств грунтов, приводя к понижению их несущей способности при замачивании и обводнении, и изменении агрессивности. В настоящее время в пределах СЖМ глубина залегания грунтовых вод различна. В одних местах грунтовые воды залегают близко к поверхности (2–6 м), что обусловлено метеорологическими, геоморфологическими и техногенными факторами. В других грунтовые воды залегают на глубинах (6–18 м). В Центральной части города – изменение положения уровня первого от поверхности земли водоносного горизонта не произошло. Геоморфологические особенности данной территории - слабый наклон территории в западном направлении обуславливают стекание и разгрузку поверхностных и подземных вод в долину р. Темерник и Дон. Положительными критериями являются частная застройка территории с плотностью 15-20 %, хорошая организация поверхностного стока и дренажных систем, наличие макропористых грунтов со значительной водопроницаемостью. Следовательно, на открытых пространствах воды атмосферного происхождения довольно быстро фильтруются в нижележащие горизонты.

В пределах Восточной части города произошло повышение уровня первого от поверхности земли водоносного горизонта на 4 м, здесь глубина залегания зеркала от поверхности составляет 2-0,82 м. Следовательно, подъем уровня грунтовых вод носит многолетний характер, проявляющийся в постепенном повышении уровня грунтовых вод при сохранении сезонных колебаний.

Таким образом, для г. Ростова-на-Дону актуальной является проблема создания и функционирования научно обоснованной автоматизированной системы мониторинга за грунтовыми водами первого водоносного горизонта. Без этого город будет ежегодно нести многомиллионные затраты на следствие подтопления. В то время как возможно и необходимо прогнозировать развитие процесса и принимать превентивные меры по их устранению.

*Работа выполнена при поддержке 5.5795.2017/8.9*

#### **Литература:**

1. Краснянский М.Б. Грунтовые воды города Ростова-на-Дону. Записки Ростовского-на-Дону общества истории, древностей и природы. Ростов-на-Дону. 1914. С.201-212.
2. Назаренко О.В., Федоров Ю.А. Закономерности формирования и антропогенного преобразования родников Ростовской области. Ростов-на-Дону. Дониздат. 2014. 210 с.
3. Назаренко О.В. К вопросу о влиянии климатических факторов на грунтовые воды Доно-Донецкого бассейна во второй половине XX столетия. Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 4. С. 504-510.
4. Назаренко О.В. Оценка региональных изменений метеорологических показателей и их влияния на уровень грунтовых вод (на примере г. Ростова-на-Дону). Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 549.
5. Никаноров А.М., Гарькуша Д.Н., Зубков Е.А., Барцев О.Б., Минина Л.И. Гидрохимический режим и качество грунтовых вод застроенных территорий на юге Ростовской области). Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 2. С. 171-178.
6. Никаноров А.М., Барцев О.Б., Барцев Б.О. Техногенное подтопление на территории юга России в Ростовской области. Изв. РАН. Сер. геогр. 2009. № 1. С. 1-11.
7. Приваленко В.В., Безуглова О.С. Экологические проблемы антропогенных ландшафтов ростовской области. Ростов-на-Дону. СКНЦВШ, 2003. 290 с.



## РАСТВОР-РАСПЛАВНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ И СПЕКТРАЛЬНО- ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА (Er,Yb):LuAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>

*Напрасников Д.А., Мальцев В.В., Леонюк Н.И., Лясников А.Д.*

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия,  
[daniilnaprasnikov@mail.ru](mailto:daniilnaprasnikov@mail.ru)

Аннотация. Изучено фазообразование в псевдочетверной системе LuAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>-(K<sub>2</sub>Mo<sub>3</sub>O<sub>10</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) в температурном интервале 1130 - 900°C. Фазовые соотношения представлены графически в виде проекции формирования твердых фаз в этом диапазоне на треугольник составов при 900°C. Оптимальные результаты по раствор-расплавной кристаллизации получены при содержании LuAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> в исходной шихте 25 мас.%. Монокристаллы LuAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> (LuAB) номинального состава и легированного эрбием и иттербием выращивались из раствора-расплава на «точечных» затравках. Термические и спектрально-люминесцентные свойства кристаллов Er,Yb:LuAB близки к аналогичным характеристикам кристаллов (Er,Yb):YAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> и (Er,Yb):GdAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> и могут использоваться в лазерах с диодной накачкой, работающих в условно безопасном для глаз спектральном диапазоне 1.5–1.6 мкм.

Ключевые слова: кристаллография, рост кристаллов, раствор-расплавная кристаллизация, редкоземельно-алюминиевые бораты, лазерные материалы

## FLUX GROWTH AND LUMINESCENCE SPECTRA OF (Er,Yb):LuAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>

*Naprasnikov D.A., Maltsev V.V., Leonyuk N.I., Lyasnikov A.D.*

Moscow State University, Moscow, Russia  
[daniilnaprasnikov@mail.ru](mailto:daniilnaprasnikov@mail.ru)

Abstract. We have studied phase relations in the pseudoquaternary system LuAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>-(K<sub>2</sub>Mo<sub>3</sub>O<sub>10</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) in the temperature range 1130 to 900°C. The phase relations were represented in graphical form, as a projection of the formation of solid phases in this range onto the composition triangle at 900°C. Optimal results in terms of high-temperature solution growth have been obtained at 25 wt % LuAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> in the growth charge. Undoped and erbium-ytterbium codoped LuAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> (LuAB) single crystals have been grown from high-temperature solutions on “pointlike” seeds. The (Er,Yb):LuAB crystals are similar in thermal properties and luminescence spectra to (Er,Yb):YAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> and (Er,Yb):GdAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> crystals and can be used in diode-pumped lasers operating in the nominally eye-safe spectral region 1.5–1.6 μm.

Key words: crystallography, crystal growth, flux growth process, rare-earth aluminum borates, laser materials

Редкоземельно-алюминиевые бораты с общей формулой RAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> (RAB; R=Y, Pr-Lu), представляющие собой структурный аналог карбонатного минерала хантита

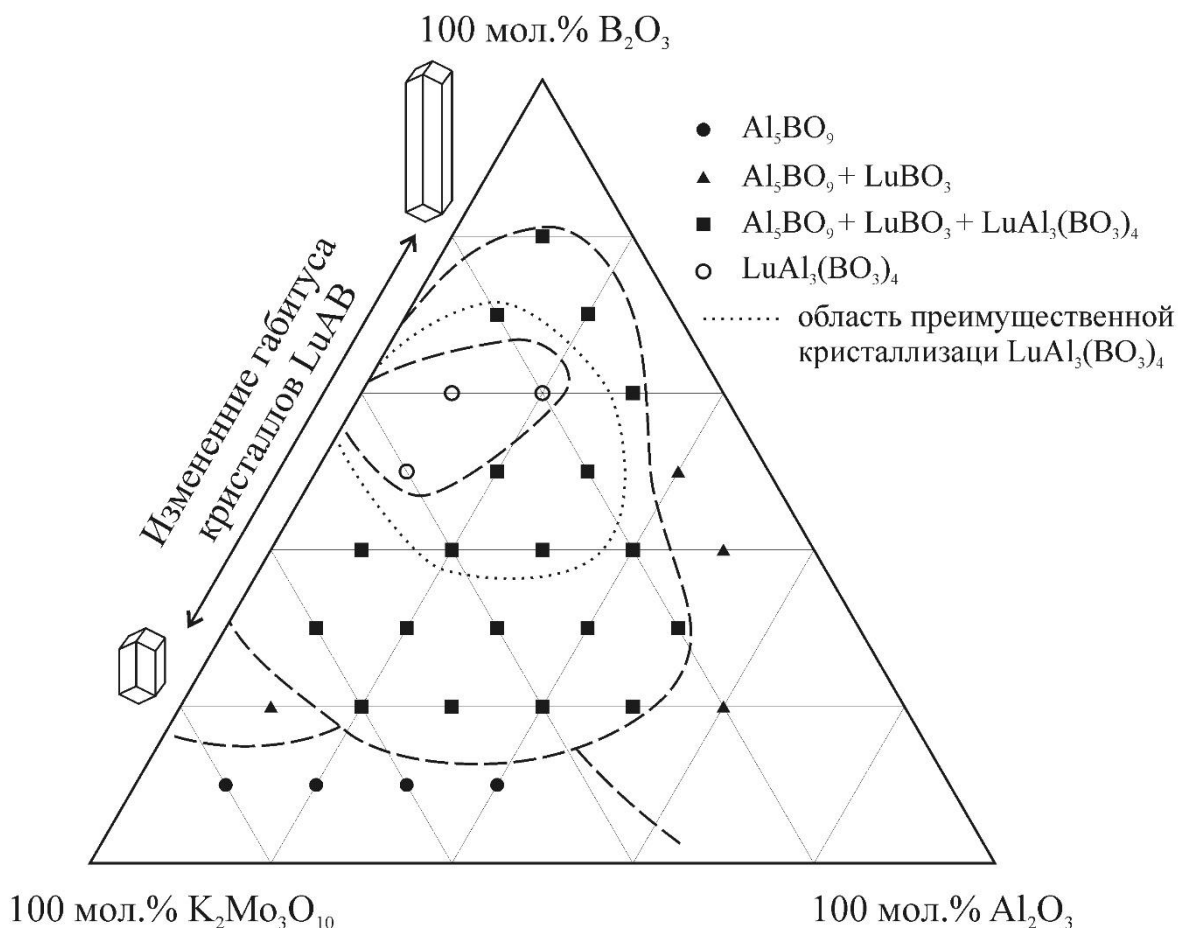
$\text{CaMg}_3(\text{CO}_3)_4$ , являются перспективными объектами для лазерных систем и интенсивно изучаются достаточно продолжительное время [1]. Монокристаллы этого семейства обладают высокой механической прочностью, термической устойчивостью и теплопроводностью. Нецентросимметричная модификация RAB может также применяться в нелинейно-оптических устройствах [2,3]. Среди кристаллов редкоземельно-алюминиевых боратов  $\text{LuAl}_3(\text{BO}_3)_4$  (LuAB) также пригоден для применения в нелинейно-оптических и лазерных устройствах при его легировании ионами  $\text{Yb}^{3+}$  и  $\text{Er}^{3+}$ . Кристаллы твердых растворов состава  $\text{Yb}_x\text{Er}_y\text{Lu}_{1-x-y}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$  ( $x = 0-0.2$  и  $y = 0 - 0.02$ ), к примеру, могут использоваться для генерации лазерного излучения в ближнем ИК диапазоне (длина волны около 1.5 мкм) [4].

В интервале кристаллообразующего компонента от 15 до 40 мас.% в растворе-расплаве LuAB -  $\text{K}_2\text{Mo}_3\text{O}_{10}$  спонтанная кристаллизация LuAB не наблюдается, если его концентрация составляет менее 20 мас.%. Кристаллы прозрачны и имеют коричневатый оттенок, средний размер варьирует в пределах 1-2 мм, их габитус типичен для других кристаллов семейства RAB и характеризуется тремя хорошо развитыми простыми формами – двумя тригональными призмами  $\{1\ 1\ \bar{2}\ 0\}$  и  $\{2\ \bar{1}\ \bar{1}\ 0\}$  и ромбоэдром  $\{1\ 0\ \bar{1}\ 1\}$ . Габитус зависит также от соотношения компонентов комплексного растворителя. Так, по мере увеличения концентрации  $\text{V}_2\text{O}_5$  в расплаве, кристалл меняет форму от относительно изометричной до удлинённой. При этом грани ромбоэдра становятся менее выраженными, вплоть до их полного исчезновения.

Фазообразование в системе  $\text{LuAl}_3(\text{BO}_3)_4$ - $(\text{K}_2\text{Mo}_3\text{O}_{10}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{V}_2\text{O}_5)$  в температурном интервале 1130-900°C зависит, прежде всего, от соотношения компонентов растворителя: область монофазной кристаллизации LuAB относительно узка (рис.1), в то время как участок, где с LuAB сокристаллизуются небольшие количества алюмобората  $\text{Al}_5\text{BO}_9$  и  $\text{LuVO}_4$  с фатеритовой структурой, достаточно обширен. Добавление до 25 мас.%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в шихту позволило значительно уменьшить интенсивность образования  $\text{LuVO}_4$ , при этом избыток  $\text{Al}_2\text{O}_3$  незначительно повышает температуру насыщения раствора-расплава [4]. В случае уменьшения содержания в растворе-расплаве  $\text{V}_2\text{O}_5$  постепенно уменьшается выход кристаллов LuAB и с заменой их на побочные фазы  $\text{Al}_5\text{BO}_9$  и  $\text{LuVO}_4$ . В дальнейшем при концентрации  $\text{V}_2\text{O}_5$  менее 10 мол.% кристаллизуется исключительно  $\text{Al}_5\text{BO}_9$ .

Выращивание кристаллов LuAB на затравку возможно только в ограниченном интервале составов растворителя: для легированных кристаллов (Er,Yb):LuAB этот диапазон составов для растворителя  $\text{K}_2\text{Mo}_3\text{O}_{10}-\text{V}_2\text{O}_5-\text{Al}_2\text{O}_3$  дополнительно уточнялся. Монокристаллы (Er,Yb):LuAB с размерами более 1 см, пригодные для оптических измерений, выращивались в течение одного месяца в интервале температур охлаждения 30-40°C.

Для спектра люминесценции кристалла (Er,Yb):LuAB характерна структурированная полоса с пиком на длине волны 1522 нм. Затухание люминесценции в области около 1,5 мкм носит моноэкспоненциальный характер, измеренное время жизни уровня  $^4\text{I}_{13/2}$  ионов эрбия составило  $330 \pm 5$  мкс.



**Рисунок 1 - Фазообразование в системе 25 мас.%  $\text{LuAl}_3(\text{BO}_3)_4$  – 75 мас.% ( $\text{K}_2\text{Mo}_3\text{O}_{10}$  -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{B}_2\text{O}_3$ ) в интервале 1130-900°C.**

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ: гранты № 18-35-00692 мол\_а, 18-05-01085 а, 18-29-12091 мк*

#### **Литература:**

1. Ballman A.A. A New Series of Synthetic Borates Isostructural with the Carbonate Mineral Huntite. Amer. Mineral. 1962. V.47. P.1380-1383.
2. Jiang H., Li J., Wang J., Hu X.B., Liu H., Teng B., Zhang Ch.Q., Dekker P., Wang P. Growth of Yb:YAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> Crystals and their Optical and Self-Frequency-Doubling Properties. J. Cryst. Growth. 2001. V.233. P.248-252.
3. Dekker P., Dawes J.M., Piper J.A., Liu Y., Wang J. 1.1W CW Self-Frequency-Double Diodepumped Yb:YAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> Laser. Opt. Comm. 2001. V.195. P.431-436.
4. Maltsev V.V., Leonyuk N.I., Naprasnikov D.A., Gorbachenya K.N., Kisel V.E., Yasukevich A.S., Kuleshov N.V. Flux Growth and Laser-Related Spectroscopic Properties of (Er,Yb):LuAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> Crystals. CrystEngComm. 2016. V.18. P.2725-2734

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ГОРОДСКИХ ВОДОЕМАХ

*Насырова Э.С., Елизарьев А.Н.*

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

[ElinaSagitovna@yandex.ru](mailto:ElinaSagitovna@yandex.ru)

Аннотация. Городские водоемы, подверженные тепловому загрязнению представляют геоэкологическую опасность, которая в работе рассмотрена как форма проявления последствий антропогенного воздействия, создающих угрозу для геосистемы. Основное содержание исследования составляет анализ концентрации растворенного кислорода в городских водоемах, в условиях теплового загрязнения. Значительное внимание также уделяется специфике микроклимата водоемов-охладителей в проекции на водную растительность. В работе разработана математическая модель по расчету концентрации растворенного кислорода по основным морфометрическим показателям водоема и температуре сбрасываемых вод.

Ключевые слова: водоем, тепловое загрязнение, растворенный кислород

## MODELING OF DISSOLVED OXYGEN IN URBAN WATER BODIES

*Nasyrova E.S., Elizaryev A.N.*

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

[ElinaSagitovna@yandex.ru](mailto:ElinaSagitovna@yandex.ru)

Abstract. Urban water bodies exposing to thermal pollution are represent geoeological danger, which is considered in the work as a form of manifestation the human impact consequences, creating a threat to the geosystem. The main content of the study is the dissolved oxygen concentration analysis in urban water bodies, in conditions of thermal pollution. Considerable attention is also paid to the specifics of cooling ponds microclimate in the projection on aquatic vegetation. In the work developed a mathematical model for calculating the concentration of dissolved oxygen by the main morphometric parameters and the discharged water temperature.

Key words: water body, thermal pollution, dissolved oxygen

Одной из отраслей жилищно-коммунального хозяйства обеспечивающей функционирование урбандошадфта и создающей комфортабельные условия для проживания населения, является теплоэнергетика, которая обеспечивает город электричеством, тепловой энергией и горячей водой. Работа тепловых электростанций (ТЭС) сопровождается использованием различных видов топлива и значительных объемов воды, необходимой для охлаждения технических агрегатов [1].

Наиболее эффективными, с точки зрения негативного влияния на природную среду, являются градирни, которые исключают использование компонентов природной среды, а

именно водных объектов. Однако, широко используемыми на практике являются водоемы-охладители, в которые сбрасываются подогретые воды с ТЭС, что приводит к их тепловому загрязнению (СанПиН 2.1.5.980-00). В связи с этим водоемы представляют геэкологическую опасность, которая в работе рассмотрена как форма проявления последствий антропогенного воздействия, создающих угрозу для геосистемы [2].

Тепловое загрязнение влияет на водную растительность. За счет создания «острова тепла» отмечается опережение фенологических фаз по сравнению с фоновым объектом. В совокупности с другими воздействующими антропогенными источниками тепловое загрязнение формирует гидрохимический режим водоема.

Сброс подогретых вод в первую очередь отражается на динамике растворенного кислорода. Ни одна современная система мониторинга качества воды не обходится без определения концентрации кислорода, так же как ни одна экологическая модель не может считаться достаточной полной, если в ней не учитываются динамика растворенного кислорода, источники его поступления и стоки [3].

Для оперативного расчета концентрации растворенного кислорода в условиях теплового загрязнения и отсутствия гидростов на водоемах предложена математическая модель. При разработке математической модели по определению концентрации растворенного кислорода предложен интегральный подход, объединяющий уравнение Стритера-Фелпса (Streeter H.W., Phelps, E.V. 1925), уравнение фактической и равновесной концентрации кислорода (Леонов, 1989) и уравнение продольной дисперсии.

В качестве объекта исследования рассмотрен пруд Теплый (г. Уфа, Россия), который используется для сброса подогретых вод Уфимской ТЭЦ-2 мощностью 500 МВт (прямоточно-оборотная система водоснабжения). Водоем является проточным, поэтому в водоеме существует течение характерное для водотоков.

При следующих исходных данных:

- скорость течения ( $v$ ) в пруде Теплый равна 0,2 м/с;
  - БПК<sub>полн</sub> в месте сброса подогретых вод ( $L_0$ ) принимается равным 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует классу качества «очень чистый», поскольку в водоем сбрасываются нормативно чистые сточные воды;
  - коэффициент шероховатости дна ( $n_{ш}$ ) пруда Теплый равен 0,025;
  - уклон дна ( $m$ ) пруда Теплый равен 0,0025;
  - в пруд Теплый загрязненные производственные сточные воды не сбрасываются и в связи с отсутствием данных о параметрах неорганизованного поверхностного стока  $f$  и  $r$  принимаются равными 0;
  - сечение пруда Теплый в точках отбора проб воды является трапецидальным
- получена математическая модель, описывающая изменение концентрации растворенного кислорода пруда Теплый:

$$C_{факт} = 14,62 - 0,4042 \cdot T + 0,00842 \cdot T^2 - 0,00009 \cdot T^3 - \frac{0,115}{1,65 \cdot h^{1,5} \cdot 0,97^{T-20} - 0,23} \cdot \left( e^{x \cdot \frac{R^{7,74+0,08\sqrt{R}}}{0,0026h} \left( 0,2 - \sqrt{0,04 + \frac{0,001h \cdot 1,047^{T-20}}{R^{7,74+0,08\sqrt{R}}}} \right)} - e^{x \cdot \frac{R^{7,74+0,08\sqrt{R}}}{0,0026h} \left( 0,2 - \sqrt{0,04 + \frac{0,09 \cdot h^{2,5} \cdot 1,024^{T-20}}{R^{7,74+0,08\sqrt{R}}}} \right)} \right) \quad (1)$$

$$R = \frac{(b + 0,0025 \cdot h) \cdot h}{b + 2 \cdot h} \quad (2)$$

Из полученных зависимостей (1, 2) видно, что фактическая концентрация растворенного кислорода пруда Теплый зависит от морфометрических параметров водоема: ширины ( $b$ ) и глубины ( $h$ ) в расчетном створе, расстояния от начального до расчетного створа ( $x$ ) и температуры сбрасываемых теплых вод ( $T$ ).

Апробация разработанной математической модели по определению концентрации растворенного кислорода, проводилась путем сравнения расчетных данных с экспериментальными (таблица 1).

**Таблица 1. Результаты сравнения расчетных и экспериментально полученных данных концентрации растворенного кислорода пруда Теплый**

Дата отбора проб	Расчетный створ					
	1	2	3	4	5	6
26.04.11	<u>14,6</u>	<u>13,2</u>	<u>13,1</u>	<u>13,4</u>	<u>13,3</u>	<u>12,5</u>
	22,8	15,6	17,0	17,4	17,0	13,3
16.06.11	<u>8,00</u>	<u>8,26</u>	<u>8,30</u>	<u>8,45</u>	<u>9,00</u>	<u>9,00</u>
	7,23	10,8	12,4	13,3	18,8	19,0
17.08.11	<u>8,70</u>	<u>8,30</u>	<u>8,20</u>	<u>8,40</u>	<u>8,20</u>	<u>8,20</u>
	12,0	8,60	8,40	10,1	8,12	8,50
14.10.11	<u>9,00</u>	<u>9,07</u>	<u>9,20</u>	<u>9,20</u>	<u>9,30</u>	<u>9,20</u>
	6,07	9,30	5,86	1,94	0,99	5,40

Примечание: в числителе концентрация растворенного кислорода пруда Теплый в расчетном створе, мг/дм<sup>3</sup>; в знаменателе относительная погрешность определения концентрации растворенного кислорода по предлагаемой математической модели и путем измерения, %

Как видно из таблицы 1, относительная погрешность определения концентрации растворенного кислорода по предлагаемой математической модели и путем измерения не превысила допустимую погрешность измерений концентрации растворенного кислорода (ГОСТ 27384-2002).

Таким образом, предлагаемая модель может быть использована для расчета концентрации растворенного кислорода в пруду Теплый. В настоящее время, из-за ограниченности финансовых и трудовых ресурсов, выделяемых на мониторинг городских водоемов, разработанную модель рекомендуется применять на водоемах, подверженных тепловому загрязнению.

#### Литература:

1. Титова Т.С., Ахтямов Р.Г., Насырова Э.С. Технические решения по предотвращению теплового загрязнения водоемов в пределах урболандшафта. Бюллетень результатов научных исследований. 2016. № 3-4. С. 60-68.
2. Насырова Э.С. Геоэкологическая оценка водоемов городских ландшафтов (на примере г. Уфа): дисс. канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2017. 247 с.
3. Хаертдинова Э.С., Кутлиахметов А.Н., Елизарьев А.Н., Муллаянов Р.Р., Красногорская Н.Н. Исследование экологического состояния водоемов урбанизированных территорий в условиях теплового загрязнения. Вода: химия и экология. 2012. № 5. С. 3–10.
4. Титова Т.С., Ахтямов Р.Г., Елизарьева Е.Н., Елизарьев А.Н. Мониторинг и обеспечение техносферной безопасности природных и антропогенных систем. Уфа, 2017. 213 с.

**МИНЕРАЛОГИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ Cu-Au-Bi-Te-  
МИНЕРАЛИЗАЦИИ СИНЮХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ).**

*Некипелова А.В.*

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия,

[a.nekipelova@g.nsu.ru](mailto:a.nekipelova@g.nsu.ru)

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

Аннотация. Становление Cu-Au-Bi-Te минерализации в телах волластонит-гранат-пироксеновых скарнов Синюхинского месторождения связано с регрессивной гидротермальной стадией скарнового этапа минералообразования, которой предшествует интенсивное дробление и последующее наложение изменений. Образование непосредственно золоторудной минерализации происходило при температурах 330—180°C, что определило многообразие минеральных ассоциаций ее проявления: самородное золото в рудах присутствует в тесном сростании с сульфидами меди и в ассоциации с теллуридами. Установлены две генерации золота разной пробыности.

Ключевые слова. Золотое оруденение, медно-скарновые месторождения, гидротермально-метасоматические образования.

**FORMATION OF Cu-Au-Bi-Te-SCARN MINERALIZATION OF SINYUKHINSKOYE  
DEPOSIT (ALTAY MOUNTAINS)**

*Nekipelova A.V.*

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [a.nekipelova@g.nsu.ru](mailto:a.nekipelova@g.nsu.ru)

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

Abstract. The Cu-Au-Bi-Te mineralization in the bodies of wollastonite-garnet-pyroxene skarns of the Sinyukhinskoye deposit is associated with the regressive hydrothermal stage of the skarn stage of mineral formation, which is preceded by intensive crushing and subsequent alteration. The formation of gold mineralization occurred at temperatures of 400-150 °C, which determined the variety of mineral associations: native gold in ores is present in close coalescence with copper sulfides and in association with tellurides. We discovered two generations of gold with different fineness.

Keywords. Gold mineralization, copper-skarn deposits, hydrothermal-metasomatic formations.

Синюхинское месторождение локализовано в экзоконтакте диорит-тоналитового массива (S<sub>2-3</sub> – D<sub>3</sub>), прорывающего вулканогенно-осадочные образования усть-семиной свиты (Є<sub>2us2</sub>). Становлению рудной минерализации в телах гранат-пироксеновых скарнов предшествует интенсивное дробление и наложение ретроградных скарновых изменений: формирующиеся эпидот-кварц-карбонат-хлоритовые ассоциации образуют маломощные жилы, гнезда. Продуктивная рудная минерализация занимает преимущественно секущее

положение по отношению к основным скарновым телам. Скарновые породы образовались в две стадии – собственно скарновую, и наложенную гидротермальную. Главными минералами скарновой стадии являются волластонит, гранат, клинопироксен; гидротермальной – эпидот, кварц, кальцит, серицит, хлорит, рудные минералы. Минералобразование постскарнового этапа сопровождалось перекристаллизацией ранних скарновых минералов с образованием друзовых и шестоватых агрегатов.

Золотое оруденение связано с проявлением гидротермальной стадии минералобразования и локализуется среди волластонитовых, гранат- и пироксен-волластонитовых скарнов, относящихся к инфильтрационному типу, и тесно связано с рудной ассоциацией. Среди рудных минералов преобладают сульфиды меди и железа (борнит, халькозин, халькопирит), в подчиненных количествах находятся теллуриды (петцит) и сульфотеллуриды (тетрадимит). Общее содержание рудных минералов не превышает первые проценты и имеет неравномерное распределение от единичных вкраплений до практически массивных руд. Самородное золото в рудах присутствует в тесном сростании с сульфидами меди и в ассоциации с теллуридами. Величина золотин не превышает сотых долей миллиметра. Главными примесями в золоте являются серебро до 19 % и медь до 1,7 масс. %, содержание ртути не превышает 0,45 % [1, 2]. Нами установлены две генерации золота разной пробности, на основании взаимоотношений с другими рудными минералами.

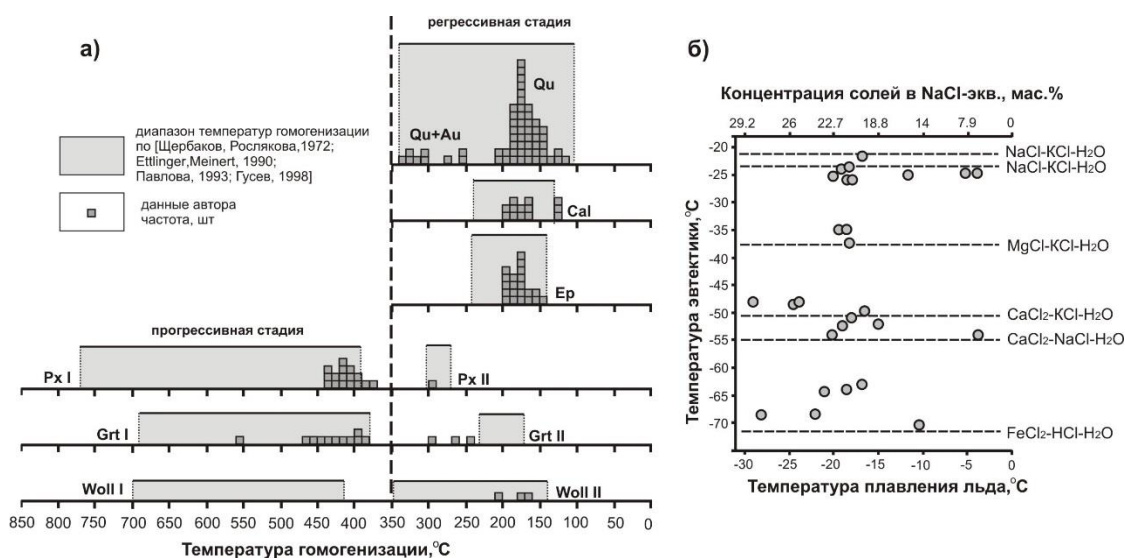
Высокопробное 900-960‰ самородное золото I находится в ассоциации с халькозином и борнитом. Наблюдаются сростания самородного золота с халькозином и борнитом, разобщенные выделения этих минералов. Золото-борнит-халькозиновая ассоциация представлена вкрапленным текстурным типом в трещинах и межзерновых полостях скарновых минералов. Халькозин создает мирмекитовые текстуры распада в высокомедистом борните II. Относительно низкопробное 840-860 ‰ самородное золото II ассоциирует с петцитом и тетрадимитом. Петцит и тетрадимит представлены каплевидными выделениями в кварцевых прожилках, цементирующих брекчированные халькопирит-борнитовые агрегаты, а также изометричными выделениями совместно с Se-содержащим галенитом II в прожилках, секущих борнит II. Золото-борнит-халькозиновая ассоциация является главной продуктивной на месторождении, в то время как золото-петцитовая рудообразующего значения не имеет. На месторождении присутствуют непродуктивные минеральные ассоциации: борнит-халькопиритовая и галенит-сфалеритовая.

Изучение двухфазных ( $\text{Ж}_{\text{H}_2\text{O}} + \Gamma$ ) и трехфазных ( $\text{Ж}_{\text{H}_2\text{O}} + \Gamma + \text{Kp}$ ) флюидных включений в пироксене и гранате показало, прогрессивная стадия скарнообразования соответствует температурам 550–320 °С. Исследование включений в эпидоте, кальците, кварце, перекристаллизованных гранатах, пироксенах и волластоните выявило, что регрессивная стадия минералобразования отвечает температурам 350–120 °С. Золоторудные сульфидные минеральные ассоциации формировались в температурном интервале 330–180 °С. Полученные данные попадают в известные диапазоны значений [3, 4, 5]. Наиболее характерными компонентами растворов флюидных включений являются Na, K, Ca, Mg и  $\text{Fe}^{2+}$ . Первое заметное плавление льда замороженного раствора включений происходит при температурах –68...–16 °С, что близко к температурам плавления эвтектик водно-солевых систем, содержащих NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, и FeCl<sub>2</sub>. Плавление льда растворов включений находится в интервале температур от –29 до –3,6 °С, общая



концентрация солей варьирует от 28,5 до 6,1 мас.% NaCl-экв. (рис.1). Преобладающей газовой фазой рудообразующего флюида является CO<sub>2</sub>, в меньших количествах установлен N<sub>2</sub>. Содержание CO<sub>2</sub> меняется от 50 до 100 мол. %.

Таким образом, формирование медно-золото-висмута-теллуридной минерализации Синоухинского месторождения связано с постскарновым этапом, и является наложенным на ранние скарновые ассоциации. Прогрессивный скарновый этап (образование волластонита, граната, пироксена) соответствует температурам 550-320 °С, а регрессивный постскарновый (перекристаллизация ранних минералов, образование эпидота, кальцита, кварца, отложение рудных минералов) отвечает интервалу 300-120 °С. Установлены две золоторудные ассоциации: ранняя золото-борнит-халькозиновая, являющаяся главной продуктивной, и поздняя золото-теллуридная, не имеющая рудообразующего значения. Также на месторождении присутствуют непродуктивные минеральные ассоциации: борнит-халькопиритовая, галенит-сфалеритовая. Золоторудные сульфидные минеральные ассоциации формировались в температурном интервале 330-180 °С. Рудообразующий флюид, вероятно, имеет состав NaCl-CaCl<sub>2</sub>-KCl-MgCl<sub>2</sub>-FeCl<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>±CH<sub>4</sub>, общая концентрация солей варьирует от 28,5 до 6,1 мас.% NaCl-экв.



**Рисунок 1 - Физико-химические условия формирования медно-золото-висмута-теллуридной минерализации Синоухинского месторождения: а) температуры гомогенизации индивидуальных флюидных включений, б) диаграмма температура эвтектики – температура плавления льда.**

#### Литература:

1. Гаськов И. В. Борисенко, А. С., Бабич, В. В., Наумов, Е. А. Стадийность и длительность формирования золоторудной минерализации на медно-скарновых месторождениях (Алтае-Саянская складчатая область). Геология и геофизика. 2010. Т. 51. №. 10. С. 1399-1412.
2. Павлова Л. К. Геолого-геохимические особенности золото-скарновых месторождений Кузнецкого Алатау и Горного Алтая. Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. Новосибирск: ИГ и Г СО АН. 1993.
3. Щербаков Ю.Г., Рослякова Н.В. Золоторудные столбы в скарнах Синоухинского месторождения. Проблемы образования рудных столбов / под ред. Ю.Г. Щербакова. Новосибирск: Наука. 1972. С. 160-165.
4. Ettliger A.D., Meinert L.D. Copper-Gold Skarn Mineralization at the Veselyi Mine, Siniukhinskoe District, Siberia, U.S.S.R. Econ. Geol. 1991. V.86. №1. P. 185-194.
5. Гусев А. И. Геология и золото-медно-скарновое оруденение Синоухинского рудного поля в Горном Алтае. Руды и металлы. 1998. №. 2. С. 79-90.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕРЫ, МЫШЬЯКА И МОЛИБДЕНА В ВЕРТИКАЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ ОСАДКОВ ЧЕРНОГО МОРЯ**

*Немченко Е.И.<sup>1</sup>, Липатникова О.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова, Москва, Россия,  
[zhenya2008.ru@mail.ru](mailto:zhenya2008.ru@mail.ru)

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Аннотация. Изучено содержание серы, мышьяка и молибдена в вертикальном разрезе донных отложений Черного моря. Показано, что валовые концентрации элементов находятся на уровне фоновых, но рассчитанные коэффициенты обогащения относительно среднего состава земной коры достигают первых десятков для S и As и превышают 100 для Mo, что, вероятнее всего, связано с процессами сероводородного заражения.

Ключевые слова: Черное море, донные отложения, микроэлементы, коэффициенты обогащения, сероводородное заражение

**DISTRIBUTION OF SULFUR, MUSCLE AND MOLYBDEN IN THE VERTICAL SECTION OF THE SEDIMENTS OF THE BLACK SEA**

*Nemchenko E.I.<sup>1</sup>, Lipatnikova O.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Moscow, Russia, [zhenya2008.ru@mail.ru](mailto:zhenya2008.ru@mail.ru),

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. The content of sulfur, arsenic and molybdenum in the vertical section of the bottom sediments of the Black Sea is studied. It is shown that the total concentrations of the elements are at the background level, but the calculated enrichment coefficients relative to the average composition of the earth's crust reach the first tens for S and As and exceed 100 for Mo, which is most likely due to the processes of hydrogen sulfide contamination.

Key words: Black Sea, bottom sediments, microelements, enrichment factors, hydrogen sulfide contamination

Донные отложения (ДО) служат своеобразным отражением процессов, протекающих в водной толще акватории. При выполнении анализа содержания металлов в ДО можно оценить уровень загрязнения и установить характерные особенности распределения металлов-токсикантов в зависимости от природных геохимических процессов и антропогенного влияния [1].

Целью исследования является изучение распределения серы, мышьяка и молибдена в вертикальном разрезе осадков Черного моря.

Материал для работы был отобран в ноябре-декабре 2016 года во время 91-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН. Колонка мощностью 32 см (станция № 9146) была отобрана мультикорером, который позволяет

получить ненарушенный керн осадков, и затем разделена на слои мощностью 1 см (всего 32 пробы). Осадки представляли собой темно-серый однородный тонкопелитовый ил жидкой и полужидкой консистенции (постепенно уплотняющийся с глубиной) с запахом сероводорода и включениями белого цвета. Проведенный качественный анализ на наличие карбонатов (реакция с соляной кислотой) подтвердил первоначальное предположение о том, что эти включения являются карбонатами.

Осадки были высушены в стеклоглеродных тиглях при 70 °С и растерты в фарфоровой ступке. Затем в пробах были определены валовые содержания микроэлементов методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) с использованием портативного спектрометра Thermo Niton XL3t (модификация Niton XL3t900). Все аналитические исследования проводили на кафедре геохимии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

По данным РФА были построены графики зависимости содержания микроэлементов от глубины залегания осадка (рис. 1).

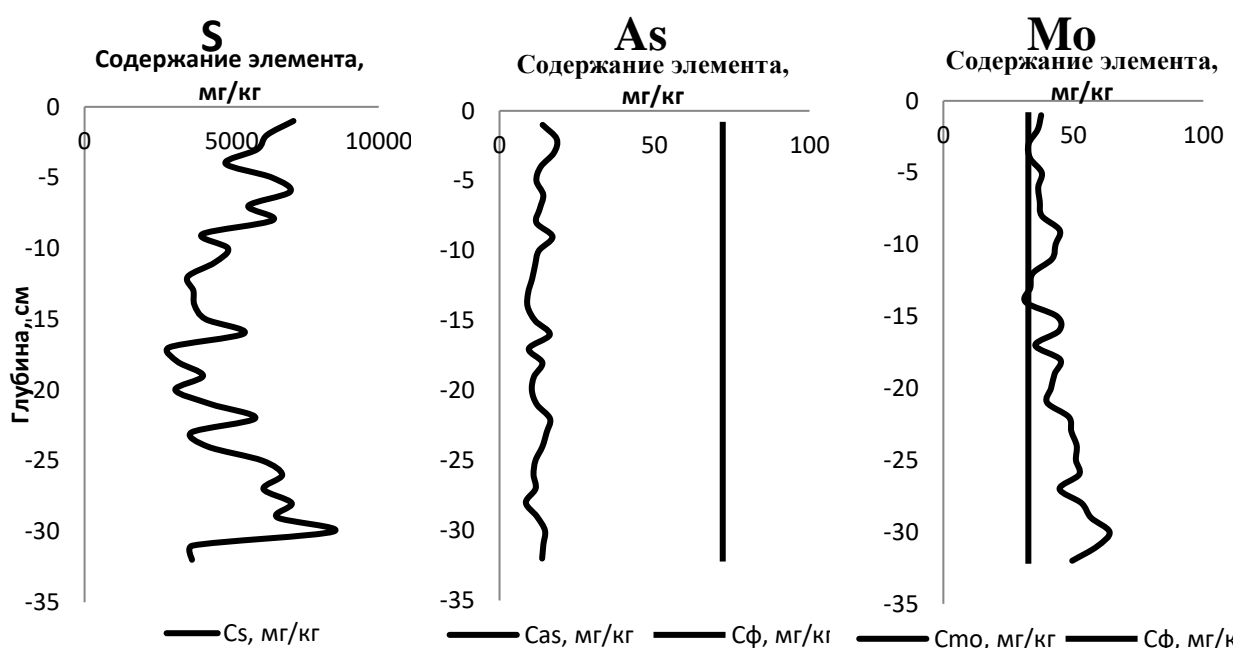


Рисунок 1 – Распределение S, As и Mo в вертикальном разрезе донных осадков Черного моря

Для мышьяка и молибдена рассчитаны коэффициенты концентрирования относительно фоновых содержаний. Полученные результаты показали, что содержания мышьяка значительно ниже фоновых, а молибдена может превышать фоновые до 2 раз (табл. 1).

Таблица 1. Определение коэффициента концентрации химического вещества (Kc) элементов

Элемент	$\frac{C_{\min} - C_{\max}}{C_{\text{сп}}}$ , мг/кг	Cф, мг/кг [2]	$\frac{Kc \min - Kc \max}{Kc \text{ сп}}$
S	$\frac{2900 - 8500}{5100}$	-	-
As	$\frac{9 - 18}{13}$	72	$\frac{0,12 - 0,26}{0,18}$

Mo	$\frac{32 - 64,0}{43,5}$	32,7	$\frac{0,97 - 1,96}{1,33}$
----	--------------------------	------	----------------------------

Из рисунка 1 видно, что для As наблюдается равномерное распределение содержания в вертикальном разрезе Черного моря, для Mo незначительное увеличение содержания с глубиной, а для S наблюдается обогащение элементом как верхних слоев колонки, так и нижних (3-5 см).

Для выявления вклада литогенного или иного (биогенного, антропогенного и др.) источника формирования микроэлементного состава донных отложений обычно рассчитывают коэффициенты обогащения (КО) относительно среднего состава земной коры по формуле:

$$КО = (\text{Эл} / \text{Эл}_{\text{инд}})_{\text{проба}} / (\text{Эл} / \text{Эл}_{\text{инд}})_{\text{з.к.}}$$

где Эл и Эл<sub>инд</sub> – содержание химического элемента и индикаторного элемента в пробе донных отложений и верхней части континентальной земной коры. можно использовать Al, Fe, Ti, Sc и некоторые другие. В данной работе в качестве индикаторного элемента литогенной составляющей были взяты Fe и Ti [3].

Для изученных микроэлементов выявлено заметное обогащение относительно среднего состава верхней части континентальной земной коры (табл. 2).

**Таблица 2. Коэффициенты обогащения элементов относительно разных индикаторных элементов литогенной составляющей**

Элемент	по Ti			по Fe		
	макс.	мин.	среднее	макс.	мин.	среднее
Mo	172	55	100	127	61	90
As	28	11	17	23	11	15
S	35	12	21	35	12	21

К обогащению донных осадков относительно среднего состава земной коры изученными микроэлементами приводит развитие сероводородного заражения в глубинах Черного моря. Сера и мышьяк непосредственно входят в состав сульфидов. Молибден вероятнее всего соосаждается из морской воды, где он находится в виде аниона MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, вместе с сульфидами железа.

Проведенные исследования важны для понимания процессов осадконакопления в акватории Черного моря.

*Авторы выражают благодарность Институту океанологии и лично М.Д. Кравчишиной за предоставление проб донных отложений. Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ 14-27-00114*

#### **Литература:**

1. Овсяный Е.И., Котельянец Е.А., Орехова Н.А. Мышьяк и тяжелые металлы в донных отложениях Балаклавской бухты (Черное море). Мор. гидрофиз. журнал, 2009, №4. - С. 67-80.
2. Геохимия Черного моря /Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И. Киев. Наук. Думка. 1982. 144 с.
3. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / Соловов А.П., Архипов А.Я. и др. М.: Недра, 1990. 335 с.

## ПОЗДНОГОЛОЦЕНОВЫЕ ЭОЛОВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА НАДЫМСКОГО ПРИОБЬЯ

*Никулина Е.Л.*

Тюменский Государственный университет, Тюмень, Россия, [e.l.nikulina@utmn.ru](mailto:e.l.nikulina@utmn.ru)

Аннотация. Условия, в которых формируется эоловый рельеф вызывает большой интерес. В ходе экспедиционных исследований были изучены разрезы и по отобраным образцам сделан гранулометрический состав, который показал слагающие их породы. Рассмотрено влияние на развитие эолового рельефообразования как природных, так и антропогенных факторов.

Ключевые слова: эоловые формы рельефа, голоцен, Надымское Приобье

## LATE HOLOCENE AEOLIAN FORMS OF THE RELIEF IN THE NADYM OB AREA

*Nikulina E.L.*

Tyumen State University, Tyumen, Russia, [e.l.nikulina@utmn.ru](mailto:e.l.nikulina@utmn.ru)

Abstract. The conditions in which the aeolian relief is formed is of great interest. In the course of expeditionary studies, the sections were studied and the granulometric composition was made on the selected samples, which showed the rocks composing them. The influence of natural and anthropogenic factors on the development of Aeolian relief formation is considered.

Key words: aeolian forms of the relief, holocene, Nadym Ob area

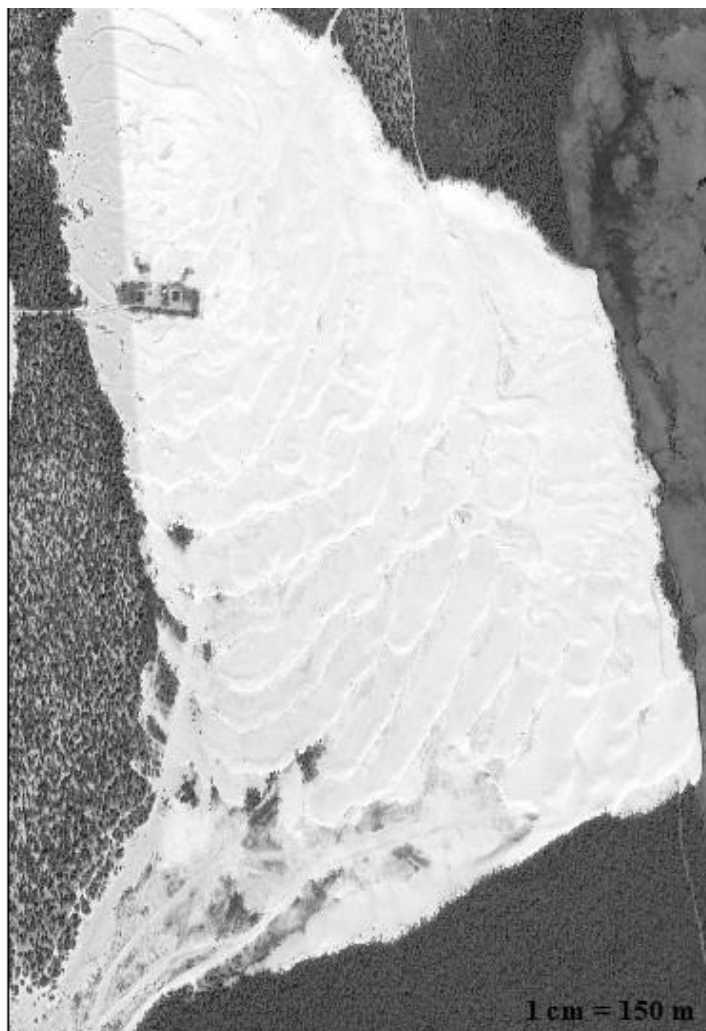
Современный рельеф Западной Сибири является результатом разных процессов: мерзлотных, эоловых и др. Основными факторами, влияющими на развитие эоловых процессов, являются: особенности геологического строения, климатические условия, в том числе преобладающие ветра, а также растительный и почвенный покров. Современные формы эолового рельефа представлены в основном дюнами и гривами. Я. Я. Балабай отводил деятельности ветра наибольшее значение в формировании гривного рельефа [1]. Для грив характерно расположение на территориях широких долин рек, особенно в северной части Западной Сибири [2].

Эоловые формы рельефа изучались еще с давних времен, однако изучены они очень неравномерно. Это приводит к совершенно противоположным точкам зрения о происхождение рельефа и не всегда полно отражают реальную ситуацию. Надымское Приобье как раз является одним из недостаточно изученных районов [3].

Надымский район находится в подзоне северной тайги Западно-Сибирской равнины. Следы эоловой деятельности наблюдаются здесь почти повсюду.

Экспедиционные исследования в августе 2017 г. проходили в 30 км от г. Надым, на песчаном массиве, который вытянут с запада на восток на 1 км, с севера на юг на 2 км,

высотой до 12 м (рисунок 1). Эти исследования показали наличие на территории Надымского Приобья двух генераций песков: позднеплейстоценовых и голоценовых эоловых отложений. О позднеплейстоценовых эоловых формах рельефа сартанского (последнего) оледенения еще писал А.А. Величко с соавт. [4], позднеголоценовые выделяла В.С. Зыкина с соавт. [3].



**Рисунок 1 – Исследуемая территория: дюна в Надымском Приобье (космический снимок с Google Earth)**

На изучаемой территории второй надпойменной террасы распределены эоловые образования, которые формируют песчаные массивы [5]. Среди, которых встречаются древние или как их еще называют закрепленные и современные (рисунок 2), т.е. подвижные дюны [6]. На активизацию эоловых процессов повлияла хозяйственная деятельность человека: добыча песка, транспорт, трубопроводы, строительство дорог и т.д. поэтому позднеголоценовые эоловые формы рельефа закреплены слабо.

Эпохи активизации эоловых процессов связаны с изменениями климатических условий. Распространение древних эоловых форм говорит о сухости климата в этот период. Голоценовые эоловые формы рельефа формировались и закреплялись в течении фазы потепления.

На этой поверхности сформированы песчаные гряды, похожие по строению с дюнами, высотой до 4 м. Эти гряды в настоящее время перемещаются по поверхности надпойменной

террасы [3]. При этом тянутся в меридиональном направлении, с севера на юг. Слагающие их породы рыхлые, хорошо перемытые, в общем-то однородные по своему составу пески. Иногда встречаются валуны и галечник.



**Рисунок 2 – Дюна, которая надвигается на лес.**

В ходе экспедиции были изучены 16 береговых обнажений и разрезов, отобраны образцы, взятые на участках наиболее активного проявления эоловых процессов. По ним был выполнен гранулометрический состав отложений на лазерном гранулометре Малверн 3000. В основном, в механическом составе преобладают фракции мелкозернистого и среднезернистого песка, реже крупнозернистого. Большая доля в зоне выноса принадлежит мелкозернистому песку, более крупные фракции переносятся в условиях при высоких скоростях ветра. Деятельность ветра увеличивается на открытых пространствах.

Эоловые процессы играют очень важную роль в рельефе территории. Их интенсивность неоднородна во временном промежутке и зависит от климатического фактора и прежде всего подвержены влиянию ветровой активности.

#### **Литература:**

1. Балабай Я.Я. Происхождение гривного рельефа Западно-Сибирской низменности. Землеведение. 1936. т.38.вып.1.
2. Орлов В. И. Об особенностях распространения некоторых форм рельефа в пределах Западно-Сибирской низменности. Известия Академии наук СССР. 1959. №6. с 107-111
3. Зыкина В.С., Зыкин В.С., Вольвах А.О., Овчинников И.Ю., Сизов О.С., Соромотин А.В. Строение, криогенные образования и условия формирования верхнечетвертичных отложений Надымского Приобья. Криосфера Земли. 2017. т XXI. №6. с. 14-25
4. Величко А.А., Тимирева С.Н. Западная Сибирь-великая позднеледниковая пустыня. Природа. 2005. №5. С. 54-62.
5. Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная часть). Томск. Том. Ун-т. 1976. 344 с.
6. Волков И.А. Роль эолового фактора в эволюции рельефа. Проблемы экзогенного рельефообразования. Наука.1976. Книга 1. С. 264-288

**ИЗУЧЕНИЕ ИК-СПЕКТРОВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ  
РАЗНОТИПНЫХ САПРОПЕЛЕЙ МАЛЫХ ОЗЕР (ЮГ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)**

*Овдина Е.А., Даниленко И.В., Страховенко В.Д., Малов Г.И.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[ovdina@igm.nsc.ru](mailto:ovdina@igm.nsc.ru)

Аннотация. Территория исследования включает в себя юг Васюганской равнины и Барабинскую низменность. Произведен пробоотбор компонентов озерных экосистем (донные отложения, вода, биота). Пробы проанализированы комплексом современных аналитических методов. Произведена сравнительная характеристика ИК-спектров и микроэлементного состава разнотипных сапропелевых отложений малых озер юга Западной Сибири.

Ключевые слова: малые озера, сапропель, микроэлементы, ИК-спектроскопия, Западная Сибирь

**THE STUDY OF IR-SPECTRA AND TRACE ELEMENT DISTRIBUTION OF  
DIFFERENT TYPES OF SMALL LAKE SAPROPEL (SOUTH OF WEST SIBERIA)**

*Ovdina E.A., Danilenko I.V., Strahovenko V.D., Malov G.I.*

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia,

[ovdina@igm.nsc.ru](mailto:ovdina@igm.nsc.ru)

Abstract. The study area includes the South of the Vasyugan plain and the Baraba lowland. The components of lake ecosystems (bottom sediments, water, biota) were sampled. The samples were analyzed by a complex of modern analytical methods. The comparative characteristic of IR spectra and microelement composition of different types of small lakes sapropel deposits in the South of Western Siberia was made.

Key words: small lake, sapropel, trace element, IR-spectroscopy, Western Siberia

*Цель работы:* изучение особенностей микроэлементного состава и ИК-спектров разнотипных сапропелевых отложений в малых озерах юга Западной Сибири. *Объекты исследования:* малые озера (площадью менее 10 км<sup>2</sup>) с разными классами сапропелевых отложений (кремниевый, кальциевый, смешанный).

Методы исследования включают два этапа: полевые работы (отбор проб компонентов озер, взвешивание для дальнейшего расчета влажности, определение рН, Eh, TDS, содержания кислорода) и лабораторные (определение значения концентраций микро- и макроэлементов методом атомно-абсорбционной спектрометрии; минеральный состав методом рентгеновской дифрактометрии (XRD); изучение морфологии и фазового состава образцов с помощью сканирующего электронного микроскопа; изучение минерального и органического вещества методом ИК-спектроскопии.



Экспедиционные и лабораторные исследования показали, что донные осадки исследуемых малых озер представлены сапропелями. В зависимости от состава органической и минеральной частей (зольности) сапропели подразделяем на типы и по соотношению Si/Ca на классы, а также по первичной продукции биоты на: планктоногенный, макрофитогенный и планктономакрофитогенный [1]. На территории юга Западной Сибири наиболее распространены сапропелевые отложения минерально-органогенного типа, кремниевого класса. Сапропели могут быть обогащены макроэлементами: Si, Ca, Fe, Mg, Na, K, Al, P, S, C и микроэлементами: Co, Mn, Cu, B, Zn, I, Br, Mo, V, Cr, Be, Ni, Ag, Sn, Pb, As, Ba, Sr, Ti и т.д., что делает их перспективным сырьем для разработки и последующего использования во многих отраслях промышленности.

Состав вод, рассчитанный по формуле Курлова [2], отвечает для большинства озер гидрокарбонатно-натриевого или гидрокарбонатно-натриево-магниевого составу вод в широком диапазоне значений степени общей минерализации вод. В рамках данной работы значения общей минерализации вод малых озер находятся в пределах от 0,02 до 3,3 г/л.

Сопоставив усредненные концентрации всех микроэлементов в разных классах сапропелей (Рис. 1), установлено, что концентрации микроэлементов в сапропеле кальциевого класса ниже, чем в сапропеле кремниевого и смешанного. Повышенные содержания Sr и Mn в сапропеле кальциевого класса связаны с накоплением в донном осадке аутигенных минералов кальцит-доломитового ряда [3] с примесью стронция, а обеднение другими элементами - с эффектом разубоживания осадка карбонатами и органическим веществом.

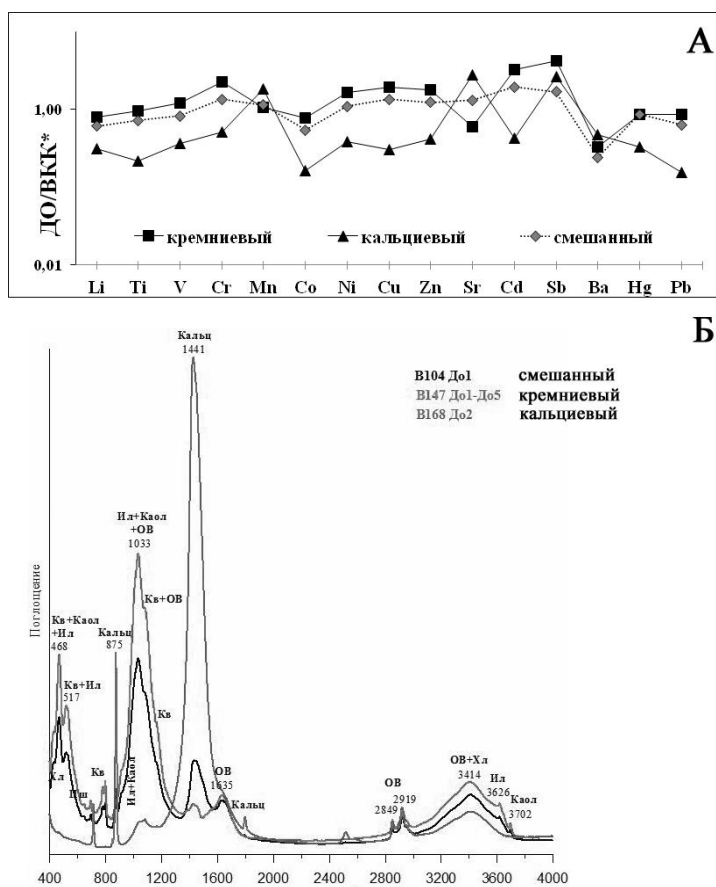


Рисунок 1 - Сравнительный спектр распределения микроэлементов (А) и ИК-спектр (Б) для разнотипных сапропелей малых озер юга Сибири. Кв – кварц, Ил – иллит, ОВ – органическое вещество, Кальц – кальцит, Хл – хлорит, Каол – каолинит, Пш – полевые шпаты.

Для исследования методом ИК-спектроскопии выбраны 3 озера с разным типом осадка: оз. Бергуль – смешанный класс сапропеля, планктономакрофитогенный, оз. Чистое – кремниевый класс сапропеля, планктоногенный и оз. Урманное – кальциевый класс сапропеля, макрофитогенный.

По данным ИК спектроскопии образец кальциевого сапропеля представлен в основном кальцитом с примесью ОВ ~ 10-15%.

В образце смешанного сапропеля преобладает ОВ ~ 60%. Иллит составляет ~ 10-15%, кальцит и кварц представлены в количестве ~ по 10%, каолинит, хлорит, пш ~ по 5%.

Образец кремниевого сапропеля сложен в основном ОВ ~ 45-50%. Иллит в количестве ~ 25-30 %. Хлорит, кварц, каолинит ~ по 5%. Есть следы кальцита и пш ~ первые %.

Таким образом, по графикам распределения микроэлементного состава и ИК-спектрам разнотипных сапропелей, в целом, можно выделить кальциевый класс сапропеля. Для выделения кремниевого и смешанного класса сапропеля данные методы нецелесообразны ввиду схожести ИК-спектров и графиков распределения микроэлементов кремниевого и смешанного класса сапропеля. Также пока не удалось выявить различия в составе ОВ сапропелей разного генезиса, что требует дальнейших исследований.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-45-540002р\_а и в рамках государственного задания (№ 0330-2016-0011).*

#### **Литература:**

1. Страховенко В.Д., Росляков Н.А., Сысо А.И., Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Таран О.П., Пузанов А.В. Геохимическая характеристика сапропелей Новосибирской области. Водные ресурсы. 2016. Т. 43. № 3. С. 336-344.
2. Курлов М. Г. Классификация сибирских целебных минеральных вод. Томск. 1928.
3. Ovdina E.A., Strakhovenko V.D., Solotchina E.P. (2018): The carbonates formation on the environment boundaries in the Holocene sediments of small lakes of Siberia// International Conference «Freshwater Ecosystems – Key problems». 10-14 September, 2018 / Abstracts / Irkutsk: LLC «Megaprint». P. 268-269

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ УСЛОВИЕ НАМЫВНОЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ЯКУТСК

*Огонеров В.В.*

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия

[vasvas392@yandex.ru](mailto:vasvas392@yandex.ru)

Аннотация. Изложены результаты исследований гидрогеологического и температурного режима грунтов 203 микрорайона г. Якутска, изученные сотрудниками Института мерзлотоведения СО РАН.

Ключевые слова: 203 микрорайон, намывные грунты, гидрогеология.

## HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS IN THE WASHED UP TERRITORIES OF YAKUTSK CITY

*Ogonerov V.V.*

Melnikov Permafrost Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia

[vasvas392@yandex.ru](mailto:vasvas392@yandex.ru)

Abstract. Features of hydrogeological and ground temperature regimes in the 203rd district of Yakutsk city are outlined. Members of Melnikov Permafrost institute SB.

Key words: 203 district, alluvial soils, hydrogeology.

Развитие производительных сил и рост население в северных городах страны обуславливает необходимость обеспечения высоких темпов роста жилищного, культурно-бытового и промышленного строительства. Как правило, для застройки выбираются благоприятные в инженерно-геологическом отношении участки, которых внутри городов и прилегающих к ним территориях становится все меньше. В настоящее время расширения г. Якутска осуществляется за счет гидронамыва поймы р. Лены. Особенностью подобных территорий является тесная связь подземных и речных вод.

Основной целью данной работы являлось выявление роли речных вод в формировании гидрогеологических условий территории нового 203 микрорайона г. Якутска и изучение особенностей температурного режима грунтов оснований.

Город Якутск находится в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП) с мощностью 200-300 м. Территория 203 микрорайона расположена в пойме р. Лены. Поверхность участка строительства спланирована русловым аллювием методом гидронамыва до отметок 96,0-98,0 м БС. Намыв территории производился в период с 1987 по 1992 гг. С юга от затопляемого в половодье Зелёного луга она отделена глухой земляной дамбой шириной по гребню до 6 м с абсолютными отметками 95,6-96,2 м БС. До освоения рассматриваемая территория представляла собой слабовсхолмленную пойменную поверхность с ложбинами стока, озёрами-протоками, имеющими форму вытянутых узких

понижений, ориентированных вдоль направления русла реки. Здесь существовало два крупных старичных озера в восточной и западной части территории. Ширина озёр составляла 100-120 м. Второе (западное) озеро более глубоководное и имело разветвление в сторону Городской протоки р. Лены. Озёра разделяла поверхность увала, покрытая луговой растительностью. Относительные превышения увала над днищем озёр составляли 2,5-4,0 м [2].

Намывной массив представлен мелко- и среднезернистыми техногенными песками средней плотности мощностью от 0,5 м до 8 м на погребённых увалах. В старичных понижениях, ложбинах и карьере глубина залегания песков намывного массива возрастает до 10-14,4 м. При гидронамыве в грунтах оснований сформировались техногенные талики, гидравлически связанные с погребенными подозёрными таликами. Мощность таликовых зон в центре составляет 9,0-15,0 и более метров, а в прибортовых частях 4,0-5,0 м. До настоящего времени ожидаемого промерзания намывных грунтов не произошло. Глубина слоя сезонного протаивания песчаных отложений достигает 4-5 м [1].

В 2014-2015 гг. на территории 203 квартала города Якутска был организован мониторинг, целью которого являлось выявление взаимосвязи поверхностных и подземных вод и влияния р. Лены на температурное состояние намывных песков застраиваемого 203 микрорайона. Для этого на основании мерзлотно-гидрогеологического районирования была оборудована сеть гидрогеологических (203-1Г, 203-2Г, 203-3Г и 203-4Г) и геотермических (203-1Т, 203-2Т, 203-3Т и 203-4Т) скважин. Глубина гидрогеологических скважин определялась исходя из мощности талика с заглублением в многолетнемерзлые породы не менее чем на 0,5 м. Режимные наблюдения за уровнем и химическим составом подземных вод и динамикой температурного состояния намывных песков проводились ежедекадно. Измерения температурного режима грунтов проводились термометрическими косами и установками разработки Института мерзлотоведения СО РАН. Датчиками для этих установок являются термисторы типа DS12B20.

При бурении скважин на всех участках обнаружены надмерзлотные талики. Мощность сезоннопромерзающего слоя пород над ними изменяется от 3,75 до 5,0 м. Талые породы прослеживаются до глубины 13,5-14,8 м на участке погребенных увалов, а в местах, засыпанных старичных озера подошва таликов залегает на глубине 19-20 м.

По данным режимных гидрохимических исследований минерализация подземных вод непостоянна в течение года. Максимальные ее величины (593–795 мг/л) отмечаются в марте. В период паводка минерализация подземных вод понижается и удерживается в течение лета в пределах 412–536 мг/л. Снижение минерализации в весенне-летний период связано с фильтрацией речных вод в намывной массив через погребенные талики. О тесной гидравлической взаимосвязи поверхностных и подземных вод свидетельствует резкий подъем уровня воды в скважинах в период паводка. Амплитуда изменения положения уровня грунтовых вод в 2015 г. составила 2,25-2,87 м. С июня по апрель происходит медленное осушение грунтов.

В целом, результаты непосредственного измерения температуры пород в геотермических скважинах показали высокую теплотность всего намытого массива песков. По данным режимных геотермических наблюдений можно отметить следующее. Слой сезонного промерзания в намывных песках формируется в октябре. Его максимальная мощность отмечается в апреле и достигает 4,5-5,0 м.

Протаивание грунтов сверху на всех участках начинается в мае. В первых числах июня, при насыщении намывных песков подземными водами, наблюдается протаивание

грунтов снизу. Темп протаивания сезонномерзлого слоя от максимума составил в конце мая, июня, июля соответственно около 26, 40, 60%. Смыкание сезонномерзлого слоя с таликом происходит в начале августа. Средняя годовая температура грунтов на подошве сезонномерзлого слоя составляет 0,5-0,7°C, а на глубине 10 м 1,0-1,2°C. В повышении температуры пород глубже 5 м по всей видимости сыграло наличие погребенных таликов и близкое залегание к земной поверхности уровня воды в них.

Таким образом, полученные данные о гидрогеологических и геотермических условиях 203 микрорайона г. Якутска подтверждают тесную взаимосвязь подземных вод с поверхностными водами р. Лены. Постоянное движение воды в массиве грунтов приводит к тепловому эффекту, препятствующему многолетнему промерзанию пород.

#### **Литература:**

1. Бойцов А.В. Условия формирования и режим подземных вод надмерзлотного и межмерзлотного стока в Центральной Якутии. Якутск. 2002.
2. Огонеров В.В. Изучение температурного режима грунтов на намывной территории города Якутска // Сборник научных трудов (по материалам IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых), ТОМ 1 – Пермь: Типография ООО «Полиграф-Сити», 2016. – С. 459-462.

## О ЗОНАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАЛБА-НАРЫМСКОЙ ЗОНЫ

*Ойцева Т.А.<sup>1</sup>, Агеева О. В.<sup>1</sup>, Дьячков Б. А.<sup>1</sup>, Владимиров А. Г.<sup>2,3,4</sup>*

<sup>1</sup>Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Республика Казахстан, [tatiana.oitseva@gmail.com](mailto:tatiana.oitseva@gmail.com)

<sup>2</sup>Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Томский государственный университет, г. Томск, Россия

<sup>4</sup>Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

Аннотация. Рассматривается пространственная приуроченность редкометалльного оруденения Большого Алтая к крупным гранитоидным поясам, сформированным преимущественно в герцинский цикл, в постколлизивной (орогенной) геодинамической обстановке. В Калба-Нарымской зоне отмечается продольная и поперечная зональность в размещении редкометалльных объектов с концентрацией главных типов редкометалльных пегматитовых месторождений (Ta, Nb, Be, Li и др.) в Центральном-Калбинском рудном районе повышенной тектонической активности. На рудных полях и месторождениях зональность проявляется в размещении наиболее продуктивных сподуменосодержащих и поллукитоносных пегматитов в верхних частях рудной зоны. Выявленные особенности зонального распределения редкометалльного оруденения рекомендуется учитывать при дальнейших работах.

Ключевые слова: зональность, редкие металлы, Калба-Нарымский пояс, пегматиты.

### ZONALITY OF RARE METAL MINERALIZATION OF THE KALBA-NARYM ZONE

*Oitseva T.A.<sup>1</sup>, Ageeva O. V.<sup>1</sup>, Dyachkov B. A.<sup>1</sup>, Vladimirov A. G.<sup>2,3,4</sup>*

<sup>1</sup>D. Serikbaev East-Kazakhstan State technical university, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, [tatiana.oitseva@gmail.com](mailto:tatiana.oitseva@gmail.com)

<sup>2</sup> Institute of Geology and Mineralogy. V.S. Sobolev SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russia

<sup>4</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The spatial confinement of rare metal ore mineralization of the Greater Altai to large granitoid belts, formed mainly in the Hercynian cycle, in the post-collisional (orogenic) geodynamic situation is considered. Longitudinal and transverse zonality is observed in the Kalba-Narym zone in the distribution of rare metal objects with a concentration of the main types of rare-metal pegmatite deposits (Ta, Nb, Be, Li, etc.) in the Central Kalba ore region with increased tectonic activity. On the ore fields and deposits, zonality is manifested with the placement of the most productive spodumene-containing and pollucite-bearing pegmatites in the upper parts of the ore zone. The revealed features of the zonal distribution of rare metal mineralization are recommended to be taken into account in further work.

Key words: zonality, rare metal, Kalba-Narym belt, pegmatite.

*Поясовая зональность* оруденения на территории Рудного Алтая, Калбы, Жарма-Саура и других районов Восточного Казахстана отмечалась многими авторами в прошлые годы (К. П. Тульчинский, П. П. Пилипенко, В. К. Котульский, В. П. Нехорошев, Г. Н. Щерба, А. К. Каюпов и др.). Причинность металлогенической зональности объяснялась по-разному: различиями геотектонического развития структурных блоков, особенностями глубинного строения структурно-формационных зон, неодинаковой рудоносностью геологических формаций и другими факторами. На современном этапе геологических исследований *региональная металлогеническая зональность* региона обусловлена поясовым распределением месторождений в единой структуре Большого Алтая, объединяющей систему параллельных рудных поясов северо-западного направления (Рудноалтайский медно-полиметаллический, Калба-Нарымский редкометалльный, Западно-Калбинский золоторудный, Жарма-Саурский многометалльный) [1,2].

Основные редкометалльные месторождения сформировались в герцинский цикл в постколлизийной геодинамической обстановке и сосредоточены в гранитоидных поясах, отражающих *региональную латеральную зональность* оруденения: Тигерекско-Черневинский и Горноалтайский (W, Mo), Калба-Нарымский (Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn, W), Семипалатинско-Бурган-Бургынский (Ti, Zr, TR) и Акбиик-Акжайляуский (Mo, W, TR) [2].

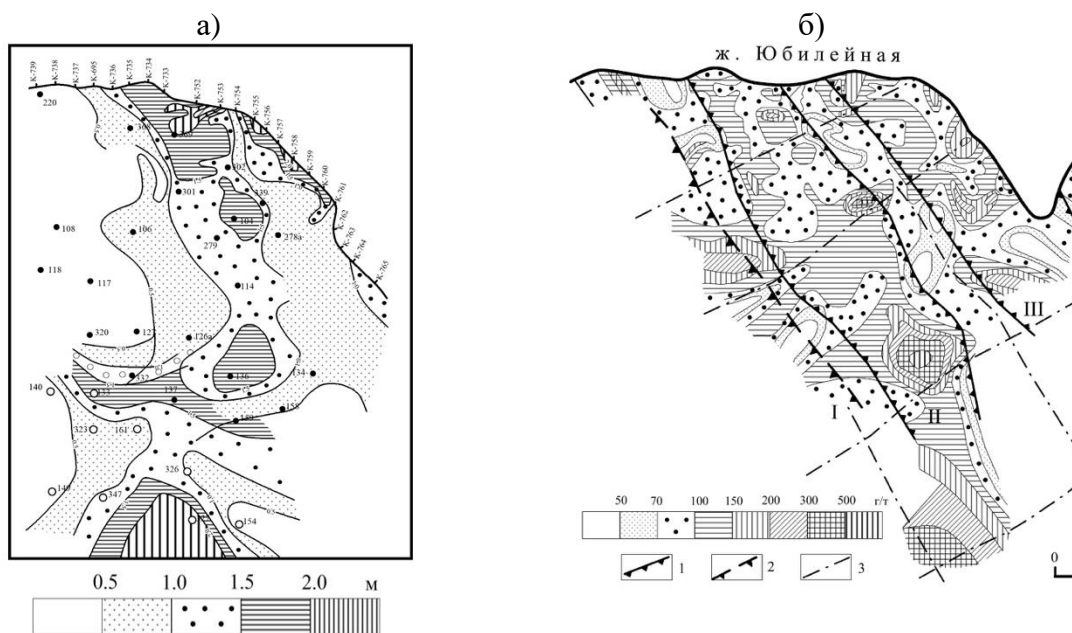
Калба-Нарымский гранитоидный пояс – это главная редкометалльная структура, объединяющая многие месторождения и рудопроявления разных генетических типов: пегматитовые, альбитит-грейзеновые, грейзеново-кварцевожилые, гидротермальные кварцевожилые и россыпные. *Продольная зональность* рудного пояса проявлена неравномерным распределением оруденения в рудных районах: Шульбинский (W, Sn), Северо-Западно-Калбинский (W, Sn, Ta, Li), Центрально-Калбинский (Ta, Nb, Be, Li, Sn, W, TR), Нарымский (W, Sn, Ta). Главные редкометалльно-пегматитовые месторождения (Бакенное, Юбилейное, Белая Гора) образовались в Центрально-Калбинском тектоническом блоке повышенной тектонической активности, характеризующимся интенсивным проявлением трещинно-разрывной тектоники, крупными ареалами многофазных гранитоидных массивов, метасоматических процессов (альбитизация, грейзенизация, окварцевание) и обилием жильных пород.

Внутри рудных районов проявляется *линейная и концентрическая* зональность редкометалльного оруденения в пределах рудных зон (Киинско-Гремячинская и Карагоин-Сарыюзекская), рудных узлов (Огневско-Бакенный, Асубулакско-Белогорский, и др.), рудных полей и месторождений. Примером является Асубулакское рудное поле, контролируемое широтным глубинным разломом и линейно-вытянутое в длину на 8-10 км. Главная закономерность заключается в зональном распределении в его пределах редкометалльных пегматитовых месторождений и рудопроявлений (Юбилейное, Красный Кордон, Унгурсай, Будо и др.) [3-5]. В продольном направлении проявляется последовательная смена микроклин-альбитовых поллуцитоносных (с петалитом) пегматитов (Ta, Cs, Be, Sn, Li), альбитовыми со сподуменом (Ta, Cs, Li, Be, Sn) и альбит-сподуменовыми (Li, Ta, Sn).

*Поперечная зональность* рудного поля с севера на юг (от лежащего к висячему боку) характеризуется последовательной сменой олигоклиз-микроклиновых пегматитов (безрудных) блоковыми микроклиновыми пегматитами (Nb, Be), затем альбитовыми и альбит-сподуменовыми рудными (Ta, Nb, Be, Li и др.). Юбилейное месторождение

представляет трещинно-разрывную морфоструктуру корневого типа, сформированную висячем южном фланге рудного поля. Объединяет систему параллельных пегматитовых жил преимущественно субширотного простирания (Юбилейная, Музейная, Единая и др.). Зональность оруденения отмечается в размещении микроклин-альбитовых и альбитовых пегматитов в нижних частях месторождения, а более продуктивных сподуменсодержащих, поллицитоносных и лепидоносных комплексов в верхней части.

*Локальная зональность* оруденения характеризуется развитием наиболее продуктивных минеральных комплексов (грейзеновых, сподуменсодержащих) во внутренних утолщенных частях пегматитовых жил с максимумами рудоконцентрации Та, Nb, Be, Li линейно-узлового распределения (рисунок 1).



**Рисунок 1 – а) план изомощности; б) план изоконцентрат  $Ta_2O_5$  в проекции на горизонтальную плоскость в Юбилейной пегматитовой жиле. Точками с номерами отмечены буровые скважины [1]. Рудные ленты: 1 – установленные; 2 – предполагаемые и их номера; 3 – внутриинтрузивные разрывные нарушения, имеющие рудоконтролирующее значение.**

Выявленные закономерности регионального и локального зонального распределения редкометалльного оруденения, отражающие специфику формирования и размещения конкретных рудоносных структур и месторождений, рекомендуется учитывать при проведении дальнейших прогнозно-поисковых работ в Восточно-Казахстанском регионе.

#### Литература:

1. Щерба Г. Н., Беспяев Х. А., Дьячков Б. А. и др. Большой Алтай (геология и металлогения). Кн. 2. Металлогения. Алматы. РИО ВАК РК. 2000. 400с.
2. Дьячков Б. А. Генетические типы редкометалльных месторождений Калба-Нарымского пояса. Усть-Каменогорск: ВКГТУ. 2012. 129 с.
3. Пушко Е. П. Зональность редкометалльных гранитных пегматитов Калбы. Автореферат канд. дис. Новосибирск. 1978. 28 с.
4. Филиппов В. А. Минералого-геохимические индикаторы рудоносности редких металлов в гранитных пегматитах. Доклады АН СССР. 1988. Т. 302. №3. С. 691-695.
5. Щерба Г. Н., Дьячков Б. А., Нахтигаль Г. П. О зональном размещении редкометалльного оруденения на Юго-Западном Алтае. Известия АН Каз ССР. 1979. №2. С. 18-31.



## ГРАНИТОИДЫ С ГЕОХИМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ АДАКИТОВ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛО-МУЙСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

*Орлова А.В.<sup>1,2</sup>, Федотова А.А.<sup>2</sup>, Разумовский А.А.<sup>2</sup>, Хаин Е.В.<sup>2</sup>,  
Аносова М.О.<sup>1</sup>, Астраханцев О.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия  
[orlova@geokhi.ru](mailto:orlova@geokhi.ru)

<sup>2</sup>Геологический институт РАН, Москва, Россия

Аннотация. В восточной части Байкало-Муйского пояса выявлены породы с геохимическими характеристиками адакитов, об этом свидетельствуют состав, геохимические характеристики плагиогранитов даек, секущих породы Среднемамаканского офиолитового комплекса, ювенильная компонента в составе протолита пород ( $\epsilon\text{Nd}(0.6) = +2.5; +4.0$ ). Плагиограниты даек, секущих Среднемамаканский офиолитовый комплекс восточной части Байкало-Муйского пояса, входят в состав ранних магматических серий, образованных путём плавления мафитовой коры. Методом лазерной абляции (LA-ICP MS) определён возраст кристаллизации циркона постофиолитовых плагиогранитов,  $632 \pm 3$  млн лет.

Ключевые слова: Байкало-Муйский складчатый пояс, адакиты, офиолиты, гранитоидный магматизм

## GRANITOIDS WITH GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ADAKITES IN THE EASTERN PART OF BAIKAL-MUYA BELT

*Orlova A. V.<sup>1,2</sup>, Fedotova A. A.<sup>2</sup>, Razumovskiy A. A.<sup>2</sup>, Khain E. V.<sup>2</sup>,  
Anosova M. O.<sup>1</sup>, Astrahancev O. V.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Moscow, Russia,  
[orlova@geokhi.ru](mailto:orlova@geokhi.ru)

<sup>2</sup>Geological Institute RAS, Moscow, Russia

Abstract. In the eastern part of the Baikal-Muya belt, rocks with geochemical characteristics of adakites have been identified. This is evidenced by the composition, geochemical characteristics, juvenile component in the composition of the protolith ( $\epsilon\text{Nd}(0.6) = +2.5; +4.0$ ) of this plagiogranite rocks. The plagiogranites of the dykes that cut the Middle Mamakan ophiolite complex of the eastern part of the Baikal-Muya belt are part of the early magmatic series formed by partial melting of mafic crust. The age of zircon crystallization of postophiolitic plagiogranites was determined by laser ablation (LA-ICP MS) and is equal to  $632 \pm 3$  Ma.

Key words: Baikal-Muya belt, adakites, ophiolites, granitic magmatism

Выяснение генезиса плагиогранитов в офиолитовых комплексах на основе определения их соотношения с породами, индикаторных геохимических и изотопных параметров плагиогранитов, их возраста, состава источника и условий гранитообразования, позволит восстановить историю формирования и тектоно-метаморфической переработки в области конвергентных границ плит.

Полученные результаты для плагиогранитов даек, секущих дунит-пироксенит-габбровый полосчатый комплекс Среднемамаканского массива [1, 2 и др.] Каралон-Мамаканской зоны восточной части Байкало-Муйского складчатого пояса показали, что они характеризуются геохимическими особенностями адакитов, поскольку являются высокоглинозёмистыми натровыми кислыми породами с содержанием стронция  $>400$  мкг/г ( $Sr=487-679$  мкг/г), низкими концентрациями иттрия  $<5$  мкг/г ( $Y=2.2-3.4$  мкг/г) и тяжёлых лантаноидов, в частности, иттербия  $<1$  мкг/г ( $Yb=0.2-0.4$  мкг/г). Их происхождение связывают с частичным плавлением мафического субстрата, при котором гранат и (или) амфибол являются реститовыми фазами [3, 4, 5 и др.]. Образование пород с такими характеристиками возможно при плавлении субдуцировавшей океанической коры [6, 7 и др.], либо при плавлении метамафитов в нижней части мощной континентальной коры [8, 9 и др.]. Возможность образования адакитов ограничена узким диапазоном условий, что делает такие породы важной находкой для палеогеодинамических реконструкций.

В результате изучения U-Pb изотопной системы циркона из дайки плагиогранитов методом лазерной абляции получено конкордантное значение возраста, равное  $632 \pm 3$  млн лет. С учётом морфологии и концентрической зональности, которые отражают магматическое происхождение циркона, полученная величина возраста интерпретируется как время кристаллизации плагиогранитов, секущих породы Среднемамаканского офиолитового массива.

Плагиограниты, секущие породы Среднемамаканского массива, содержат  $1.1-1.3$  мкг/г Sm,  $7-8$  мкг/г Nd.  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  изотопные отношения равны  $0.1004$ , величины  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512388$  и  $0.512466$ . Значения  $\epsilon\text{Nd}(0.6)$  равны  $+2.5$  и  $+4.0$  и свидетельствуют о присутствии деплетированного вещества в составе протолита этих пород. Таким образом, геохимические особенности изученных плагиогранитов даек, секущих породы Среднемамаканского офиолитового массива, указывают на их образование в результате частичного плавления метабазитов, а изотопно-геохимические характеристики источника вещества показывают, что метабазиты отвечали ювенильной коре.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ мол\_а 16-35-00600*

#### Литература:

1. Dobretsov N.L., Konnikov E.G., Dobretsov N.N. Precambrian ophiolite belts of southern Siberia, Russia, and their metallogeny. *Precambrian Research*. 1992. V. 58. P. 427–446.
2. Конников Э.Г., Гибшер А.С., Изох А.Э. Склярёв Е.В.; Хаин Е.В. Позднепротерозойская эволюция северного сегмента Палеоазиатского океана: новые радиологические, геологические и геохимические данные. *Геология и геофизика*. 1994. Т. 35. № 7–8. С. 152–168.
3. Drummond M.S., Defant M.J., Kepezhinskas P.K. Petrogenesis of slab-derived trondhjemite-tonalitedacite/adakite magmas. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth and Environmental Science*. 1996. V. 87, P. 205–215.
4. Туркина О.М. Тоналит-грандиоровые комплексы надсубдукционных обстановок (на примере позднерифейских плагиогранитоидов ЮЗ окраины Сибирской платформы). *Геология и геофизика*. 2002. Т.43. № 5. С. 418–431.
5. Martin H., Smithies R.H., Rapp R., Moyen J.F., Champion D. An overview of adakite, tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG), and sanukitoid: relationships and some implication for crustal evolution. *Lithos*. 2005. V. 79. P. 1–24.
6. Defant M.J., Drummond M.S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature*. 1990. №347. P. 662–665.
7. Defant M.J., Kepezhinskas P. Evidence suggests slab melting in arc magmas. *EOS Transactions, American Geophysical Union*. 2001. Vol. 82. P. 62–70.
8. Petford N., Atherton M. Na-rich partial melts from newly underplated basaltic crust: the Cordillera Blanca Batholith, Peru. *Journal of Petrology*, 1996, V. 37, № 6, P. 1491–1521.
9. Xu J.F., Shinjo R., Defant M.J. et al. Origin of Mesozoic adakitic intrusive rocks in the Ningzhen area of east China: partial melting of delaminated lower continental crust? *Geology*. 2002. Vol. 30. № 12. P. 1111–1114.

**СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА РУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КЫЗЫЛ-ЧИН**

*Осипова П.С., Оленченко В.В.*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука, Новосибирск, Россия  
[OsipovaPS@ipgg.sbras.ru](mailto:OsipovaPS@ipgg.sbras.ru)

Аннотация. Метод электротомографии в режиме покадровой съемки (time-lapse) опробован на полиметаллическом месторождении Кызыл-Чин в республике Алтай. Выявлены закономерные изменения электрофизических свойств горных пород во времени в течение суток в локальных участках на глубинах до 15 м.

Ключевые слова: электротомография, time-lapse, динамическая геоэлектрика.

**DAILY VARIATIONS OF ELECTRICAL RESISTIVITY AT THE KYZYL-CHIN ORE DEPOSIT**

*Osipova P.S., Olenchenko V.V.*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk, Russia,  
[OsipovaPS@ipgg.sbras.ru](mailto:OsipovaPS@ipgg.sbras.ru)

Abstract. The method of electrotomography in the time-lapse mode was tested on the polymetallic Kyzyl-Chin deposit in the Altai Republic. Regular changes in the electrophysical properties of rocks are revealed over time during the day in local areas at depths of up to 15 m.

Keywords: electrotomography, time-lapse, dynamic geoelectric.

В настоящее время в практике электроразведочных исследований появилась технология электротомографии (ЭТ), которая позволяет оперативно получать информацию о геоэлектрическом строении разреза. Это метод в режиме покадровой съемки (time-lapse) применяется для изучения распространения ореолов загрязненных грунтовых вод, контроля процесса внутригрунтовых инъекций [1, 2]. Однако информативность метода в режиме time-lapse для исследования разломных зон или рудных месторождений практически не изучена. Главная цель этой работы – изучение изменения электрофизических свойств горных пород во времени на рудном объекте.

Полиметаллическое месторождение Кызыл-Чин расположено в пределах Чуйской межгорной котловины на 5 км юго-западнее села Чаган-Узун в республике Алтай, Россия. Оно приурочено к зоне Кызыл-Чинского разлома, который представляет собой субпараллельные разрывы с гидротермальной проработкой. Территория исследования сложена породами, измененными процессами окварцевания, карбонатизации, каолинизации, флюоритизации, баритизации и сульфидизации. Рудное тело выделено по концентрированному оруденению. Главенствующую роль играют руды сфалерита и галенита [3].

Измерения методом электротомографии проводились в течение суток с шагом 1 час. Одновременно регистрировались температура воздуха и атмосферное давление. Последовательность подключения электродов соответствовала трёхэлектродной установке, расстояние между электродами составляло 5 м, а длина профиля 235 м. При этом достигалась глубинность исследований до 80 м.

Инверсия данных выполнялась в программе ZondRes2D [4]. В качестве стартовой модели для каждой следующей реализации использовались результаты инверсии в предыдущий момент времени. Результатом такой обработки являются геоэлектрические разрезы для каждого часа измерений.

По данным ЭТ в пределах участка были выделены линза многолетнемерзлых пород, залегающая в интервале глубин 3-20 м, линейные крутопадающие зоны низкого УЭС, связанные с разломной зоной и аномалия вызванной поляризации, интерпретируемая как концентрированное оруденение. На рисунке 1 представлено распределение показателя максимальной суточной динамики УЭС, рассчитанное по формуле  $\Delta\rho_{max} = \rho_{max} - \rho_{min}$ . Выделяются две аномальные ( $> 600$  Ом·м) области (1, 2) параметра  $\Delta\rho_{max}$ . В зоне 1 максимальная динамика приурочена к кровле и подошве области мерзлоты. Параметр  $\Delta\rho_{max}$  в области 2 приурочен к центру аномалии. Суточные изменения в верхней части зоны 1 имеют корреляцию с суточным ходом температуры. Для верхней части зоны 2 наблюдается корреляция с давлением. Корреляции для более глубоких областей не обнаружены.

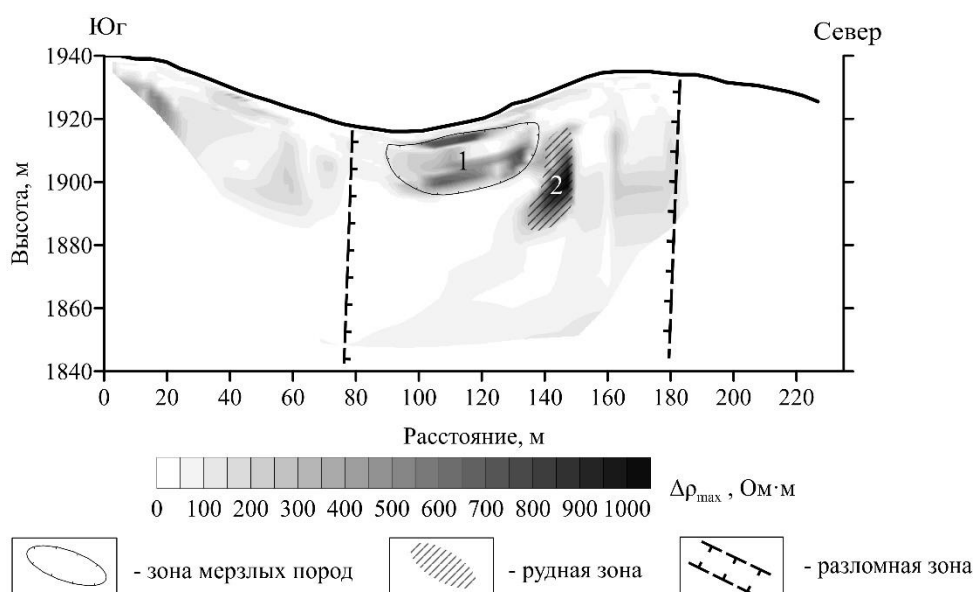


Рисунок 1 – Разрез максимальной суточной динамики удельного электрического сопротивления.

В результате исследований установлено, что максимальная суточная динамика УЭС отмечается в нескольких частях разреза и приурочена к аномалиям высокого УЭС. Изменения УЭС пород вблизи поверхности до глубины 3 м коррелируют с суточной динамикой температуры воздуха и вероятно связаны с изменением УЭС поровой влаги. На границе с аномалией вызванной поляризации (рудное тело) также установлены закономерные в течение суток изменения УЭС среды. Природа вариаций УЭС глубже 15 м неясна.

### **Литература:**

1. Cassiani G. et al. A saline trace test monitored via time-lapse surface electrical resistivity tomography. *Journal of Applied Geophysics*. 2006. Т. 59. №. 3. С. 244-259.
2. Kuras O. et al. Monitoring hydraulic processes with automated time-lapse electrical resistivity tomography (ALERT). *Comptes Rendus Geoscience*. 2009. Т. 341. №. 10-11. С. 868-885.
3. Гусев А.И. Полиметаллическое оруденение Горного Алтая: перспективы и прогнозная оценка. – Бийск: Бийский Педагогический Государственный Университет. 2007. 7 с.
4. Каминский А. Е. Инструкция к программе двумерной интерпретации данных метода сопротивлений и вызванной поляризации ZondRes2D. С-Петербург: Zond geophysical software. 2012.

## ДИНАМИКА СКОЛЬЖЕНИЯ МОДЕЛЬНОГО РАЗЛОМА В ПРИСУТСТВИИ ФЛЮИДА

*Остапчук А.А.*

Институт динамики геосфер Российской академии наук, Москва, Россия,  
[ostapchuk@idg.chph.ras.ru](mailto:ostapchuk@idg.chph.ras.ru)

Аннотация. В работе представлены результаты лабораторных экспериментов, в которых исследовались закономерности разгрузки модельного разлома, увлажненного флюидами с различной вязкости. Установлено, что доля упругой энергии деформирования, идущей на излучение сейсмических волн, в значительной степени зависит от параметров флюида.

Ключевые слова: разлом, сейсмичность, лабораторный эксперимент, прерывистое скольжение

## SLIP DYNAMICS OF MODEL FAULT IN THE PRESENCE OF FLUID

*Ostapchuk A.A.*

Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,  
[ostapchuk@idg.chph.ras.ru](mailto:ostapchuk@idg.chph.ras.ru)

Abstract. The paper presents the results of laboratory experiments in which the regularities of unloading the model fault moistened with fluids of different viscosity were investigated. It is determined that the radiation efficiency of slip events largely depends on the parameters of the fluid.

Key words: seismicity, fault, laboratory experiments, stick-slip

Разломные зоны земной коры характеризуются дискретностью, анизотропией, гетерогенностью и, несмотря на их небольшую долю в объеме коры, определяют закономерности релаксации накопленной в земной коре упругой энергии деформации. В масштабах месторождений полезных ископаемых существенное влияние на динамику релаксационных процессов оказывает антропогенная нагрузка. Инженерная деятельность часто приводит к интенсификации сейсмичности или её возникновению в ранее считавшихся асейсмических областях, например, при разработке месторождений углеводородов, работе гидротермальных станций, строительстве дамб, ведении горных работ [например, 1]. Спектр индуцированных сейсмических событий, связанных со смещением вдоль разлома, включает как события медленного скольжения и слабые землетрясения, так и опасные крупные землетрясения. Даже средние землетрясения с М3-4 могут приводить к крупным экономическим потерям из-за небольшой глубины залегания гипоцентра [2]. Понимание закономерностей формирования различных режимов деформирования в перспективе может помочь созданию инженерных методов «корректировки» сейсмического режима локальной области земной коры.

В настоящей работе представлены результаты лабораторных исследований, в которых исследуется динамика скольжения модельного разлома, центральная зона которого увлажнена различными флюидами.

Лабораторные эксперименты проводились в лаборатории деформационных процессов в земной коре ИДГ РАН. Установке представляла собой классическую слайдер-модель, в которой блок под действием нормального и сдвигового усилия скользит вдоль поверхности раздела. Контакт между шероховатыми поверхностями блока и основания заполнялся слоем гранулированного материала толщиной 2 мм и состоял из смеси кварцевого песка (200-315 мкм) и глины (10-60 мкм). В процессе экспериментов интерфейс увлажнялся различными флюидами, вязкость которых варьировалась от 1 до  $10^5$  мПа·с. В ходе эксперимента регистрировались сдвиговое усилие, действующее на подвижный блок, и перемещение блока. Точность измерения сдвигового усилия составляла 1 Н, перемещение 0.1 мкм в диапазоне частот от 0 до 5 кГц. В ходе экспериментов был реализован полный спектр режимов скольжения от регулярного прерывистого скольжения до стабильного скольжения (рис. 1).

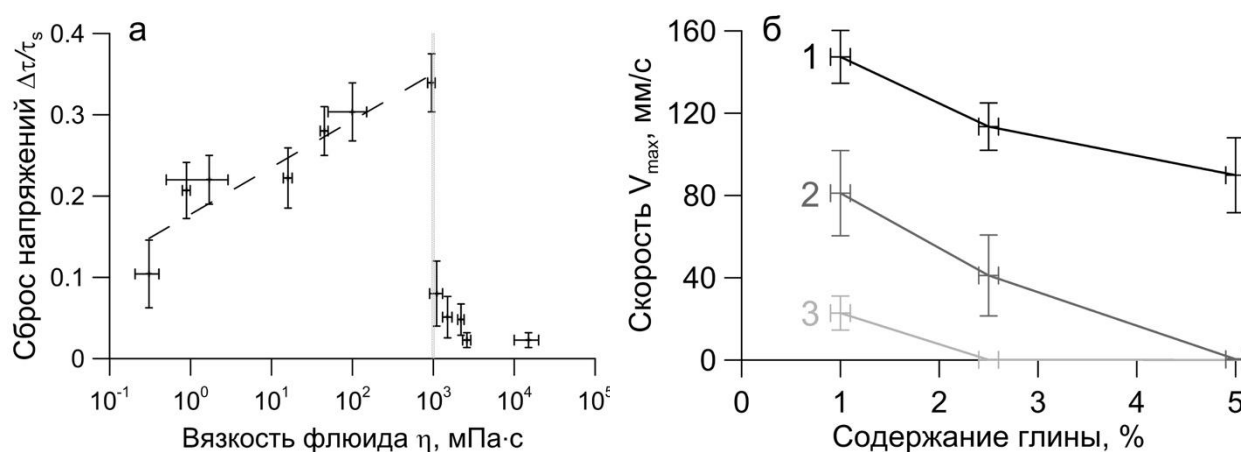


Рисунок 1 – Влияние вязкости флюида на параметры динамических событий.

- (а) зависимость изменения сдвиговых напряжений от вязкости жидкости для интерфейса разлома, состоящего только кварцевого песка;  
 (б) зависимость максимальной скорости смещения от содержания глины в материале-заполнителе, при увлажнении флюидом с вязкостью 1 мПа·с (линия 1), 16 мПа·с (линия 2), 950 мПа·с (линия 3).

Использование в качестве увлажняющего агента различных жидкостей позволили существенно варьировать параметры реализуемых событий. Измерения показали, что изменение вязкости флюида не приводит к радикальному изменению кулоновской прочности модельного разлома (составляет ~ 30%), значительно сильнее в несколько раз изменяется амплитуда реализуемых событий. В условиях однородного заполнителя, характеризующего свойством скоростного разупрочнения, наблюдалось немонотонное изменение параметров событий при увеличении вязкости, зависимость имеет выраженный пороговый характер [3]. Постепенно возрастая с увеличением вязкости флюида вплоть до величины  $\eta \approx 1 \text{ Па} \cdot \text{с}$ , амплитуда события затем резко падает. Таким образом, при вязкости флюида выше определенного предела режим деформирования модельного разлома становится квазистабильным.

Иная картина наблюдается при увлажнении гетерогенного интерфейса разлома. В отличие от песка, глиняная компонента характеризуется свойством скоростного

упрочнения. В данной серии отмечалось уменьшение максимальной скорости скольжения по разлому ( $V_{\max}$ ) с ростом вязкости во всем диапазоне значений. Содержание глины в смеси, при котором наблюдается переход к стабильному скольжению существенно зависит от величины вязкости. Так при увлажнении флюидом с  $\eta \approx 950 \text{ Па} \cdot \text{с}$  переход к крипу происходит при массовом содержании глины 2.5 %, то при увлажнении флюидом с  $\eta \approx 1 \text{ Па} \cdot \text{с}$  стабильное скольжение отмечается при достаточно высоком (~25 %) содержании глины в смеси [4].

Проведенные эксперименты показывают, что незначительное изменение свойств интерфейса может существенно изменить режим деформирования разлома. Так, протекающий в квазистационарном режиме по расположенным на глубине трещинам водный раствор содержит большое число микрочастиц. В этих растворах происходят процессы агрегации. При распространении флюида в зернистой среде процесс агрегации приводит к формированию в промежутках между зёрнами укрупненных структурных элементов – слипшихся микрочастиц, которые в свою очередь могут формировать коллоидные пленки вокруг зёрен, при этом вязкость флюида существенно зависит от химических свойств растворенных микрочастиц. Таким образом, распространение флюида или его инъекция в локальную область разлома может привести как к снижению амплитуды динамических событий, так и к её увеличению.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00587.*

#### **Литература:**

1. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б., Техногенная сейсмичность – индуцированная и триггерная. Москва. ИДГ РАН. 2015. 364с.
2. Trutnevite E., Azevedo I. Induced seismicity hazard and risk by enhanced geothermal systems: an expert elicitation approach. Environmental Research Letters. 2018. Vol. 13. № 3. 034004.
3. Кочаряг Г.Г., Остапчук А.А. Влияние вязкости тонких пленок флюида на закономерности фрикционного взаимодействия блоков горной породы. Доклады академии наук. 2015. Т. 463. № 3. С. 343-346.
4. Кочарян Г.Г., Остапчук А.А., Мартынов В.С. Изменение режима деформирования разлома в результате инъекции флюида. ФТРПРПИ. 2017. № 2. С. 20-28.



**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГТМ НА ВАХИТОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

*Павельева О.Н.*

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

[devushkaolga9494@mail.ru](mailto:devushkaolga9494@mail.ru)

Аннотация. В данной работе выполнен сравнительный анализ результатов проведения технологии радиального бурения и кислотных обработок. По результатам анализа эффективности технологий в схожих геолого-гидродинамических условиях установлено, что методы радиального бурения позволяют достичь большего прироста дебита нефти, чем кислотные обработки. Этот факт подтверждает эффективность бурения радиальных каналов за счет подключения недренируемых пропластков и увеличения площади фильтрации.

Ключевые слова: методы интенсификации добычи нефти, карбонатный коллектор, радиальное бурение, кислотная обработка, дебит нефти, коэффициент продуктивности, радиальные каналы.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF WELLBORE INTERVENTION ON THE VAKHITOVSKY FIELD**

*Pavelyeva O.N.*

Tyumen industrial university, Tyumen, Russia, [devushkaolga9494@mail.ru](mailto:devushkaolga9494@mail.ru)

Abstract. In this paper, a comparative analysis of the results of the technology of radial drilling and acid treatments. According to the results of the analysis of the efficiency of technologies in similar geological and hydrodynamic conditions, it was found that the methods of radial drilling can achieve a greater increase in oil production than acid treatment. This fact confirms the effectiveness of the drilling of radial channels by connecting non-draining layers and increase the area of filtration.

Key words: methods of intensification of oil production, carbonate reservoir, radial drilling, acid treatment, oil production, coefficient of productivity, radial channels.

В Оренбургской области наибольшая часть геологических запасов нефти сосредоточена в карбонатных коллекторах, которые характеризуются высокой геологической неоднородностью и изменчивостью литологического состава. Поэтому целесообразно использование совместных геолого-технических мероприятий в скважинах. Для оптимизации технологического процесса существует множество способов. Наиболее эффективными являются кислотные обработки, гидроразрыв пласта (ГРП), использование поверхностно-активных веществ (ПАВ) и разные виды перфорации: сверлящая, кумулятивная и технология радиального вскрытия пласта. Остановимся подробнее на последнем методе повышения нефтеотдачи пласта (МНП). [1]

На месторождениях Оренбургской области радиальное бурение (РБ) начали применять с 2005 года, проведено более 500 ГТМ. Существует много геологических факторов, которые влияют на проведение ГТМ в скважинах. Это доказано на примере скважине 5251 Вахитовского месторождения. [2]

Рассматриваемая скважина эксплуатирует нефтяную залежь пластово-массивного типа карбонатного коллектора. Нефтенасыщенная толщина составляет 3м, коллектор среднепроницаемый, пористость составляет 13%, коэффициент расчлененности 3ед., нефть повышенной вязкости, высокосернистая, парафинистая, плотность нефти в поверхностных условиях составляет 907кг/м<sup>3</sup>, глубина верхнего интервала перфорации 1350м, удлинение ствола скважины, вызванное ее кривизной, на уровне верхних отверстий перфорации – 110м. [3]

Для сравнительного анализа на скважине 5251 Вахитовского месторождения было проведено два ГТМ: кислотная обработка и повторное вскрытие продуктивных пропластков на двух уровнях. Технологические показатели работы скважины показаны в таблице 1.

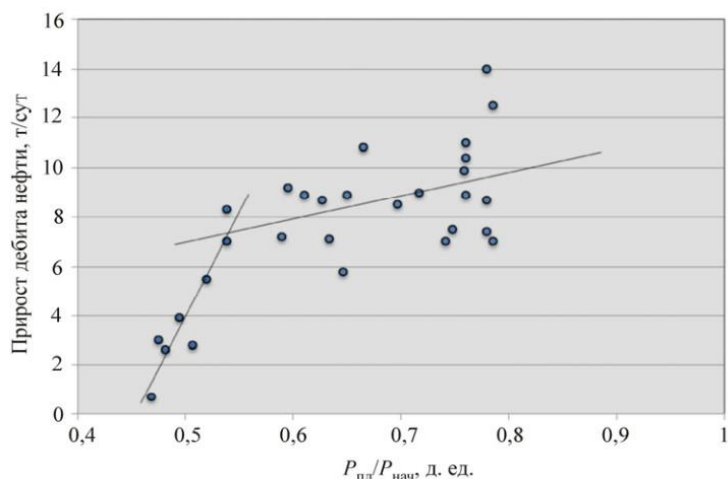
**Таблица 1. Технологические показатели работы скважины**

Период	Глубина спуска насоса, м	Пласт. давлен ие, атм	Скин-фактор	Динам. уровень, м	Затруб давлен ие, атм	Дебит жидкост и, м <sup>3</sup> /сут	Обводне нность, %
До проведения КО	1180	153.2	-0.3	916	32.1	4.7	11
После проведения КО		160.3	-5.1	1123	18.8	10.0	12
До проведения РБ		161.5	-3.8	320	15.2	2.0	30
После проведения РБ		190.9	-	327	1.1	17.0	50
Период	Забойное давление, атм	Коэффициент продуктивности по жидкости, м <sup>3</sup> /сут/атм	Коэффициент продуктивности по нефти, т/сут/атм	Прирост дебита нефти за счет изменения коэффициента продуктивности, т/сут			
До проведения КО	1180	153.2	-0.3	916			
После проведения КО		160.3	-5.1	1123			
До проведения РБ		161.5	-3.8	320			
После проведения РБ		190.9	-	327			

По результатам анализа отмечается, что после проведения технологии повторного вскрытия пласта в сравнении с кислотной обработкой прирост коэффициента продуктивности больше чем в 2.5 раза, а дебит нефти в 2 раза. Также стоит отметить, что перед проведение радиального бурения в скважине по результатам гидродинамических исследований не наблюдалось ухудшения состояния призабойной зоны пласта (ПЗП) и был достигнут большой технологический эффект, по сравнению с кислотной обработкой. Это подтверждает эффективность бурения радиальных каналов за счет подключения слабодренлируемых пропластков и увеличения площади фильтрации.

Отмечается увеличение прироста дебитов нефти при более высоком пластовом давлении, при превышении пластового давления от начального. Это свидетельствует о высокой значимости энергетического критерия при планировании технологии. [4]

На рисунке 1 представлен график зависимостей приростов дебита нефти после проведения радиального бурения от отношения пластового давления к начальному пластовому давлению.



**Рисунок 1 – Зависимость приростов дебита нефти после проведения радиального бурения от отношения пластового давления к начальному пластовому давлению.**

По результатам проведенного сравнительного анализа можно сделать несколько выводов:

- метод повторного вскрытия пласта, а именно радиальное бурение позволяет достичь большего прироста дебита нефти, чем кислотная обработка. Этот факт подтверждает эффективность бурения протяженных радиальных каналов за счет подключения слабодренлируемых пропластков и увеличения площади фильтрации.

- рекомендуемые технологические критерии при подборе скважин кандидатов для РБ следующие: высокий уровень пластового давления, проницаемость более  $0.01 \text{ мкм}^2$  и обводненность продукции скважин менее 50%.

#### Литература:

1. Pawelyeva O.N., Application of Modern Methods of Enhanced Oil Recovery on the example of the Center of the Orenburg Region. Black Gold International Forum: Abstract book. BSU SPE Student Chapter. Ufa, 2015. 20.
2. Распопов А.В., Кондратьев С.А., Новокрещенных Д.В. Влияние геолого-физических условий на эффективность бурения радиальных каналов в околоскважинную зону пласта. Нефтяное хозяйство. – 2012. № 3. С. 78-79.
3. Павельева О.Н. Анализ эффективности применения ГТМ на пласте Дкт1 Вахитовского месторождения. Новые технологии – нефтегазовому региону. Тюмень. 2016. С.156-158.
4. Dickinson W., Dykstra H., Nordlund R. Coiled-Tubing Radials Placed by Water-Jet Drilling: Field Results, Theory and Practice. SPE. 1993. № 26348. P. 69–76.

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ТУКУЛАНОВЫХ (ДЕФЛЯЦИОННЫХ) ОЗЕР ДОЛИНЫ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р.  
ВИЛЮЙ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)**

*Павлова М.Р.*

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия,

[Nigaer@yandex.ru](mailto:Nigaer@yandex.ru)

Аннотация. Рассматриваются тукулановые (дефляционные) озера долины нижнего течения р. Вилюй (Центральная Якутия). Даются их основные особенности и морфометрические параметры. Приводится характеристика химического состава воды тукулановых озер, основанная на установлении соотношения главных компонентов его составляющих (главнейшие ионы, минерализация, водородный показатель, общая жёсткость) и микрокросоэлементов.

Ключевые слова: тукулановое озеро, дефляция, морфометрия, гидрохимия, Центральная Якутия.

**MORPHOMETRICAL AND HYDROCHEMICAL FEATURES OF TUKULAN  
(DEFLATION) LAKES OF THE VALLEY OF THE LOWER COURSE OF THE  
VILYUI RIVER (CENTRAL YAKUTIA)**

*Pavlova M.R.*

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia,

[Nigaer@yandex.ru](mailto:Nigaer@yandex.ru)

Abstract. The article focuses on the tukulan (deflation) lakes of the valley of the lower course of the river Vilyui (Central Yakutia). The main features and morphometric characteristics of the tukulan lakes are given. The chemical composition of the water of the tukulan lakes, based on establishing correlation of general components it (core ions, mineralization, hydrogen ion concentration, total hardness) and microelements was revealed.

Key words: tukulan lake, deflation, morphometry, hydrochemistry, Central Yakutia.

В Центральной Якутии имеют широкое распространение уникальные реликтовые и современные дюнные комплексы, называемые в данном регионе тукуланами. В геоморфологическом отношении они являются дюнами высшего порядка, в строении которых четко прослеживается три ступени рельефа: мезорельеф (цепи дюн), микрорельеф (дюны, котловины выдувания, коридоры выдувания, междюнные понижения) и нанорельеф (эолово-биогенные кочки, бугры, микровалы, «глинистые грибы», дефляционные микроостанцы, рябь течения) [3].

Некоторые котловины выдувания и межрядовые понижения дюнных массивов заполнены водой, их называют тукулановыми или дефляционными озерами [2]. В основном

эти озера встречаются в пределах песчаных образований долины нижнего течения реки Вилюй, рр. Линде и Тюнг, а также на Бестяхской террасе р. Лена [5].

Согласно классификации И.И. Жиркова выделяют следующие типы тукулановых озер [2]:

1. Современных тукуланов (перевеваемых песчаных массивов): дефляционные (котловин выдувания) и навейных котловин (при подпруживании стока навейной дюной);
2. Древних тукуланов (закрепленных и полужакрепленных песчаных массивов): дефляционные (котловин выдувания), дефляционно-эрозионных котловин и дефляционно-термокарстовые.

В 2017 г. в ходе экспедиционных работ проведено изучение 10 дефляционных озер, приуроченных к северо-западной части дюнного массива – тукулан Махатта (N 63°54'50'', E 122°32'46''), долина нижнего течения р. Вилюй (Центральная Якутия). Основной задачей являлось изучение их морфометрических параметров (площадь, средняя и максимальная глубина, характер береговой линии и пр.) согласно общепринятой методике, а также особенности химического состава воды.

Пробы на химический анализ отбирались в предварительно подготовленные ёмкости согласно ГОСТу Р 51592 – в пластиковые 0,5 л бутылки для анализа макрокомпонентов и в полипропиленовые бутылки 250 мл для анализа микрокомпонентов [1]. Анализ проб воды проводился методами титриметрии и капиллярного электрофореза (аналитики Л.Ю. Бойцова и О.В. Шепелева) в аккредитованной лаборатории подземных вод и геохимии криолитозоны института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (г. Якутск). Микроэлементный состав выполнен методами масс-спектрального (ICP-MS) и атомно-эмиссионного анализа с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES) в Аналитическом сертифицированном испытательном центре Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН, г. Черноголовка.

На основе полевых и дистанционных исследований отмечено, что озера северо-западной части тукулана Махатта приурочены в основном к участкам закрепленных песков, имеют округлую или вытянутую форму, некоторые, по очертанию в плане, неправильную. Площадь составляет от 0,05-0,2 до 20 км<sup>2</sup>, максимальная глубина – 1,0-4,5 м, в некоторых отмечена до 8-10 м. Озера, преимущественно, округлой формы имеют четко выраженную береговую песчаную линию и невысокую дюнную бровку, на которой произрастает сосновый лес, преимущественно, из *Pinus sylvestris*; на некоторых встречаются заросли *Pinus pumila*. Водные объекты вытянутой и неправильной формы характеризуются широкой и заболоченной береговой полосой, покрытой луговым разнотравьем.

Вода в тукуланых озерах прозрачная, характеризуется нейтральной реакцией геохимической среды (рН 6,78-7,20). По данным химического анализа воды имеют гидрокарбонатный магниевый-кальциевый состав. По показателю общей жесткости определяются как мягкие (0,20-0,41 мг-экв/л). По величине общей минерализации, согласно классификации С.Л. Шварцева [4], как ультрапресные (0,0186-0,0298 г/дм<sup>3</sup>).

В водах тукулановых озер присутствуют следующие микроэлементы (мкг/л): Si (214-7540); S (54,0-1599), F (20-50); Sr (20,2-93,4), Mn (0,72-110), Fe (37,7-582), Al (1,3-23,4), Ba (5,6-89,6), Br (11,4-18,7), Zn (1,0-3,4), As (0,093-0,35), B (2,3-9,6), Li (2,295-3,764), Rb (1,327-3,613), Cu (0,32-0,49), Pb (0,03-0,27), Sb (0,0078-0,0768), Cs (0,0025-0,0168); Mo (0,0087-0,031), Zr (0,0072-0,0259), Y (0,0032-0,0303), U (0,00077-0,063).

Большинство химических элементов, содержащихся в озерах, присутствуют ниже кларковых значений для речных вод (Al, As, B, Br, Ba, F, Si, S, Sr, Mn, Cu, Zn, Ti, V, Ni, Pb,

Zr, Mo, Sb, W, U). В концентрациях выше таковых находятся Fe, Li и Rb. В четырёх образцах зафиксировано повышенное содержание Sr.

В пробах воды дефляционных озёр также присутствует 15 из 17 редкоземельных элементов (РЗЭ) – Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb и Lu. В общем, содержание РЗЭ в водах озёр не превышает, либо практически равно кларку речных вод, за исключением нескольких проб. В частности, небольшое повышенное содержание в озере № 435 самария (0,0104 мкг/л), празеодима (0,0090 мкг/л), эрбия (0,0056 мкг/л) и иттербия (0,0068 мкг/л); лантана (0,0832 мкг/л) в пробе №437. Кларк в речной воде Sm – 0,008 мкг/л, Pr – 0,007 мкг/л, Er – 0,004 мкг/л, Yb – 0,004 мкг/л, La составляет 0,05 мкг/л.

Таким образом, тукулановые озёра северо-западной части дюнного массива Махатта (долина нижнего течения р. Виллой) приурочены к закрепленной его части; имеют, по очертанию в плане, округлую, вытянутую или неправильную форму. Их площадь составляет от 0,05 до 20 км<sup>2</sup>, глубина от 1 до 4,5 м. Воды тукулановых озёр прозрачные, мягкие, ультрапресные. Они имеют гидрокарбонатный магниевый-кальциевый состав и характеризуются нейтральными условиями геохимической среды, что делает их пригодными в использовании в целях снабжения населения питьевой водой, в рыбозаведении, сельском хозяйстве и др.

*Исследования проведены при поддержке грантов РФФИ №17-05-00954\_a, РФФИ-РС(Я) №18-45-140012\_p\_a.*

#### **Литература:**

1. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. Москва. Стандартинформ. 2013. 35 с.
2. Жирков И.И. Схема лимногенетической классификации озёр северо-востока России. Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014. № 34. С. 18-25.
3. Павлова М.Р., Рудая Н.А., Галанин А.А., Шапошников Г.И. Строение и динамика развития дюнных массивов Виллоевского бассейна в позднечетвертичное время (на примере тукуланов Махатта и Кысыл-Сыр). Сибирский экологический журнал. 2017. № 4. С. 473-486.
4. Шварцев С.А. Общая гидрогеология. Москва. Недра. 1996. 423 с.
5. Шепелёв В.В. О взаимосвязи озёр и подземных вод на массивах развееваемых песков Центральной Якутии. Гидрологические условия мерзлой зоны. Якутск. Якутское книжное издание. 1976. 142 с.

**ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОНОСНЫХ СКАРНОВ  
РУДОПРОЯВЛЕНИЯ «ДОРОЖНОЕ», ПЕСЧАНСКО-ВОРОНЦОВСКАЯ РУДНАЯ  
СИСТЕМА, СЕВЕРНЫЙ УРАЛ**

*Паламарчук Р.С.<sup>1</sup>, Степанов С.Ю.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

[palamarchuk22@yandex.ru](mailto:palamarchuk22@yandex.ru)

<sup>2</sup>Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого, Екатеринбург, Россия

Аннотация. В работе рассмотрены изотопно-геохимические характеристики золотоносных скарнов рудопроявления «Дорожное» в Песчанско-Воронцовской РМС. Показано закономерное изменение изотопного состава С, О и Sr в различных скарновых образованиях, а также схожесть характера распределения РЗЭ.

Ключевые слова: ауэрбаховский комплекс, рудопроявление «Дорожное», золото, золотоносные скарны

**ISOTOPIC-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF GOLD-BEARING SCARNES  
OF THE «DOROSHNOE» OCCURENCE, PESCHANSKO-VORONTSOVSKAYA ORE  
SYSTEM, NORTHERN URALS**

*Palamarchuk R.S.<sup>1</sup>, Stepanov S. Yu<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Yekaterinburg, Russia

Abstract. The isotope-geochemical characteristics of gold-bearing skarns of the Dorozhnoye occurrence in the Peshansko-Vorontsovskaya ore magmatic zone are considered. A regular change in the C, O and Sr isotopic composition in various skarn formations, as well as the similarity of the REE distribution, is shown.

Key words: Auerbakhovskiy massif, «Dorozhnoe» occurrence, gold, gold-bearing scarn

Введение. На Северном Урале в районе г. Краснотурьинска расположены многочисленные средние и крупные месторождения, образование которых связано с внедрением магматитов ауэрбаховского комплекса в осадочные и вулканогенно-осадочные породы краснотурьинской свиты. Месторождения составляют Ауэрбаховский рудный узел, разделенный на две рудно-магматические системы: Турьинскую и Песчанско-Воронцовскую [1]. В пределах последней широко развиты разнообразные скарновые образования: железорудные скарны Северо-Песчанского месторождения, скарны Воронцовского месторождения [3, 5] и недавно обнаруженные скарны рудопроявления «Дорожное» [4]. Многие скарновые образования данной РМС в разной степени золотоносны. Несмотря на это, золотоносные скарны не рассматривались как промышленные золоторудные объекты. Для оценки масштабов проявления промышленно значимых золотоносных скарновых тел в контурах Песчанско-Воронцовской РМС

целесообразно рассмотреть с использованием изотопно-геохимических критериев скарновые образования отличные по своей геологической позиции: эндоскарны Северо-Песчанского, скарны Воронцовского месторождений, а также скарны рудопроявления «Дорожное», занимающие промежуточное положение.

**Методика работ.** Содержания элементов-примесей в образцах скарнов и магматических пород рудопроявления «Дорожное» были определены методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS, центральная аналитическая лаборатория ФГБУ «ВСЕГЕИ»). Из скарнов были выделены монофракции карбонатов, для которых был проведен изотопный анализ С, О и Sr. Изотопный анализ С и О осуществлялся по методике IRM-MS с помощью масс-спектрометра DELTA plus XL, снабженного препаративной приставкой Gasbench, а изотопный анализ Sr производился на мультиколлекторном масс-спектрометре TRITON (центральная аналитическая лаборатория ФГБУ «ВСЕГЕИ»).

**Геологическое строение рудопроявления «Дорожное».** Описываемое рудопроявление располагается в 1,5 км к северу от Воронцовского и в 2 км к югу от Северо-Песчанского месторождений. В его пределах один из апофизов Аурбаховского интрузива прорывает вулканогенно-осадочные толщи краснотурьинской свиты. Породы краснотурьинской свиты (алевролиты, известняки и туфы андезитового состава) преобразованы в волластонит-пренит-клиноцоизитовые метасоматиты и кварц-гранат-кальцитовые скарны, с широким развитием сульфидной минерализации (халькопирит, пирит, галенит).

Анализ крупнообъемных проб скарнов с сульфидным оруденением методом масс-спектрометрии показал концентрации золота до 40 г\т, что в целом подтверждает данные гравитационного обогащения этой же пробы, полученные ранее [4]. Содержание золота в кварц-гранат-кальцитовых скарнах с малым количеством сульфидов снижается до 1,3 г\т.

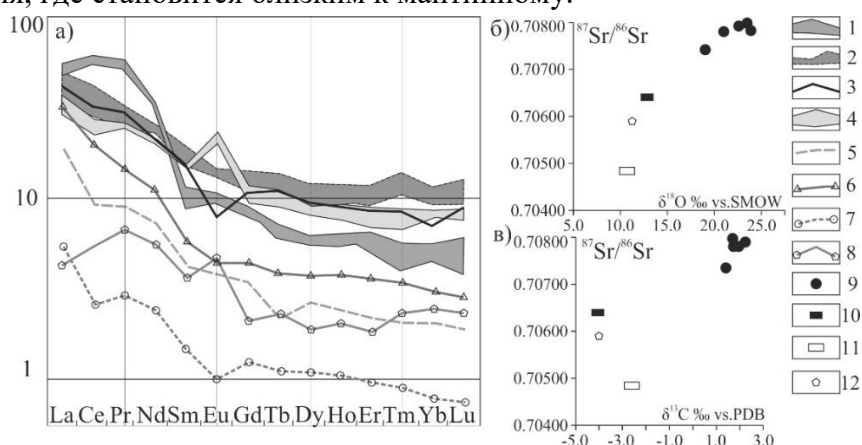
**Примесные компоненты и изотопно-геохимическая характеристика.** Характер распределения элементов-примесей во всех скарновых образованиях Песчанско-Воронцовской РМС не претерпевает существенных вариаций, что свидетельствует в пользу их общего генезиса в рамках единого этапа рудообразования. По сравнению с магматитами Ауэрбаховского интрузива скарны обеднены крупноионными литофилами и высокозарядными элементами (кроме U, Pb), обогащены рудными элементами (Fe, Co, Ni, Cu, Zn). Тем временем Sc, Ti, V в процессах скарнообразования остаются малоподвижными. Наблюдается закономерное увеличение Tl, As и Sb по мере удаления от интрузива, с максимальным содержанием этих элементов в скарнах Воронцовского месторождения.

Хондрит-нормализованные тренды РЗЭ всех пород района характеризуются похожим характером распределения (рис. 1а), отличаясь концентрациями. На общем фоне выделяются скарны рудопроявления «Дорожное», которые характеризуются большими содержаниями РЗЭ по сравнению с другими скарнами и обладают повышенными концентрациями легких РЗЭ, по сравнению с магматитами.

При анализе изотопных характеристик карбонатов, скарны рудопроявления «Дорожное» на графике соотношения изотопов Sr и O занимают отчетливое промежуточное положение между скарнами Воронцовского месторождения, с более тяжелым изотопным составом кислорода и скарнами Северо-Песчанского месторождения, с более легким изотопным составом (рис. 1б). Обратным распределением характеризуется изотопный состав углерода (рис. 1в): скарны Воронцовского месторождения обладают более легким, а Северо-Песчанского месторождения – более тяжелым изотопным составом.



Отношение изотопов Sr, закономерно падает от скарнов Воронцовского месторождения, к скарнам рудопроявления «Дорожное» и далее в скарнах Северо-Песчанского месторождения, где становится близким к мантийному.



**Рисунок 1 - Распределение РЗЭ в различных породах Песчанско-Воронцовской рудно-магматической системы (а): 1–3 – Рудопроявление «Дорожное»: 1 – скарны, 2 – магматические породы, туфы, 3 – волластонит-пренитовые метасоматиты; 4–7 – Воронцовское месторождение: 4 – рудные брекчии полипородные и апоалевролитовые, 5 – апомраморные брекчии, 6 – скарны, 7 – известняк вмещающих толщ; 8 – кальцит из магнетит-пиритовой руды Северопесчанского месторождения. 9–13 точки анализов с соотношением изотопов Sr, C и O в карбонатах (б, в): 9 – вмещающих толщ; 10 – скарнов Воронцовского месторождения; 11 – скарнов Северо-Песчанского месторождения, 12 – скарнов рудопроявления «Дорожное». Данные для 4–6 взяты из [5], для 7–10 из [3]**

**Заключение.** Анализ результатов изотопно-геохимических исследований позволяет говорить о формировании многочисленных скарновых образований Воронцовско-Песчанской РМС в результате единого процесса. При этом золотоносность скарнов напрямую связана с условиями рудообразования. Эндоскарны Песчанского месторождения характеризуются несущественными концентрациями золота по причине определяющей роли при рудообразовании высокотемпературных процессов. Напротив, низкая золотоносность скарнов Воронцовского месторождения обусловлена преобладающей ролью низкотемпературных процессов в ходе которых сформировались золото-реальгар-аурипигментовые руды. Наиболее обогащённые золотом скарны рудопроявления «Дорожное» занимают промежуточную позицию, расположены на границе гипабиссальной и поверхностной зон становления РМС и могут быть оценены как мезотермальные метасоматические образования благоприятные для формирования золотого оруденения. Именно область развития скарнов рудопроявления «Дорожное» можно выделить как наиболее перспективную на выявление золотого оруденения как скарнового, так и других генетических типов.

#### Литература:

1. Минина О.В. Ауэрбаховская комплексная рудно-магматическая система на Среднем Урале. Отечественная геология. 1994. № 7. С. 17–23.
2. Мурзин В.В., Сазонов В.Н. Минеральные ассоциации и условия образования сульфидных золотосодержащих руд Турьинско-Ауэрбаховского рудного поля (Урал). Екатеринбург: Уро РАН. 1996. 98 с.
3. Мурзин В.В., Сазонов В.Н., Ронкин Ю.Л. Модель формирования Воронцовского золоторудного месторождения на Урале (Карлинский тип): новые данные и проблемы // Литосфера, 2010. № 6, С. 66–73.
4. Степанов С.Ю., Паламарчук Р.С., Шарпенюк Л.Н., Перекрест П.Н., Антонов А.В. Новое рудопроявление золота Дорожное в экзоконтакте Ауэрбаховского габбродиорит-гранитового интрузива (Средний Урал). Региональная геология и металлогения. 2017а. № 71. С. 112–116.
5. Степанов С.Ю., Шарпенюк Л.Н., Антонов А.В. Флюидо-эксплозивные брекчии Воронцовского золоторудного месторождения (Северный Урал). Записки РМО. 2017б. Ч. 146. № 1. С. 29–43.

**СИЛКРЕТЫ КЕМБРО-ОРДОВИКСКОЙ ПЕСЧАНОЙ ТОЛЩИ В РАЙОНЕ  
СЛИЯНИЯ РЕК САБЛИНКА И ТОСНА (ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

*Палкина А.И.<sup>1</sup>, Федоров П.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Всероссийский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия,  
[alice.palkina@gmail.com](mailto:alice.palkina@gmail.com)

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Исследовано распространение и структура галек, валунов и линзовидных тел кварцитовидных песчаников, залегающих в толще слабосцементированных кварцевых песчаников среднего кембрия – нижнего тремадока в районе слияния рек Саблинка и Тосна. Отложения кембро-ордовикской песчаной толщи подразделяются здесь на три свиты – саблинскую, ладожскую и тосненскую, разделенные эрозионными контактами. Гальки и валуны кварцитовидных песчаников, приурочены к эрозионным карманам в основании ладожской и тосненской свит и рассматриваются как переотложенные остатки нодулярного слоя педогенных силкретов, образовавшихся во время перерыва в осадконакоплении после отложения саблинской свиты. Линзовидные тела, приуроченные к верхней части саблинской, ладожской и основанию тосненской свиты, распознаются как силкреды грунтовых вод (groundwater silcretes), на что указывает их облик и условия залегания. Образование этого типа силкретов происходило в ходе континентальных перерывов в позднем кембрии и начале ордовика.

Ключевые слова: силкреды, кембрий, тремадок, Ленинградская область.

**SILCRETES IN CAMBRIAN-ORDOVICIAN SANDSTONES OF THE TOSNA  
AND SABLINKA RIVER VALLEYS (LENINGRAD REGION)**

*Palkina A.I.<sup>1</sup>, Fedorov P.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Institution “A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute”, Saint Petersburg, Russia, [alice.palkina@gmail.com](mailto:alice.palkina@gmail.com)

<sup>2</sup>Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia, [p.fedorov@spbu.ru](mailto:p.fedorov@spbu.ru)

We describe pebbles, cobbles and lenses composed of hard quartz-cemented sandstones, which are common within weakly-cemented quartz sandstones of Middle Cambrian – basal Ordovician (Tremadocian) outcrops in the confluence of Tosna and Sablinka Rivers. Sedimentary sequence of Cambrian-Ordovician sandstones are divided into Sablinka, Ladoga and Tosna formations, bounded by erosional surfaces, where pebbles and cobbles of orthoquartzite occur. We interpret the re-deposited orthoquartzite pebbles and cobbles to represent the earliest nodules formed near the paleosurface at the initial stage of pedogenic silcrete development during hiatus after the Sablinka Fm deposition. The lenses of the hard quartz-cemented sandstone within the Sablinka, Ladoga and Tosna Fm are identified as mature groundwater silcretes which have clear boundaries, inherit sedimentary structures of the host rocks, and exhibit botryoidal and ropy surface structures. The formation of the lenses and bodies are likely to have occurred during prolonged subaerial exposure in the late Middle and Late Cambrian and/or in the beginning of the Ordovician.

Keywords: silcretes, Cambrian, Tremadocian, Leningrad Region.

Слабосцементированные светлоокрашенные кварцевые песчаники, накопившиеся в эпиконтинентальном Балтийском палеобассейне на протяжении среднего кембрия – раннего тремадока, широко распространены в Ленинградской области. Они слагают основание Балтийско-Ладожского глинта и под небольшим углом погружаются отсюда к югу, под уступ Глинта, карбонатное Ордовикское плато и Девонскую равнину. Песчаники слагают последовательность, разделенную на три части поверхностями континентального перерыва. Эти части названы, снизу-вверх, саблинской, ладожской и тосненской свитами [4]. Наиболее многочисленны выходы песчаников приурочены к каньонообразным долинам рек Тосна и Саблинка, выше их слияния [5]. Суммарная мощность песчаной толщи достигает здесь 14–15 м. Во многих обнажениях песчаников в долинах Тосны и Саблинки встречаются стяжения плотносцементированных песчаников; они представлены разного размера гальками и валунами, залегающими на поверхностях перерыва; а также непереотложенными линзовидными телами внутри всех трех свит.

Гальки и непереотложенные тела плотносцементированных песчаников упоминаются в работах нескольких предшественников [1; 2; 3; 4]. Однако их структурные особенности и происхождение никогда прежде не были объектами специального исследования, направленного на понимание их происхождения и историко-геологического значения.

В ходе полевых работ нами были детально документированы и опробованы все выходы песчаников кембро-ордовикской песчаной толщи, содержащие гальки и линзовидные тела плотносцементированных песчаников по обоим бортам долин р. Тосна и Саблинка. При опробовании отбирались образцы как плотносцементированных, так и вмещающих песчаников.

Камеральные исследования заключались в микроскопическом изучении песчаных зерен из вмещающих слабосцементированных песчаников кембро-ордовикской толщи и небольших сколков кварцитовидных песчаников с помощью электронного сканирующего микроскопа Hitachi TM 3000. Исследования проводились в ресурсном центре микроскопии и микроанализа Санкт-Петербургского государственного университета.

*Гальки и валуны* (1–30 см) плотносцементированных песчаников были обнаружены во всех выходах, где наблюдались эрозионные контакты, саблинской и ладожской, ладожской и тосненской свит, а также на контакте саблинской и тосненской свит, в обнажениях, где ладожская свита была уничтожена эрозией. Для галек характерны сложные неровные формы, часто ямчатые. Раскалывая эти гальки и валуны легко обнаружить, что внутри они отчетливо различаются по составу, структуре и окраске, и фактически представлены двумя разновидностями – хорошо окатанными песчаниками, сцементированными буро-коричневым цементом, и серыми сливными кварцитовидными песчаниками.

В небольшом количестве выходов в основании ладожской свиты были найдены также светлоокрашенные гальки и валуны (до 450 мм длиной) слабосцементированных и умеренно-сцементированных песчаников, окраска, структура и текстура которых свидетельствует об их происхождении из подстилающих песчаников саблинской свиты.

*Линзовидные тела* плотносцементированных светлых кварцитовидных песчаников обнаружены в интервале от средней части саблинской свиты до низов тосненской свиты. По форме, размерам и текстурным особенностям их можно подразделить на два типа:

Единичные линзовидные тела эллипсоидальной формы, имеющие мощность 10–40 см и протяженность от первых десятков сантиметров до 3–4 метров.

Сетчатые линзы, состоят из анастомозирующих прямых или изогнутых, субгоризонтально ориентированных, эллипсоидальных в сечении ветвей, имеющих ширину 0,2 – 3 м при мощности 10–40 см. Последние приурочены только к двум выдержанным уровням: вблизи кровли саблинской свиты и вдоль нижней границы тосненской свиты. Внутри линзовидных тел можно наблюдать продолжение слоистой текстуры вмещающих пород, что свидетельствует об образовании их *in-situ*. Внешняя поверхность тел покрыта сглаженными бугорчатыми, витыми и кокардообразными текстурами.

Электронно-микроскопическое исследование вмещающих слабосцементированных песчаников саблинской и ладожской свит показало, что все слагающие их окатанные зерна несут на поверхности микротекстуры растворения и синтаксиального переосаждения кремнезема, представляющее собой, соответственно, ямки и желобки травления, и тонкие (5-10µм) фрагментарные вторичные нарастания граней кварца. Точечные контакты выросших граней обеспечивают наблюдаемую слабую цементацию этих песчаников.

Песчаники, слагающие линзовидные тела, гальки и валуны кварцитовидных песчаников сложены плотно прилегающими друг к другу кристаллами вторичного α-кварца, синтаксиально обрастающего окатанные песчинки, однако в породе всегда присутствуют большего или меньшего размера поры между смежными кристаллами.

Плотную цементацию галек и валунов с видимым буро-коричневым цементом обеспечивает кристаллическая масса франколита, заполняющая большую часть порового пространства между песчинками. Однако, заметно, что песчинки несут следы растворения и тонкого фрагментарного обрастания кварцем; это свидетельствует о том, что фосфоритовый цемент формировался не в рыхлом песке, а внутри галек слабо- и умеренно-сцементированного песчаника.

Цементация вторичным кварцевым цементом песков и песчаников может происходить как вблизи поверхности суши, так и в условиях глубокого погружения на этапе мезогенеза. Поверхностная цементация на суше требует значительного времени, тектонической стабильности территории и теплого субаридного климата с выраженными сезонами дождей. Она проявляется в формировании кремнистых кор – силкретов, которые могут быть сцементированы опалом, халцедоном или кварцем [8]. Глубинная цементация протекает при воздействии температур прогрева более 80 °С на глубине свыше 2-х км и приводит к исчезновению пор и окварцеванию всего объема породы (Burley, Worden, 2003).

Согласно данным [6,7], глубины погружения песчаников кембро-ордовикской песчаной толщи, залегающей в полосе Балтийско-Ладожского глинта, не превышали одного километра, при этом температура их прогрева не достигала 50°С. Следовательно, наши представления о генезисе кварцитовидных песчаников должны основываться на поиске аналогий среди кварцитовидных пород, образующихся в приповерхностных условиях.

Позднекайнозойские силклеты широко распространены в сухих субтропиках Африки и Австралии и достаточно хорошо изучены. Актуальные классификации подразделяют силклеты на педогенные и непедогенные (силклеты грунтовых вод, дренажные и озерные) [8].

На основании структуры и формы галек и валунов кварцитоподобных песчаников, можно с достаточной уверенностью предположить, что после отложения песчаников саблинской свиты на осушенной поверхности изученной территории начал формироваться профиль педогенных силкретов. По аналогии с кайнозойскими примерами, верхняя часть

его была представлена слоем псевдоконгломератов, с разобщенными неправильными стяжениями галечного и валунного размера разной степени цементации, который, не достигнув полной зрелости, был полностью срезан и переработан морской абразией в ходе ладожской трансгрессии. Начало ладожской трансгрессии совпадает с началом массового накопления в песчаниках детрита органико-фосфатных брахиопод, что свидетельствует о поступлении значительных объемов фосфора и кальция в мелководные области эпиконтинентального палеобассейна. Пористые гальки слабо- и умеренно-цементированного песчаника, не достигшие значительной цементации кварцем внутри слоя псевдоконгломератов, после размыва и высвобождения оказались на песчаном мелководье, где стали подходящим субстратом для осаждения избыточного фосфора, вероятно, в виде коллоидного прекурсора фосфорита.

Сетчатые кварцитовидные линзы мы сопоставляем с силкретами грунтовых вод, формирующимися при относительно стабильном зеркале грунтовых вод. Основанием для этого служит наследование ими текстур вмещающих пород, бугристые, витые и кокардовые текстуры химического нарастания на поверхности и их двухуровневая структура. Одиночные линзовидные тела, приуроченные к нескольким уровням, вероятно, формировались в условиях существования нестабильного зеркала грунтовых вод.

Главный вывод: в позднем кембрии и тремадоке на суше, обрамлявшей Балтийский палеобассейн, господствовал сухой субтропический климат с сезонами дождей.

#### Список литературы:

1. Кузнецов С.С., Селиванов Г.Д., Геологическая экскурсия по долине р. Саблинки, Ленинградской области. Ленинград. 1940. 64 с.
2. Попов Л.Е. и др. Опорные разрезы и стратиграфия кембро-ордовикской фосфоритонесущей оболовой толщи на северо-западе Русской платформы. Л.: Наука. 1989. 222 с.
3. Потулова Н. Оболовые песчаники и дикиномовый сланец Ленинградской губ. Материалы по общей и прикладной геологии. Издание Геологического Комитета. 1927. Вып. 68. 52 с.
4. Рухин Л.Б., Кембро-силурийская песчаная толща Ленинградской области. Ученые записки, Серия геолого-почвенных наук. Вып. 4. труды Саблинской научно-учебной станции ЛГУ под ред. П.А. Земятченского. Издание Ленинградского Государственного Университета. Ленинград. 1939. 176 с.
5. Fedorov P.V., Palkina A.I., Surface textures of sand grains from quartz arenite stratotype sections of sablinka formation (Cambrian, Series 3: Saint Petersburg vicinity, Northwest Russia): the key to understanding of the continental processes of the Guzhangian-Furongian Boundary). Vestnik SPSU. 2015. ser.7. no. 4. 37–52 pp.
6. Kirsimae K. et al., Diagenetic transformation of clay minerals in lower Cambrian Argillaceous Sediments of North Estonia// Proc. Estonian Acad. Sci. Geol. 1999. vol.48. 1. 15–34 pp.
7. Kirsimae K. et al., Mineralogical and Rb-Sr Isotope studies of low-temperature diagenesis of Lower Cambrian clays of the Baltic paleobasin of North Estonia. Clays and clays minerals. 2000. vol. 48. no.1. 95–105 pp.
8. Nash D.J., Ulliott J.S. Silcrete. Geochemical sediment and Landscapes. Eds D.J. Hash, S.J. McLaren. Blackwell. Oxford. 2007. pp. 95–143.

## О МЕТОДЕ УЧЕТА ЖЕСТКОСТИ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД

*Паньков И.Л., Безматерных М.Д.*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия  
[marinka5657@mail.ru](mailto:marinka5657@mail.ru)

Аннотация. Предложен метод учета жесткости прессового оборудования при определении деформационных характеристик горных пород. Метод позволяет учитывать нелинейный характер связи между действующими нагрузками и собственными деформациями пресса. Полученное определяющее уравнение диаграммы деформирования прессового оборудования включает в качестве параметров жесткость «идеального» пресса, а также суммарную величину люфтовых смещений в узлах «реальной» испытательной установки.

Ключевые слова: горная порода, деформационные характеристики, жесткость прессового оборудования, люфтовые смещения.

## ABOUT METHOD OF ACCOUNTABILITY OF HARDNESS OF PRESS-EQUIPMENT FOR DETERMINATION OF DEFORMATION CHARACTERISTICS OF MINERAL ROCKS

*Pankov I.L., Bezmaternykh M.D.*

Perm national research polytechnic University, Perm, Russia, [marinka5657@mail.ru](mailto:marinka5657@mail.ru)

Abstract. A method is proposed for taking into account the rigidity of press equipment in determining deformation characteristics of rocks. The method makes it possible to take into account the nonlinear character of the relation between the acting loads and the proper strains of the press. The resulting defining equation of the press equipment deformation diagram includes, as parameters, the rigidity of the "ideal" press, as well as the total amount of backlash displacements at the nodes of the "real" test setup.

Key words: rock, deformation characteristics, press equipment rigidity, backlash displacement.

Изучение механических показателей пород играет основную роль при геомеханическом обосновании безопасных условий ведения горных работ. При этом основной акцент должен ставиться на точности их экспериментального определения. Наиболее достоверными являются показатели, полученные в лабораторных условиях с использованием современного прессового оборудования. В настоящее время широкое распространение находят электромеханические испытательные установки, позволяющие проводить экспериментальные исследования в широком интервале прикладываемых нагрузок, определяемых с высокой степенью точности. Однако при определении деформационных показателей встречается ряд сложностей, связанных, как правило, с трудностью адаптации используемых датчиков перемещений к особенностям поведения

образцов, находящихся под нагрузкой. Так встречающееся при испытаниях большинства горных пород шелушение боковых поверхностей, интенсивное трещинообразование, а также динамическое разрушение образцов может приводить к недостоверным измерениям, а также выходу из строя датчиков перемещений.

С целью исключения перечисленных сложностей, возникающих при использовании датчиков перемещений, разработан метод учета жесткости прессового оборудования при определении деформационных характеристик горных пород, основанный на непосредственном измерении перемещений, осуществляемом по траверсам пресса. Согласно предлагаемому методу абсолютная деформация образца определяется по формуле:

$$u_{обр} = u_c - u_{жс}, \quad (1)$$

где  $u_c$  – общая деформация системы «пресс – образец»;  $u_{жс}$  – деформация испытательного оборудования, обусловленная его жесткостью.

Проведенный комплекс экспериментальных исследований позволил установить, что взаимосвязь между нагрузкой и деформацией испытательного электромеханического оборудования имеет характерный нелинейный вид, показанный на рис.1, (кривая 1) [1, 2]. Установлено, что полученная зависимость асимптотически приближается к прямой (рис. 1, линия 2):

$$F = K(u_{жс} - u_l), \quad (2)$$

где  $F$  – нагрузка;  $K$  – жесткость «идеального» пресса, не имеющего люфтовых смещений;  $u_l$  – суммарная величина люфтовых смещений в узлах «реального» испытательного оборудования.

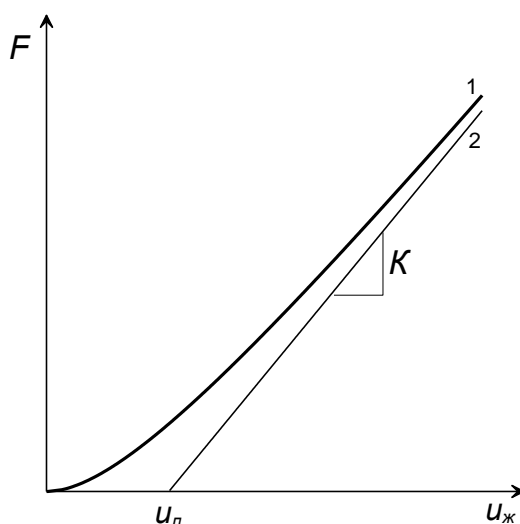


Рисунок 1 - Общий вид диаграмм нагружения, характеризующих жесткость “реального” (1) и “идеального” (2) прессового оборудования

Необходимо отметить, что полученный экспериментальный факт расходится с данными большинства исследователей, принимающими жесткость прессы как постоянную величину во всем интервале изменения действующей нагрузки [3, 4, 5].

В рамках разработанного метода собственную диаграмму деформирования прессы предлагается [1, 2] описывать уравнением:

$$F = K \frac{u_{жс}^2}{u_{жс} + u_{л}} . \quad (3)$$

Согласно уравнению (3), деформация испытательного оборудования, учитываемая уравнением (1), определяется выражением:

$$u_{жс} = \frac{F + \sqrt{F^2 + 4KFu_{л}}}{2K} . \quad (4)$$

По результатам проведенных исследований установлены жесткостные показатели электромеханических испытательных прессов Zwick/Z250 и Zwick/Z400, входящие в качестве определяющих параметров в уравнения (2), (3) и (4):  $K=140$  кН/мм,  $u_{л}=0,2$  мм (Zwick/Z250) и  $K= 320$ кН/мм,  $u_{л}=0,1$  мм (Zwick/Z400).

#### Литература:

1. Паньков И.Л., Безматерных М.Д. Изучение влияния жесткости испытательного оборудования на деформационные показатели геоматериалов / Сборник материалов 60-й Международной научной конференции “Актуальные проблемы прочности”, г. Витебск, Беларусь, 2018, с. 306-308.
2. Безматерных М.Д., Паньков И.Л. Учет собственных деформаций электромеханического оборудования при изучении деформационных свойств горных пород на сжатие / Актуальные проблемы охраны труда и безопасности производства, добычи и использования калийно-магниевых солей: материалы I Междунар. науч.-практ. конф., г. Пермь, 2018, с.133-138.
3. Введение в механику скальных пород: Пер. с англ. / Под ред. Х. Бока. М.: Мир. 1983. 276 с.
4. Баклашов И.В. Геомеханика: Учебник для вузов. В 2 т. М.: МГГУ, 2004. Т.1. Основы геомеханики. 208 с.
5. Ставрогин А.Н., Тарасов Б.Г. Экспериментальная физика и механика горных пород. СПб.: «Наука», 2001. 343 с.



**К ОЦЕНКЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СИЛЬВИНИТОВЫХ ЦЕЛИКОВ  
ПЛАСТА КРАСНЫЙ 2 ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ  
СОЛЕЙ**

*Паньков И.Л., Шубина С.В.*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь,  
Россия,  
[s\\_v16@mail.ru](mailto:s_v16@mail.ru)

Аннотация. В рамках решения задачи по оценке несущей способности сильвинитовых целиков пласта Красный 2 Верхнекамского месторождения калийных солей проведена серия одноосных испытаний на сжатие образцов красного сильвинита с различным соотношением высоты к ширине. По результатам испытаний предложено выражение для определения коэффициента формы, имеющее экспоненциальный вид.

Ключевые слова: несущая способность, коэффициент формы, образцы красного сильвинита

**FOR EVALUATING THE BEARING CAPACITY OF THE PILLARS SYLVINITE  
SEAM RED 2 VERKHNEKAMSKOYE POTASH DEPOSIT**

*Pankov I.L., Shubina S.V.*

Perm national research polytechnic University, Perm, Russia, [s\\_v16@mail.ru](mailto:s_v16@mail.ru)

Abstract. As part of the solution to the problem of assessing the bearing capacity of the sylvinite pillars of the Red 2 deposit of the Verkhnekamsk abraum salts deposit, a series of uniaxial compressive tests of red sylvinite samples with different height-to-width ratios was performed. According to the results of the tests, an expression is proposed for determining the coefficient of the form having an exponential form.

Key words: bearing capacity, shape factor, samples of red sylvinite.

Верхнекамское месторождение калийных солей (ВКМКС) является одним из крупнейших в мире месторождением по добыче калийных и магниевых солей. На рудниках ВКМКС применяется камерная система разработки с оставлением прямоугольных ленточных поддерживающих целиков, обеспечивающих сохранность сплошности водозащитной толщи, предохраняющей продуктивные отработываемые пласты от поступления пресных вод из вышележащих водоносных горизонтов. Параметры камерной системы разработки, применяемой на рудниках ВКМКС, определяются исходя из допустимой степени нагружения междукамерных целиков, которая зависит от мгновенного предела прочности соляных пород при сжатии. Для оценки несущей способности конструктивных элементов подземной разработки (целиков различного назначения) используют коэффициент формы, который определяется на образцах с различным отношением высоты ( $h$ ) к ширине ( $d$ ) в лабораторных условиях по формуле [1]:

$$K_f = \frac{\sigma_{np}}{\sigma_{np|h/d=2}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{np}$  - предел прочности образцов с произвольным отношением высоты к ширине,  $\sigma_{np|h/d=2}$  - предел прочности образцов с отношением высоты к ширине равным двум.

По результатам испытаний образцов горных пород авторами работ [2-6] предлагался различный вид зависимостей, определяющих коэффициент формы. В тоже время, известные зависимости определения коэффициента формы не всегда достаточно точно отражают результаты экспериментального определения прочностных показателей образцов с различным отношением высоты к ширине, а их использование не позволяет объяснить различие несущей способности грузонесущих элементов подземных конструкций различной геометрической конфигурации, приведенное в работе [7].

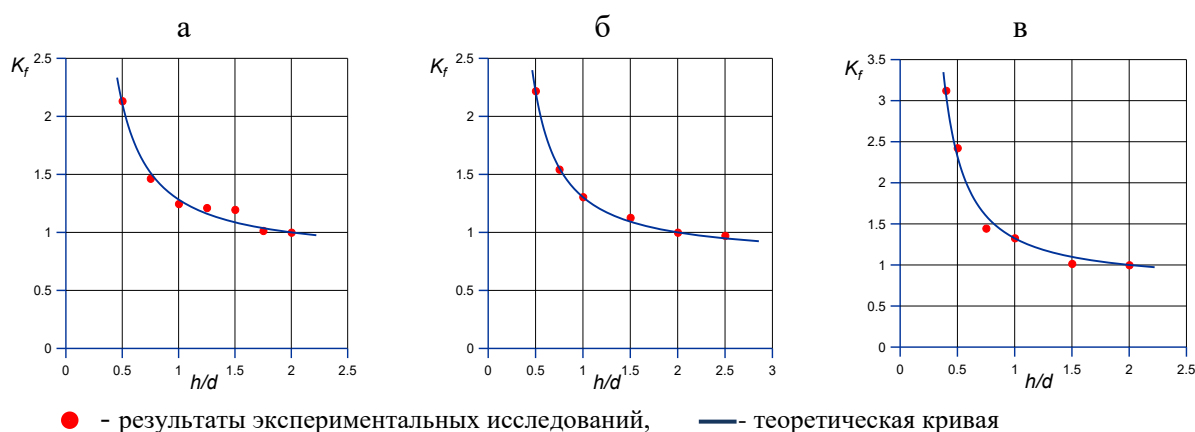
С целью уточнения формы конструктивных элементов подземной разработки на их несущую способность были проведены испытания на сжатие образцов различной высоты. Для изготовления образцов использовались монолиты соляных пород ВКМКС, отобранных из пластов Красный 2 (сильвинит красный), всего было отобрано 3 монолита: монолит 1 (слой 7, СКРУ – 1); монолит 2 (слой 5, СКРУ – 1); монолит 3 (слой 5, СКРУ – 3). Из монолитов в соответствии с требованиями ГОСТа [8] изготавливались образцы цилиндрической формы, с поперечным размером (диаметр) – 42 мм. Отношение высоты образцов к ширине (h/d) составляло – 0,4; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,5. Эксперименты на сжатие образцов проводились на жестком электромеханическом прессе Zwick/Z250. Количество испытанных образцов составляло 115 шт.

Анализ проведенных исследований позволил установить эмпирическое выражение для коэффициента формы грузонесущих элементов системы разработки, определяемое по формуле:

$$K_f = e^{a\left(\frac{d}{h} - 0,5\right)}, \quad (2)$$

где  $a$  – экспериментально получаемый показатель.

На рис. 1 приведены результаты экспериментального определения, влияния отношения высоты к ширине образцов сильвинита пласта Красный 2 на коэффициент формы. В качестве сопоставления на рисунке приведены теоретические кривые, построенные по данным выражения (2). Установленные значения показателя  $a$ , входящего в формулу (2) составили: 0,50 (монолит 1), 0,53 (монолит 2), 0,56 (монолит 3). Среднее значение показателя  $a$ , полученное по пласту Красный 2 составляет 0,53.



**Рисунок 1 – Результаты определения коэффициента формы образцов сильвинита пласта Красный 2:**

**а – монолит 1, б – монолит 2, в – монолит 3**

Предварительный анализ проведенных исследований показал, что установленная зависимость (2) более точно отражает характер изменения несущей способности грузонесущих элементов пласта Красный 2 по сравнению с аналогичными зависимостями для коэффициента формы установленных другими авторами, что позволяет говорить, о необходимости корректировки (в данной части) методики определения параметров системы разработки калийных рудников, работающих в условиях ВКМКС.

#### Литература:

1. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения: учеб.пособие / А.А. Барях, В.А. Асанов, И.Л. Паньков. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. 85 с.
2. Методика и некоторые результаты исследований параметров камерно-столбовой системы разработки. / Нестеренко Г. Т. В сб. «Методы определения размеров опорных целиков и потолочин». М., 1962.
3. Методы расчёта целиков и потолочин камер рудных месторождений / А.М. Ильштейн, Ю.М. Либерман, Е.А. Мельников и др. М.: Наука, 1964. 141с.
4. Прогнозирование устойчивости горных выработок. / Ерофеев Н.П.–Алма-Ата: Наука КазССР, 1977. 81 с.
5. Расчёт несущих элементов подземных сооружений / Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П. 2001.–168 с.
6. Прочность и деформируемость горных пород / Ю.М. Караташов [и др.]. – М.: Недра, 1979. – 269 с.
7. Результаты определения предела прочности при сжатии образцов различной геометрической конфигурации / Шубина С.В., Паньков И.Л. Сборник материалов 60-й Международной научной конференции “Актуальные проблемы прочности” 14-18 мая 2018 года, г. Витебск, Беларусь, с. 298-299.
8. ГОСТ 21153.2-84. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. М.: Изд-во стандартов. 1985. 10 с.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АБРАЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ БЕРЕГОВ НА ПРИМЕРЕ ОСТРОВА ОЛЬХОН

*Пеллинен В.А.*

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

[vadim.a.pellinen@ya.ru](mailto:vadim.a.pellinen@ya.ru)

Аннотация. В работе рассмотрено применение прямых (тахеометрическая съемка) и косвенных (космо- и аэрофотосъемка) методов изучения абразионно-аккумулятивных берегов. Выполнены морфометрические измерения на ключевых участках при помощи тахеометрической съемки. Дешифрирование снимков, полученных при помощи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), аэрофото- и космосъемки, позволило установить морфометрические изменения береговой линии. Сделаны выводы о применении БПЛА для исследования берегов.

Ключевые слова: абразия, аккумуляция, берег, БПЛА, остров Ольхон, озеро Байкал.

## METHODS OF INVESTIGATION OF ABRASION-ACCUMULATIVE SHORES ON THE EXAMPLE OF OLKHON ISLAND

*Pellinen V.A.*

Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Irkutsk, Russia, [vadim.a.pellinen@ya.ru](mailto:vadim.a.pellinen@ya.ru)

Abstract. The application of direct (tacheometric survey) and indirect (cosmic and aerial survey) methods of the studying abrasion-accumulative shores was considered. Morphometric measurements were performed at key sites using the tacheometric survey. The interpretation of images obtained using uncrewed aerial vehicles (UAV), aerial and cosmic survey, allowed to establish morphometric changes in the shoreline. Conclusions were drawn on the application of this UAV for the investigation of the coasts.

Key words: abrasion, accumulation, coast, UAV, Olkhon Island, Lake Baikal.

Цель работы состоит в изучение морфологических изменений линии уреза на ключевых участках в пределах северо-западного берега острова Ольхон озера Байкал с применением прямых (тахеометрическая съемка) и косвенных (космо- и аэрофотосъемка) методов исследования.

Режимные наблюдения представляют собой комплекс прямых и косвенных методов получения информации об изменении состояния геологической среды во времени. В процессе наблюдений получают информацию существенно режимного характера, привязанную к различным моментам физического времени [3, 4, 7, 10]. Наблюдение за отступанием бровки берега, перестройкой аккумулятивных форм, изменением надводного и подводного профиля [2, 11]. В процессе наблюдения используют поверхностные реперы и маркеры, логгеры физического наблюдения за свойствами грунтов, геодезические и GPS-

приборы, а также БПЛА. Часть приборов и приспособлений является основой косвенных, а другая – прямых методов исследования БЗ. Косвенные методы основаны на применении математической обработки данных, полученных в ходе космо- или аэрофотосъемки, прямые на непосредственном измерении морфологических параметров.

В данной работе к косвенным методам исследования относятся аэрофотосъемка, выполненная с помощью БПЛА (DJI Inspire 1 pro), оснащенный камерой Zenmuse 5X, служившей для получения аэрофотоснимков с разрешением 3840 x 2160 пикселей, а к прямым методам исследования относятся различные морфометрические измерения [1, 5, 8], выполняемые с помощью тахеометра, эхолота и GPS-приемника. Работы проводились на участках в пределах определенного типа берега – отражающие все его морфогенетические особенности.

Участок «Харалдайский» расположен в одноименном заливе, на территории которого проводятся наблюдения за абразивно-оползневыми процессами. Территория стационара осложнена как унаследованными, так и современными солифлюкционными оползнями. Склон представлен переслаивающимися толщами глин и суглинков с включениями щебня и линз песка различного генезиса неоген-четвертичного возраста. Деформированные склоны с длительной активной стадией смещения глинистых пород имеют четко оконтуренные корытообразные цирки со ступенями высотой до 1–2 м [6, 9]. Ежегодные морфометрические измерения проводили при помощи нивелирной и тахеометрической съемки. Построенные продольные профили надводной части берег позволили установить, что колебание уровня озера незначительно влияет на склон. Следовательно, ведущим экзогенным геологическим процессом на данной территории является оползнь.

Ключевой участок «Тогай» представляет собой классически аккумулятивный тип берега. На этом участке ведутся ежегодные морфометрические измерения, а также поинтервальное опробование в пределах поперечных профилей. В результате обработки образцов песка, отобранного на косе, установлено, что в основном преобладает терригенный материал (кварцевый песок с частицами слюдяных чешуек) размерностью 1–3 мм. В целом, фракционный состав песка на косе более постоянен вдоль всей пересыпи. В пляжевых отложениях содержание частиц размером более 2 мм составляет в среднем 32%, максимальное содержание в среднем 42.3 % отмечается в приурезовой части профиля. С удалением от залива содержание крупных фракций падает – в центральной части пляжа в среднем до 12.3 %. При проведении лабораторных определений гранулометрического состава было отмечено преобладание частиц размером от 0.25 до 0.1 мм, в основном это зерна прозрачного или матового кварца. В настоящее время основное поступление на пляж песка, пригодного для формирования золотого поля на острове, происходит с подводного склона в период летних штормов. Осенью происходит смена ветров с северо-восточного на северо-западный, что способствует разрушению сформированного вала и обеспечивает поступление материала на золотое поле.

Анализ цифровой модели местности (2017 г.), а также аэрофото- (1958 г.) и космических (2009, 2010, 2013, 2014 и 2016 гг.) снимков с использованием ГИС-инструментов, показал, что изменения происходят в основном в зоне примыкания косы к заливу Тогай. Отступление берега за 59 лет произошло на 9 м. Ежегодные наблюдения позволили установить, что формирующиеся подводные валы в летний период полностью разрушаются под воздействием осенних штормов, а материал переотлагается в виде прибрежного вала в зоне уреза высотой не более 1 м. Далее после прикрашения штормовых явлений вал просыхает и под воздействием ветра материал сносится вдоль самой косы по

направлению к острову, где развивается эоловое поле. Поверхность пляжа сложена крупным и мелкозернистым светло-желтым песком. Подводные валы, от 3 до 5 м, образуются при высоких уровнях Байкала и практически исчезают при низких.

Грамотное использование береговой зоны основано на сборе данных и наблюдении за берегоформирующими процессами. В последние годы отмечено экспоненциальное увеличение количества исследований, основанных на сборе данных беспилотными летательными аппаратами. Однако применение прямых методов для изучения береговой зоны на локальном уровне остается актуальным.

Расчет разницы между данными, полученными в ходе обработки DEM-модели, тахеометрической съёмки, и дешифровки аэрофото- и космоснимков в разные временные отрезки, выявил переформирование берега в юго-западной части косы. В северо-западной части области исследования изменение объема отражает то, что поступающий песок, переносится и переотлагается в ее южной части в результате дефляционных процессов.

Полеты в прибрежных районах могут быть трудными из-за риска быстрого изменения метеорологических условий. Несмотря на эти ограничения, данное исследование показывает, что дистанционно пилотируемые авиационные системы в сочетании с прямыми морфометрическими методами могут быть успешно использованы в процессе изучения береговой зоны.

Формирование подобных типов берега, которые представлены в заливах Тогай и Харалдайский, происходит под в результате влияния комплекса природных компонентов, усиливающих или ослабляющих действие друг друга. Характер распределения гранулометрического состава отложений в пределах аккумулятивных берегов является своеобразным индикатором современной активности некоторых процессов. Динамика абразионных берегов о. Ольхон зависит, в первую очередь, от процессов, осложняющих склон при значительном колебании уровня оз. Байкал.

#### Литература:

1. Берлянт А.М. Картографический метод исследования. М.: Изд-во МГУ, 1988. 215 с.
2. Зенкович В.П. Кадастр и мониторинг береговой зоны морей СССР Геоэкология Мирового океана, Л.: ГО СССР. 1990. С. 120–122.
3. Иванов И.П., Тржцинский Ю.Б. Инженерная геодинамика. СПб.: Наука, 2001. 416 с.
4. Инженерная геология / Инженерная геодинамика под. ред. В.Д. Ломтадзе. Л.: Недра, 1977. 479 с.
5. Ласточкин А.Н. Методы морского геоморфологического картографирования. Л.: Недра, 1982. 272 с.
6. Пеллинен В.А. Опасные инженерно-геологические процессы береговой зоны о. Ольхон // Тр. II Всерос. совещания и молодежной школы «Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе». Иркутск: ИГ СО РАН. 2012. С. 113–115.
7. Тютюнова Ф.И. Особенности гидрогеохимического мониторинга в пределах урбанизированных территорий // Режимные инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения в городах: Тр. науч. конф. М.: Наука. 1983. С. 96–99.
8. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во СУ, 1975. 232 с.
9. Хименков А.Н., Власов А.Н., Сергеев Д.О., Козырева Е.А., Рыбченко А.А., Пеллинен В.А. Влияние криогенеза на развитие склоновых процессов степных территорий Прибайкалья. Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2015. № 6. С 535–542.
10. Швецов П.Ф. Режимные инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения в городах. М.: Наука, 1983. 160 с.
11. Coastal evolution: late quaternary shoreline morphodynamics / R.W.G. Carter, C.D. Woodroffe, London: Cambridge University Press, 1997. 540 p.

**ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ВОДОРОДА ВОД ЗОНЫ ПЕРЕХОДА «РЕКА ХАТАНГА - МОРЕ ЛАПТЕВЫХ»**

*Переверзев Р.А., Дубинина Е.О., Коссова С.А.*

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,  
Москва, Россия,  
[rompereverz@hotmail.com](mailto:rompereverz@hotmail.com)

Аннотация. Изучена зона перехода «реки Хатанга – моря Лаптевых» методом изотопного анализа водорода. Определен усредненный изотопный состав водорода речного стока Хатанги, который соответствует величине  $\delta D = -149,2\text{‰}$ . Воды Хатангского залива являются продуктом смешения вод моря Лаптевых, стока и талого речного льда реки Хатанга в разных пропорциях. По мере удаления от устья реки уменьшается вклад пресных речных вод в соленые морские воды.

Ключевые слова: изотопы водорода, море Лаптевых, река Хатанга, опреснение, континентальный сток

**ISOTOPE COMPOSITION OF HYDROGEN IN THE TRANSITION ZONE OF «KHATANGA RIVER - LAPTEV SEA»**

*Pereverzev R.A., Dubinina E.O., Kossova S.A.*

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS,  
Moscow, Russia, [rompereverz@hotmail.com](mailto:rompereverz@hotmail.com)

Abstract. The transition zone of “Khatanga river – the Laptev sea” was studied by isotope method. The average hydrogen isotope composition of water in the transition zone “river-sea” was determined ( $\delta D = -149,2\text{‰}$ ). Khatanga bay Water are the product of compound sea water component, Khatanga river run-off and river ice melt waters. As the distance from the river the contribution fresh waters decrease.

Key words: isotopes of hydrogen, Laptev sea, Khatanga river, desalination, continental run-off

Континентальный сток в море Лаптевых (около 720 км<sup>3</sup> ежегодно) является вторым по величине в мире после Карского моря и составляет 30% от общего объема речного стока во все арктические моря России. Изучение процессов смешения речных вод с водами Арктических морей имеет большое значение для рационального использования потенциала Арктического шельфа [2]. Изотопный состав водорода вод в зоне перехода «река-море» позволяет установить источник и вклад пресного компонента в морской воде. Поскольку речные воды являются потенциальным (а для некоторых компонентов и реальным) источником радиоактивных и техногенных загрязнений, количественные оценки глубины, направления и дальности распространения речных вод на Арктическом шельфе имеют большое значение. Однако на данный момент изотопные данные, характеризующие сток

северных рек, крайне ограничены. В основном, в литературе можно найти данные для крупных рек (Обь, Енисей, Лена), для таких рек как Хатанга, которая поставляет в море Лаптевых свыше 100 км<sup>3</sup> воды ежегодно [1], изотопные характеристики речного стока отсутствуют. Цель данной работы состоит в определении изотопных характеристик стока реки Хатанга и оценке вклада ее вод в Хатангском заливе и в водах моря Лаптевых.

Материалы и методы. Материал для изотопных исследований был отобран в ходе 69 рейса научно-исследовательского судна “Академик Мстислав Келдыш” в Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское моря 22 августа – 03 октября 2017 г. Изотопный анализ водорода (H<sub>2</sub>) проводился методом DI IRMS (Dual Inlet Isotope Ratio Mass Spectrometry - масс-спектрометрия в режиме двойного напуска) с использованием масс-спектрометра DELTAplus (Thermo, Finnigan). Величины  $\delta D$  водных образцов калиброваны в шкале «V-SMOW» с использованием внутренних стандартов и образцов сравнения МАГАТЭ (ОН13 - ОН16), калибровка которых относительно стандартов V-SMOW проводится в лаборатории регулярно. Точность определения величин  $\delta D$  составляет  $\pm 0.3\%$  [2].

Результаты. Воды станций Хатангского залива показывают постепенное разбавление пресным компонентом. Сильные изменения солености наблюдаются в тонком поверхностном слое (от 0 до 20 метров). На основании этих данных можно заключить, что речной сток приводит к стратификации вод Хатангского с формированием поверхностного слоя с низкой соленостью и облегченным изотопным составом водорода. Для зоны шельфа моря Лаптевых характерно более равномерное распределение солености и изотопного состава водорода с глубиной, что указывает на ослабление влияния речного стока в зоне шельфа.

По данным о солености и результатам изотопного анализа водорода была построена диаграмма  $\delta D$ -соленость для Хатангского залива (см. рис. 1). В качестве «морского» компонента может быть принят состав неопресненных вод Баренцева моря, имеющих соленость 34.95 [3], которому соответствует верхняя точка на диаграмме рисунка 1.

Усредненный изотопный состав водорода речного стока Хатанги, определенный экстраполяцией величин  $\delta D$  на нулевую соленость, соответствует значению  $\delta D = -149,2\%$ . Для экстраполяции использовались результаты, показывающие изменение солености от 10 до 25 промилле. Эти данные, полученные для вод 5629, 5630 и 5631 станций Хатангского залива наиболее точно аппроксимируются линейной функцией смешения. Воды станций 5632 и 5691\_2, наиболее удаленные к северу от залива, имеют слишком малую степень разбавления, чтобы их можно было использовать для экстраполяции.

Величины  $\delta D$ , установленные для вод на станции 5627, находящейся ближе всего к устью реки, отклоняются от общей линии двухкомпонентного смешения. Наиболее вероятно, данные воды имеют измененный изотопный состав водорода за счет таяния речного льда. В соответствии с величиной коэффициента равновесного фракционирования водорода в системе «вода-лед» величины  $\delta D$  льда должны превышать на 21,2 ‰ величины  $\delta D$  воды [4]. Исходя из установленного значения изотопного состава водорода речной воды Хатанги ( $\delta D = -149,2\%$ ), изотопный состав водорода равновесного с ней льда и талой воды должен составлять  $\delta D = -128,1\%$ . Изотопный состав вод станции 5627 является промежуточным между составом речной воды и равновесного с ней талого речного льда.

Выводы. Анализ изотопных данных и данных о солености вод в Хатангском заливе позволил установить усредненный изотопный состав водорода речного стока Хатанги ( $\delta D = -149,2\%$ ). В водах наиболее южной станции Хатангского залива установлено



присутствие талого речного льда. С удалением к северу от Хатангского залива вклад речного стока Хатанги резко ослабевает.



Рисунок 1 – Диаграмма  $\delta D$ -соленость для вод Хатангского Залива.

#### Литература:

1. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Море Лаптевых. Моря СССР - М.: Изд-во МГУ. 1982. С. 161-178.
2. Дубинина Е. О., Коссова С. А., Мирошников А. Ю., Кокрятская Н. М. Изотопная ( $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ ) систематика вод морей арктического сектора России. Геохимия. 2017. № 11. С. 1041–1052.
3. Дубинина Е.О., Коссова С.А., Мирошников А.Ю., Файзуллина Р.В. Изотопные ( $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ ) параметры и источники опресненных вод Карского моря. Океанология. 2017. Т. 57. № 1. С. 38-48.
4. Lehmann M., Siegenthaler U. Equilibrium oxygen- and hydrogen-isotope fractionation between ice and water. J.Glac. 1991. 37. 23-26.

**ВЫЯВЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ НЕФТЕГАЗОНАСЫЩЕНИЯ В НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ С ПОМОЩЬЮ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

*Переплеткин И.А.*

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия,  
[ivan\\_perepletkin@mail.ru](mailto:ivan_perepletkin@mail.ru)

Аннотация. Разработка многоволновой трехкомпонентной сейсморазведки в сочетании с методикой 2D позволяет дополнить сейсмические изображения сведениями о коллекторских свойствах пород и типе их насыщения. Данная технология включает в себя построение попластовых карт распределения коэффициента Пуассона  $\mu = V_p/V_s$ . Теоретически коэффициент Пуассона должен уменьшаться на участках нефтегазонасыщения. Результаты проведенных полевых экспериментов подтверждают указанную закономерность. На практике эта методика серьезно повышает эффективность геологоразведочных работ и реализует большой экономический потенциал.

Ключевые слова: 3С сейсморазведка, коэффициент Пуассона, нетрадиционные коллектора.

**IDENTIFICATION OF THE UNCONVENTIONAL OIL-BEARING RESERVOIRS WITH THE POISSON'S RATIO USING THREE-COMPONENT SEISMIC TECHNOLOGY IN WESTERN SIBERIA**

*Perepletkin I.A.*

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia, [ivan\\_perepletkin@mail.ru](mailto:ivan_perepletkin@mail.ru)

Abstract. Three-component seismic technology in combination with the 2D survey allows supplementing seismic images with more detailed information about the reservoir properties and the type of its saturation. This technology includes the construction of velocity ratio ( $V_p/V_s$ ) maps correlated with the Poisson coefficient distribution maps. Theoretically, the Poisson's ratio should decrease in zones with high hydrocarbon saturation. The results of field experiments confirm this regularity. In practice, this methodology highly increases the efficiency of geophysical exploration and realizes a great economic potential.

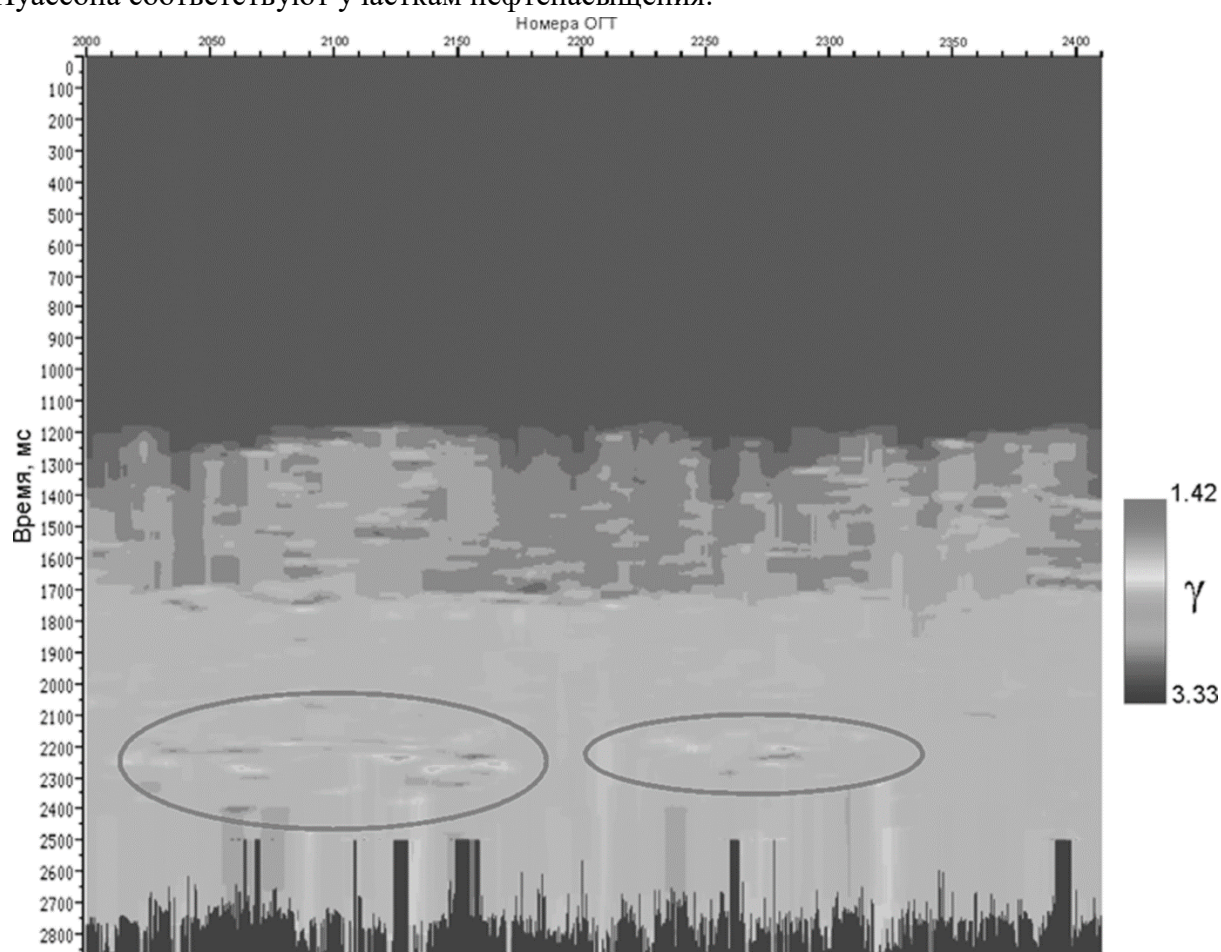
Key words: three-component seismic, Poisson's ratio, unconventional reservoirs

В данной статье рассматривается применение технологии 3С 2D сейсморазведки для трудноизвлекаемых запасов нетрадиционных коллекторов Западной Сибири на примере Ван-Еганского нефтяного месторождения (Среднее Приобье). По физико-химическим свойствам и составу это тяжелые нефтеносные нефти, освоение которых сопряжено с комплексом проблем. Во-первых, их высокая вязкость в пластовых условиях, которая в

сотни раз превышает вязкости пластовых вод, затрудняет процесс вытеснения нефти водой. Во-вторых, все сеноманские нефтяные залежи, содержат массивные газовые шапки.

В основе многоволновой сейсморазведки 3С 2D лежит направленная вниз продольная Р-волна с обменом, изменяющую в самой глубокой точке проникновения свой тип на восходящую поперечную S-волну. В рассматриваемой технологии применяется радиальная схема наблюдений для исследования околоскважинного пространства, согласно которой от источника упругих волн в разные стороны расходятся 6 2D профилей с трехкомпонентными приемниками. Источник сейсмических колебаний помещается в необсаженные скважины, во избежание дополнительных волн-помех, которые могут быть вызваны стальными обсадными колоннами. Применительно к интерпретации данных, данная схема также является достаточно удобной, поскольку цель данного исследования – построение попластовых карт распределения коэффициента Пуассона. Мы получаем данные, расположенные на равных расстояниях от пробуренной скважины, в которой находится источник, во все стороны от нее. «Межлепестковые» области также подвергаются тщательной интерполяции, упрощающейся ввиду высокой плотности полученных данных по каждому из приемников.

Окончательный этап интерпретации данных после анализа и корреляции временных разрезов по трем компонентам – построение попластовой карты распределения значений комплексного параметра  $\gamma = V_p/V_s$  (рис.1), где наименьшие значения коэффициента Пуассона соответствуют участкам нефтенасыщения.



**Рисунок 1 - Разрез распределения значений комплексного параметра  $\gamma = V_p/V_s$ .  $\gamma = (1,42-3,33)$  соответствует значениям коэффициента Пуассона  $\sigma = (0,01-0,45)$ . Выделенные области соответствуют областям нефтенасыщения.**

Предположение о наличии зон нефтенасыщения, выдвинутое по результатам проведения сейсморазведочных работ 3С 2D, было подтверждено последующим бурением. При этом чуть ранее, при проведении площадных 3D работ на аналогичном участке, данные области выделить не удалось. Таким образом, детальный анализ результатов проведения 3С 2D сейсморазведочных работ (конечная цель – определение коэффициента Пуассона) позволил свести к минимуму погрешность выделения зоны нефтенасыщения применительно к нетрадиционным коллекторам Западной Сибири.

Предлагаемая нами инновационная технология 3С 2D сейсморазведки позволила оптимизировать разработку трудноизвлекаемых запасов, сосредоточенных в нетрадиционных коллекторах Западной Сибири, суммарные геологические запасы нефти которой оцениваются в размере от 0,8 до 2,1 триллионов тонн, а потенциал прироста извлекаемых запасов нефти оценивается в размере не менее 30-40 млрд тонн. Стоит отметить, что данная стратегия возможна только лишь при интегрировании геофизики, геологии и бурения в рамках единой технологии добычи полезных ископаемых, включающей создание пространственной геологической модели месторождения и подсчета запасов.

#### **Литература:**

1. Пузырев Н.Н. Поперечные и обменные волны в сейсморазведке. Сборник научных трудов. Москва. Недра. 1997. с. 12-23, 102-118.
2. Hardage B.A., DeAngelo M.V., Murray P.E., Sava D. Multicomponent seismic technology. Tulsa. SEG. 2011. с. 279-289.

## ОРТОПИРОКСЕН-ИЛЬМЕНИТ-ГРАНАТОВЫЙ КСЕНОЛИТ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ ТРУБКИ ИМ. В. ГРИБА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ АЛМАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)

*Пересецкая Е.В.<sup>1</sup>, Каргин А.В.<sup>2</sup>, Сазонова Л.В.<sup>1</sup>, Носова А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия  
[ekaterina.peresetskaya@gmail.com](mailto:ekaterina.peresetskaya@gmail.com)

<sup>2</sup> Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук, Москва, Россия

Аннотация. В кимберлитах трубки им. В. Гриба был найден ксенолит ортопироксен-ильменит-гранатового состава с порфирокластовой структурой. Относительно крупные порфирокласты граната помещены в мозаичный матрикс, представленный мелкими необластами граната, ильменита и ортопироксена. Ортопироксен образует субизометричные зерна, ильменит встречается в виде угловатых ксеноморфных зерен, каплевидных форм или прожилков. По составу минералы сопоставимы с ранее изученными мегакристами и необластами из ксенолитов деформированных перидотитов из кимберлитов трубки им. В. Гриба.

Ключевые слова: гранат, ортопироксен, ильменит, кимберлит, Архангельская алмазоносная провинция

## ORTHOPYROXEN-ILMENITE-GARNET XENOLITH FROM THE GRIB KIMBERLITE (ARKHANGELSK DIAMOND PROVINCE)

*Peresetskaya E.V.<sup>1</sup>, Kargin A.V.<sup>2</sup>, Sazonova L.V.<sup>1</sup>, Nosova A.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia [ekaterina.peresetskaya@gmail.com](mailto:ekaterina.peresetskaya@gmail.com)

<sup>2</sup> Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Moscow, Russia

Abstract. In the Grib kimberlite the orthopyroxene-ilmenite-garnet xenolith with inequigranular porphyroclastic texture was found. Relatively large garnet grains are situated in mosaic matrix of fine garnet, ilmenite and orthopyroxene neoblasts. Orthopyroxene forms subidiomorphic grains. Ilmenite occurs as subidiomorphic angular grains, drop-shaped forms in garnet porphyroclasts or veins. Chemical compositions of minerals are compared with compositions of already learned megacrysts and neoblasts of sheared peridotite xenolith from the Grib kimberlite.

Key words: garnet, orthopyroxene, ilmenite, kimberlite, Arkhangelsk diamond province

Алмазоносная кимберлитовая трубка им. В. Гриба является важным объектом для петролого-геохимического изучения строения земной коры и верхней мантии в связи с большим содержанием глубинных ксенолитов и их хорошей сохранностью [1]. Она расположена в центральной части Архангельской алмазоносной провинции и по составу принадлежит к Fe-Ti серии кимберлитов и родственных пород [2].

Среди ксенолитов из кимберлитов трубки им. В. Гриба наиболее распространены гранатовые перидотиты, реже – гранатовые клинопироксениты и вебстериты, эклогиты, мономинеральные оливиниты, ильменитовые перидотиты, флогопитовые перидотиты и клинопироксениты [3]. В значительном количестве в кимберлитах трубки им. В. Гриба присутствуют минералы мегакристной ассоциации, такие как гранат, флогопит, ильменит и клинопироксен [2,3]. Ортопироксен встречается относительно редко в перидотитовых ксенолитах в ассоциации с оливином и клинопироксеном.

В работе представлены результаты изучения петрографии и минералогии (EPMA, SIMS) ксенолита ортопироксен-ильменит-гранатового состава из кимберлитов трубки им. В. Гриба. Структура породы неравномернозернистая, порфирикластовая, гранобластовая (рис. 1а). В шлифе видны отчетливые признаки деформаций, которые выражены в наличии крупных порфирикластов граната (1-3 мм), образующих полигональные изометричные зерна, погруженные в мозаичный матрикс, представленный небластами граната (70 об. %), ильменита (20 об. %) и ортопироксена (10 об. %). Размер необластов, как правило, не превышает десятых долей мм.

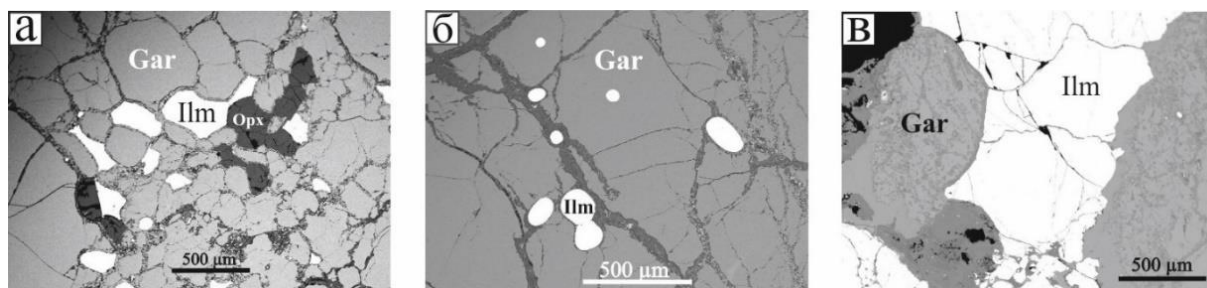
Необласты ортопироксена образуют субизометричные зерна неправильной формы. Необласты ильменита имеют неправильно-угловатые ксеноморфные формы, подчиненные форме граната и ортопироксена (рис. 1а).

Такие порфирикластовые и мозаичные структуры характерны для деформированных перидотитов [4] и встречаются в ксенолитах гранатовых перидотитов из кимберлитов трубки им. В. Гриба [5].

Порода трещиновата, по трещинам развиваются серпентин и мельчайшие фазы (клинопироксен, оливин), образование которых, по всей видимости, связано с более поздним воздействием кимберлитового расплава.

Крупные порфирикласты граната включают в себя округлые в плане и, вероятно, шаровидные каплевидные включения ильменита (рис. 1б). Размер таких «капель» от первых до 200 мкм. Также наблюдаются слияния нескольких «капель» с образованием гантелевидных сростаний (рис. 1б).

Также ильменит встречается в породе в виде прожилка шириной до 3-4 мм, который имеет неправильные, неровные края с многочисленными апофизами и ответвлениями, а также с включениями зерен граната (рис. 1в). Гранат около прожилков несет следы растворения.



**Рисунок 1 – Ортопироксен-ильменит-гранатовый ксенолит (фото в режиме BSE): (а) – фрагмент породы с необластовой, гранобластовой структурой, (б) – каплевидные формы ильменита в порфирикласте граната, (в) – фрагмент ильменитового прожилка.**

Гранаты порфирикластов и необластов имеют схожий состав, по содержанию  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (3,35-3,52 мас. %),  $\text{CaO}$  (4,82-5,02 мас. %),  $\text{TiO}_2$  (0,86-1,06 мас. %) и магнезиальности (0,81-0,82) сравнимы с низкохромистыми мегакристами из кимберлитов и принадлежат типу G5

по Grutter et al., 2004 [6]. Гранаты имеют «нормальный», типичный для мегакристов из кимберлитов спектр распределения REE: обогащены HREE (до 10x C1), обеднены LREE.

Ортопироксен отличается от ортопироксена из ксенолитов перидотитов из трубки им. В. Гриба в среднем повышенным содержанием  $TiO_2$  и  $CaO$ , пониженным содержанием  $Al_2O_3$ . По содержанию  $Al_2O_3$  (0,52-0,63 мас. %),  $TiO_2$  (0,14–0,39 мас. %),  $Cr_2O_3$  (0,13-0,26 мас. %) и магнезиальности (0,92) минерал сопоставим по составу с необластами ортопироксена из деформированного перидотита трубки им. В. Гриба, а также из ксенолитов деформированных перидотитов из Якутской провинции [7].

Необласты ильменита характеризуется вариацией содержания  $MgO$  от 13,53 до 15,30 мас. %, что позволяет отнести его к пикроильмениту. Также для данного минерала характерно высокое содержание  $Cr_2O_3$  (2,90 – 3,62 мас. %). Профили химических составов необластов ильменита показывают, что иногда к краевым зонам (к контакту с гранатом) в ильмените растет содержание  $Cr_2O_3$  и  $MgO$ . Шаровидные включения пикроильменита в целом отличаются повышенной магнезиальностью по сравнению с необластами.

Происхождение шаровидных включений ильменита в гранате остается неясным. Они могли образоваться за счет кристаллизации из расплава или жидкостной несмесимости, как показывают экспериментальные данные: сростки ильменита с различными силикатами могут являться результатом кристаллизации из кимберлитового расплава [8], либо подобные каплевидные, шарообразные образования ильменита могут быть получены в ходе плавления ильменит-карбонат-углеродной системы при 1600°C и 8 ГПа [9]. С другой стороны, включения ильменита могли быть захвачены порфирокластами граната из матрикса во время их роста.

#### Литература:

1. Гаранин В.К., Гаранин К.В., Васильева Е.Р., Веричев Е.М., Костровицкий С.И., Кудрявцева Г.П., Писарев П.А. Минералогия мантийных ксенолитов из алмазоносной трубки им. В. Гриба (Архангельская алмазоносная провинция). Статья 1. Перидотиты, пироксениты, эклогиты. Геология и разведка. 2004. № 6. С. 26-30.
2. Голубкова А.Б., Носова А.А., Ларионова Ю.О. Мегакристы Mg-ильменита из кимберлитов Архангельской провинции (Россия): генезис и взаимодействие с кимберлитовым расплавом и посткимберлитовым флюидом. Геохимия. 2013. № 5. С. 396-427.
3. Богатииков О.А., Гаранин В.К., Кононова В.А., Кудрявцева Г.П., Васильева Е.Р., Вержак В.В., Веричев Е.М., Парсаданян К.С., Посухова Т.В. Архангельская алмазоносная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия). Москва. МГУ. 1999. 524 с.
4. Harte B. Rock nomenclature with particular relation to deformation and recrystallization textures in olivine-bearing xenoliths. *Journal of Geology*. 1977. V. 85. P. 279-288.
5. Kargin A.V., Sazonova L.V., Nosova A. A., Pervov V.A., Minevrina E. V., Khvostikov V. A., Burmii Z. P. Sheared peridotite xenolith from the V. Grib kimberlite pipe, Arkhangelsk Diamond Province, Russia: Texture, composition, and origin. *Geoscience Frontiers*. 2017. V. 8. Issue 4. P. 653-669.
6. Grutter H.S., Gurney J.J., Menzies A.H., Winter F. An updated classification scheme for mantle-derived garnet, for use by diamond explorers. *Lithos*. 2004. V. 77. P. 841–857.
7. Ionov D.A., Doucet L.S., Ashchepkov I.V. Composition of the Lithospheric Mantle in the Siberian Craton: New Constraints from Fresh Peridotites in the Udachnaya-East Kimberlite. *Journal of Petrology*. 2010. V. 51. № 11. P. 2177-2210.
8. Mitchell R.H. Experimental studies at 5–12 GPa of the Ondermatjie hypabyssal kimberlite. *Lithos*. 2004. V. 76. Issues 1–4. P. 551-564.
9. Литвин Ю.А., Бовкун А.В., Гаранин В.К. Взаимодействие минералов титана и их расплавов с алмазообразующими средами (опыты при 7-8 ГПа). *Геохимия*. 2018. № 2. С. 160-174.

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, ВОЗРАСТ И ГЕОХИМИЯ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД ИТМУРУНДИНСКОГО АККРЕЦИОННОГО КОМПЛЕКСА (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЛХАШЬЕ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН)**

*Перфилова А.А.<sup>1,2</sup>, Сафонова И.Ю.<sup>1,2</sup>, Обут О.Т.<sup>1,3</sup>, Савинский И.А.<sup>1,2</sup>, Котлер П.Д.<sup>1</sup>, Чёрный Р.И.<sup>1,2</sup>, Петренко Н.А.<sup>1,2</sup>, Маруяма Ш.<sup>1,4</sup>*

<sup>1</sup>Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, [p.alina2808@mail.ru](mailto:p.alina2808@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск

<sup>3</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск

<sup>4</sup>Токийский институт технологий, г. Токио, Япония

Аннотация. В работе представлены первые геохронологические и геохимические данные по песчаникам Итмурундинского аккреционного комплекса (северное Прибалхашье). В комплексе выделены три ассоциации пород: мантийная, аккреционная, пост-орогенная. Главной ассоциацией является аккреционная, сформированная в результате орогении тихоокеанского типа. В состав этой ассоциации входят итмурундинская (O<sub>1-2</sub>), казыкская (O<sub>2-3</sub>) и тюретайская (O<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>) свиты. Спектры U-Pb возрастов детритовых цирконов из песчаников итмурундинской и казыкской свит имеют унимодальный характер с пиком на 450-470 млн. лет, что предполагает присутствие ордовикской внутриокеанической дуги. Цирконы характеризуются положительными значениями эpsilon Hf (9.2-17.5). В песчаниках тюретайской свиты характер распределения U-Pb возрастов – полимодальный с возрастными от 455-465, 750, 1100 до 2400 млн. лет, предполагающий наличие в области сноса более древнего материала континентальной коры.

Ключевые слова: Итмурундинский аккреционный комплекс, орогения тихоокеанского типа, аккреция, детритовые цирконы, граувакковые песчаники.

**GEOLOGY, GEOCHEMISTRY AND GEOCHRONOLOGY OF TERRIGENOUS ROCKS OF THE ITMURUNDY ACCRETIONARY COMPLEX (NORTHERN BALKHASH, CENTRAL KAZAKHSTAN)**

*Perfilova A.A.<sup>1,2</sup>, Safonova I.Y.<sup>1,2</sup>, Obut O.T.<sup>1,3</sup>, Savinsky I.A.<sup>1</sup>, Kotler P.D.<sup>1</sup>, Cherny R.I.<sup>1,2</sup>, Petrenko N.A.<sup>1,2</sup>, Maruyama S.<sup>2,4</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia  
[p.alina2808@mail.ru](mailto:p.alina2808@mail.ru)

<sup>2</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

<sup>4</sup>Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan

Abstract. The paper presents first geochronological and geochemical data on sandstones of the Itmurundy accretionary complex (the northern Balkhash area). The region hosts three main



assemblages of rocks: mantle, accretionary, and post-orogenic. The accretionary association is a key to understand the geological history of the region. The accretionary rocks belong to three formations: Itmurundy ( $O_{1-2}$ ), Kazыk ( $O_{2-3}$ ), and Tyuretai ( $O_3-S_1$ ). The samples of the Itmurundy and Kazыk formations yielded unimodal distributions of U-Pb ages peaked at 450-470 Ma suggesting their intra-oceanic arc origin. More evidence for this comes from the positive  $Hf_i$  values of zircons (9.2-17.5) and the occurrence of sparse outcrops of volcanic rocks possessing supra-subduction geochemical affinities. The samples of the Tyuretai formation yielded multi-model U-Pb age probability curves peaked at 455-465, 750, 1100, and 2400 Ma suggesting a continental arc origin.

Key words: Itmurundy accretionary complex, Pacific-type orogeny, accretion, detrital zircons, greywacke sandstones.

Итмурундинский аккреционный комплекс расположен в северном Прибалхашье Центрального Казахстана, в западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса [1]. В начале 1980-х годов породы Итмурундинского пояса были названы яшмово-базальтовыми толщами неясного возраста (от венда до ордовика) и сопоставлены с породами офиолитовой ассоциации [1]. Однако уже с 1990-х этот пояс рассматривался как аккреционный комплекс [2], образование которого происходило в результате эволюции Палеоазиатского океана [3, 4]. Итмурундинский пояс включает три ассоциации пород: мантийную, аккреционную и пост-орогенную. Мантийная ассоциация представлена серпентениновым меланжем, ультрамафитами, габбро и плагиогранитами [1, 2].

Аккреционная ассоциация представлена мафическими вулканическими породами, глубоководными ленточными кремнями, хемипелагическими породами (кремнистые аргиллиты, алевролиты, сланцы), песчаниками. Возраст пород данной ассоциации до настоящего времени был получен только по одиночным определениям микрофоссилий (поздний ордовик – ранний силур). Формирование этих отложений связано с орогенией тихоокеанского типа, происходившее в океане и на конвергентной окраине. В этой обстановке образуются следующие группы пород: 1) породы стратиграфии океанической плиты (СОП); 2) аккреционные толщи; 3) надсубдукционные образования. Стратиграфия океанической плиты (СОП) представляет собой закономерную последовательность магматических и осадочных пород океанической литосферы, которые соответственно изливались или отлагались на океаническом дне по мере того, как она двигалась от срединно-океанического хребта к зоне субдукции [3]. Типичная последовательность СОП включает: 1) пелагические кремни и базальты типа MORB; 2) хемипелагические кремнистые сланцы, аргиллиты и алевролиты, образующиеся ближе к желобу; 3) турбидиты и песчаники глубоководного желоба.

Отложения СОП широко распространены в центральной части Итмурундинского АК, где они подразделяются на три свиты: итмурундинскую, казыкскую и тюретайскую [1, 5, 6]. Итмурундинская свита представлена базальтами, сургучно-красными и серо-зелёными ленточными кремнями, шоколадными и зеленовато-серыми кремнистыми аргиллитами и алевролитами, серо-зелёными мелко-среднезернистыми песчаниками. Казыкская свита преимущественно сложена сургучно-красными кремнями с конодонтами ордовикского возраста, кремнистыми аргиллитами и алевролитами, в подчинённом количестве базальтами и песчаниками. Тюретайская свита представлена кремнистыми аргиллитами и

алевролитами, песчаниками, в подчинённом количестве базальтами и ленточными кремнями.

Отложения аккреционной ассоциации распространены в центральной и юго-восточной частях Итмурундинского АК. В районе работ было выделено 4 ключевых участка: Хорс-1 (казыкская свита), Хорс-2 (итмурундинская свита), ОД-1 (тюретайская свита), ОД-2 (тюретайская свита). Впервые по этим участкам нами были получены U-Pb датировки детритовых цирконов из песчаников, имеющих преимущественно серый и тёмно-серый, иногда зеленовато-серый цвет. При классификации песчаников была использована диаграмма систематики терригенных пород [7], на которой показано их четкое распределение в граувакковой области.

На спектрах видно, что песчаники с участков Хорс-1 и Хорс-2 имеют унимодальное распределение возрастов с пиком на 450-470 млн. лет, что предполагает присутствие древней внутриокеанической дуги ордовикского возраста. Более того, данные по изотопии  $Hf_t$  (9.2-17.5) показывают ювенильный характер магматической дуги, с которой шел снос материала в глубоководный желоб. Песчаники с участков ОД-1 и ОД-2 имеют полимодальный характер распределения U-Pb возрастов от 455-465, 750, 1100 до 2400 млн. лет, предполагающих наличие в области сноса более древнего материала континентальной коры.

Аккреционная ассоциация перекрыта породами посторогенной ассоциации, сформированными, видимо, после закрытия океана. Они представляют собой терригенные образования (алевролиты, песчаники, гравелиты, конгломераты, известняки) с возрастом от среднего силура до позднего карбона с подчиненным количеством кислых вулканогенных пород [5].

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 14.Y26.31.0018) и РФФИ (проект № 16-05-00313).*

#### **Литература:**

1. Паталаха Е.А., Белый В.А. Офиолиты Итмурунды-Казыкской зоны. Офиолиты. Алма-Ата, 1981. с. 7-102.
2. Zhylkaidarov, A.M. On the age of volcanogenic-cherty deposits of Dzhungar-Balkhash region on conodonts. Vestnik AN Kazahskoj SSR 5. 1988. pp. 84-86.
3. Dobretsov, N.L., Berzin, N.A., Buslov, M.M. Opening and tectonic evolution of the Paleo-Asian Ocean. International Geology Review 37, 1995, pp. 335-360.
4. Safonova, I.Y., Santosh, M., 2014. Accretionary complexes in the Asia-Pacific region: Tracing archives of ocean plate stratigraphy and tracking mantle plumes. Gondwana Research 25, pp. 126-158.
5. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Прибалхашская, лист L-43-XI, составлена: ВСЕГЕИ. ред. Соловьева Л.Д., Семенов А.Ф. 1960.
6. Никитин И.Ф. Ордовикские кремнистые и кремнисто-базальтовые комплексы Казахстана. Геология и геофизика. 2002. т. 43. с. 512-527.
7. Неелов А.Н. Петрохимическая классификация метаморфизованных осадочных и вулканогенных пород. Л., Наука. 1980. 100 с.

**ВЕНДСКИЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ТАСЕЕВСКОЙ СЕРИИ: СОСТАВ И ВОЗРАСТ ИСТОЧНИКОВ СНОСА**

*Прошенкин А.И.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия,  
[aiproshen@gmail.com](mailto:aiproshen@gmail.com)

Аннотация. На основе изучения петрографических и геохимических характеристик терригенных пород тасеевской серии и результатов U-Pb датирования детритовых цирконов установлено, что их накопление происходило в обстановках континентальной окраины. Преобладающее количество осадков является рециклированным. Источниками сноса послужили породы палео- и неопротерозоя и, реже, неоархея. Эти данные в совокупности с Sm-Nd изотопными характеристиками изученных песчаников тасеевской серии указывают на то, что все источники сноса находились в пределах Сибирской платформы.

Ключевые слова: источники сноса, тасеевская серия, циркон, U-Pb датирование

**VENDIAN TERRIGENOUS DEPOSITS OF THE TASEEV GROUP: COMPOSITION AND AGE OF SOURCE AREAS**

*Proshenkin A.I.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia, [aiproshen@gmail.com](mailto:aiproshen@gmail.com)

Abstract. Based on study of petrographic and geochemical characteristics of terrigenous rocks of the Taseev group and the results of U-Pb detrital zircons dating, it was established that their accumulation occurred in the continental margins environment. The prevailing amount of sediments are recycled. Source areas for these rocks were Paleo- and Neoproterozoic and, in some cases, neo-Archean rocks. These data, together with Sm-Nd isotopic characteristics, indicate that all source areas were located within the Siberian platform.

Key words: source areas, taseev group, zircon, U-Pb dating

Отложения тасеевской серии изучены в пределах Иркенеевского поднятия ю-в. части Енисейского кряжа по реке Нижняя Теря (правый приток р. Иркенеево), вдоль реки Тасеево и реки Ангара (мыс Гребень, р-н пос. Мотыгино). Тасеевская серия представлена тремя свитами – алёшинской, чистяковской, мошаковской.

Минералогический анализ состава отложений тасеевской серии проведен на основе программы MINLITH [1]. Терригенные отложения алёшинской свиты можно разделить на две группы. Породы 1 группы состоят в основном из кварца (Qz) (>80%), среди глинистых минералов преобладает иллит (Ill) (72%), есть хлорит (Chl) (13%), серпентин (Srp) (4%) и монтмориллонит (11%). 2 группа пород алёшинской свиты на 45% состоит из Qz и на 55% из глинистых минералов (преобладает Ill). Преобладание среди обломков в терригенных

породах алешинской свиты Qz и Pt указывает на рециклированную природу отложений, где основным поставщиком материала были неоднократно переотложенные осадочные породы, образовавшиеся при разрушения магматических и/или метаморфических пород кислого состава. Повышенное содержание Chl, Srp и рутила в породах 2 группы относительно пород 1 группы, а также более низкие содержания Qz могут указывать на вклад обломочного материала ультраосновного состава при накоплении алевропесчаников 2 группы. В чистяковской свите породы разделены на 2 группы. Породы 1 и 2 групп различаются по количеству Qz (75 и 43%), и глинистых минералов (20 и 46%). Среди последних преобладает Pt. Fsp мало, преобладает Or, есть Ab. Отложения чистяковской свиты являются рециклированными отложениями, где среди обломков преобладают Qz и Pt. Небольшая часть представлена песчаниками с равным количеством Qz и смеси Chl с Pt при вкладе калиевого полевого шпата (Kfs), что свидетельствует о присутствии щелочной пирокластике среднего или основного состава. Породы мошакской свиты по минеральному составу делятся на три группы по содержанию Qz (85, 60 и 60%), и глини (10, 35 и 25%). В составе последних в пределах 1 группы Pt преобладает Chl, во 2 группе их поровну, а в 3 группе Chl больше. В породах 3 группы также присутствует Or (~10%). Наиболее распространены породы 1 и 2 групп, являющиеся рециклированными осадками. Породы 3 группы при высоких концентрациях Qz имеют существенный вклад Chl и Kfs, что указывает на примесь туфогенного материала среднего или основного составов повышенной щёлочности.

Выводы, полученные на основе анализа минерального состава песчаников тасеевской серии, согласуются с геохимическими данными. На классификационной диаграмме Бхатии [2] породы всех свит тасеевской серии тяготеют к полю рециклированных осадков. Для всех трёх свит характерно низкое количество  $\text{Na}_2\text{O}$  по сравнению с  $\text{K}_2\text{O}$ , что свидетельствует о вкладе пирокластического материала. На диаграмме Розер-Корше [3] породы из всех трёх свит подобны отложениям внутриконтинентальных обстановок накопления.

Проведено U-Pb датирование методом LA-ICP-MS (ГЕОХИ РАН) детритовых цирконов (Zn) из песчаников трех свит тасеевской серии. Внутреннее строение Zn изучено по CL изображениям, полученным на сканирующем микроскопе LEO 1430VP с приставкой Detector Centaurus (ИГМ СО РАН, Новосибирск). Zn из песчаника алешинской свиты имеют большой разброс U-Pb возрастов, которые равномерно распределены в диапазоне от 900 до 3100 млн лет. Преимущественно удлинённые кристаллы с хорошо видимыми кристаллическими гранями, практически не зональные, характеризуются возрастом на рубеже 1 млрд лет. Две других популяции обширны и возраста в них варьируют в диапазонах от 1,8 до 2 млрд и 2,4 до 3,1 млрд лет. В пробе песчаников чистяковской свиты Zn имеют достаточно большой разброс возрастов в диапазоне от 575 до 2450 млн лет. Значительно представлена самая молодая популяция Zn с возрастом от 500 до 700 млн лет, с двумя пиками на 575 и на 650-700 млн лет. Эти Zn имеют магматическую природу с чёткими кристаллическими формами зёрен и хорошо проявленной осциляторной зональностью. Второй пик возрастов Zn в этой пробе лежит в промежутке от 1600 до 2000 млн лет и проявлен не так явно. Zn из этой группы можно поделить на два типа: первые явно магматические, вторые – изометричные сильно метаморфизованные зёрна без видимой зональности и с текстурами смешения внутри самих зёрен. Несколько Zn из этой пробы имеют возраст 800-850 млн лет и 2,2-2,4 млрд лет. Zn из пробы песчаников мошакской свиты лежат в диапазоне от 650 до 3450 млн лет. Популяция неопротерозойских Zn (прозрачные и имеют осциляторную зональность) находится в

диапазоне 650-1000 млн лет. Два пика в пределах этой группы зёрен Zr можно выделить на отметках в 650 и в 900 млн лет. Большинство же возрастов Zr в этой пробе лежат в промежутке между 1,6 и 2,1 млрд лет, с явным максимумом на отметке в 1,85 млрд лет. Zr разнообразны по форме, степени окатанности и размеру. В ряде зёрен можно наблюдать тонкую метаморфическую кайму. Небольшой пик возрастов лежит в диапазоне 2,45-2,85 млрд лет с максимумом в точке 2,75 млрд лет. Для Zr этой популяции видны значительные метаморфические преобразования их внутренней структуры. Zr мошакской свиты имеют разное распределение возрастов в зависимости от места их отбора: отобранные в районе р. Иркинское в основном молодого возраста (600-890 млн лет), а из Ангарской части - более древние значения (1,6-2,1 млрд лет). Самая молодая популяция обломочных Zr в породах мошакской и чистяковской свит характеризуется возрастом 575 млн лет.

На основе полученных данных можно оценить время накопления отложений тасеевской серии - не древнее 575 млн лет и, следовательно, происходило в венде так как они перекрываются раннекембрийскими фаунистически охарактеризованными отложениями климовской свиты. При накоплении нижней части тасеевской серии - алешинской свиты основными источниками сноса являлись породы палеопротерозоя и неоархея, о чем свидетельствуют две наиболее представительных популяции Zr 1,76-1,86 и 2,4 и 2,6 млрд лет при незначительном вкладе неопротерозойского источника с возрастом 900-960 млн. лет. При седиментации песчаников чистяковской свиты основными становятся неопротерозойские источники, где четко выделяется две хорошо представленных популяции Zr - 575 млн. лет и 600-690 млн. лет при незначительном вкладе источников с возрастом 780 млн. лет. При осадконакоплении обломочных пород мошакской свиты можно отметить следующие особенности. Для иркинского бассейна была характерна денудация в основном неопротерозойских источников (640-680 млн. лет) при подчинённом вкладе палеопротерозойских (1,76-1,86 млрд лет), в то время как в ангарской части (р-н пос. Мотыгино) на денудационной поверхности преобладали палеопротерозойские породы (1,76-1,86 млрд лет), при малом вкладе неоархейских пород (2,75 млрд лет). Неопротерозойские источники были или удалены от бассейна седиментации в этой части бассейна или были локальными, так как вклад их пород был незначительным (675 млн. лет). О том, что все эти источники находились в пределах Сибирской платформы указывают данные по изотопии Sm-Nd в терригенных породах всех трех свит тасеевской серии, где модельный возраст составляет 2,1-2,3 млрд лет при  $\epsilon_{Nd}$  от -4,1 до -7,5.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, грант 18-05-00604.*

#### **Литература:**

1. Розен О.М., Аббясов А.А., Мигдисов А.А., Ярошевский А.А. Программа MINLITH для расчета минерального состава осадочных пород: достоверность результатов в применении к отложениям древних платформ. Геохимия. 2000. №4. С. 431-444.
2. Bhatia M.R., Crook K.A.W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. Contributions to Mineralogy and Petrology. 1986. V.92. P.181-193
3. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio. J. Geology. 1986. V.94. P. 635-650.

**СОВМЕСТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО И  
МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО СИХОТЭ-АЛИНСКОГО РАЗЛОМА**

*Пупатенко В.В.<sup>1</sup>, Бронников А.К.<sup>1</sup>, Рябинкин К.С.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт тектоники и геофизики им Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск, Россия  
[pvv2.dv@gmail.com](mailto:pvv2.dv@gmail.com)

<sup>2</sup>Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты исследования глубинного строения земной коры в районе Центрального Сихотэ-Алинского разлома двумя методами: микросейсмического зондирования и магнитотеллурического зондирования. Указанными методами построены профили длиной 45 км на глубину 9 км. Показано, что полученные данные согласуются и подтверждают практически полное отсутствие современной активности разлома. Совместное использование сейсмических методов и методов электроразведки видится перспективным при изучении глубинного строения земной коры.

Ключевые слова: Центральный Сихотэ-Алинский разлом, метод микросейсмического зондирования, магнитотеллурические зондирования, комплексирование

**JOINT USE OF MICROSEISMIC AND MAGNETOTELLURIC SOUNDING  
METHODS: A CASE STUDY OF CENTRAL SIKHOTE ALIN FAULT**

*Pupatenko V.V.<sup>1</sup>, Bronnikov A.K.<sup>1</sup>, Ryabinkin K.S.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Yu.A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, FEB, RAS, Khabarovsk, Russia,  
[pvv2.dv@gmail.com](mailto:pvv2.dv@gmail.com)

<sup>2</sup>Pacific National University, Khabarovsk, Russia

Abstract. In this paper, we present the results of joint use of two geophysical methods: microseismic sounding and magnetotelluric soundings, for investigation of the deep structure of Central Sikhote Alin Fault. The 45-km long geoelectric and seismological sections down to a 9 km depth have been constructed. It is shown, that the data of two methods correspond well and confirm almost total absence of the recent activity of the fault. We think that the joint use of geoelectric and seismological methods is perspective for the crust deep structure investigations.

Key words: Central Sikhote Alin Fault, method of microseismic sounding, magnetotelluric soundings, complexification

Комплексные геофизические исследования, в которых объект изучается различными методами, представляют особый интерес, поскольку все геофизические методы являются косвенными, а получаемые ими результаты не могут быть непосредственно заверены. В работе приведены результаты совместного использования и интерпретации данных

магнитотеллурического зондирования (МТЗ) и пассивного сейсмического метода – метода микросейсмического зондирования (ММЗ).

Метод МТЗ основан на регистрации колебаний естественного электрического и магнитного полей Земли в широком диапазоне периодов. Это один из основных методов электроразведки, широко применяемый в мире для решения разнообразных геологических задач, чему в немалой степени способствует хорошая разработанность его теории. Для инверсии полевых данных в работе использовалась программа [1].

ММЗ [2, 3] занимает особое место среди пассивных сейсмических методов. В нём используются спектрально-амплитудные характеристики микросейсмических колебаний. Метод позволяет получать только относительные вариации скоростей поперечных волн, однако обеспечивает очень высокую горизонтальную разрешающую способность и хорошо подходит для выделения субвертикальных неоднородностей.

Объектом исследования в настоящей работе выступает северная часть Центрального Сихотэ-Алинского разлома (ЦСАР) – главного и наиболее протяжённого глубинного разлома Сихотэ-Алинского орогенного пояса. Сейсмический и МТЗ-профили были пройдены в районе автомобильной трассы Лидога-Ванино. Измерения ММЗ проводились в 2017 г. на 45 точках со средним расстоянием в 1 км. Профиль МТЗ был пройден за два полевых сезона 2013-2014 гг. и захватывает практически всю автодорогу Лидога-Ванино от р. Амур на западе до побережья Татарского пролива [4].

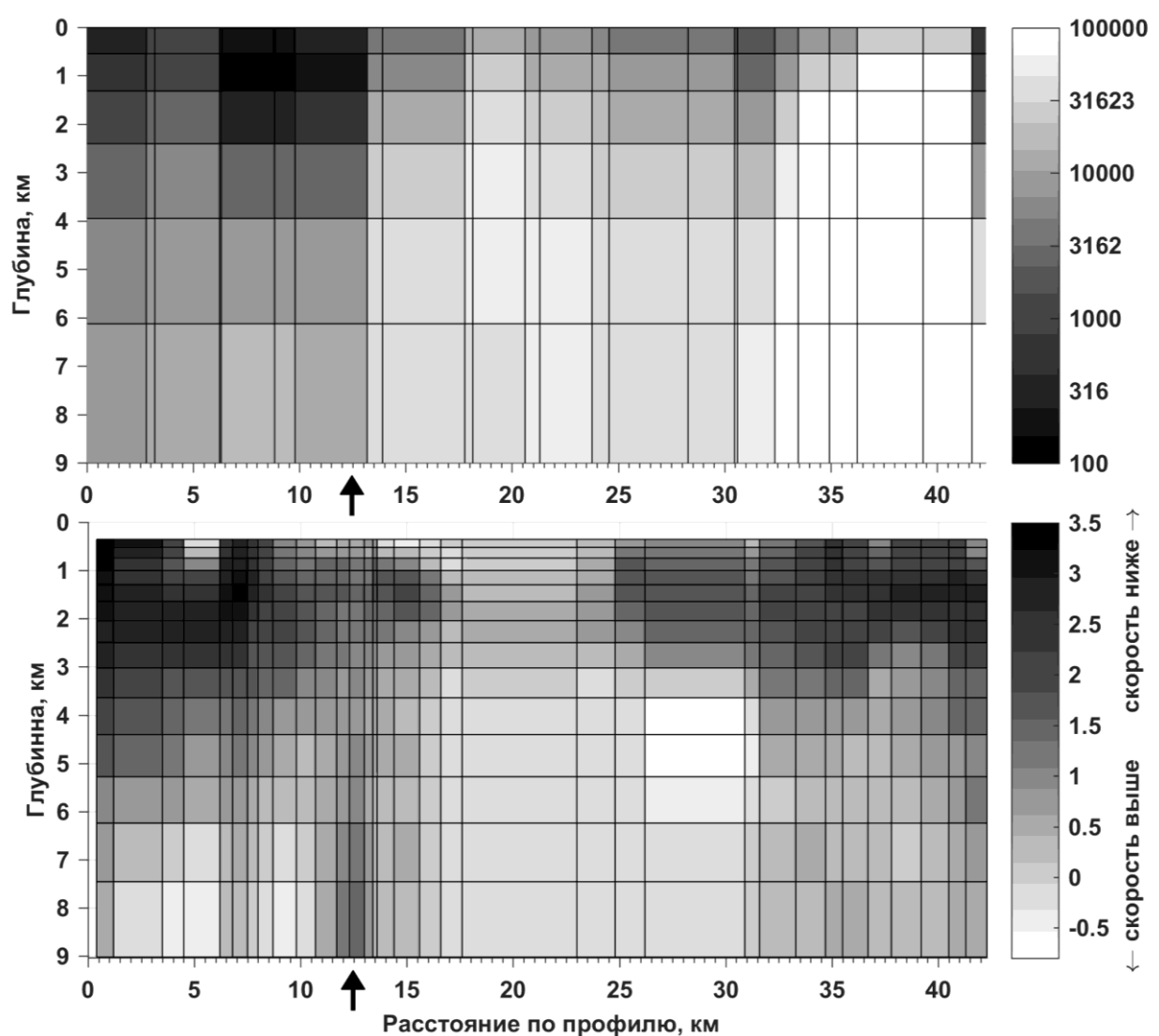
На рисунке 1 приведены построенные геоэлектрический (сопротивление в Ом·м) и сейсмический (относительные скорости поперечных волн) разрезы.

Полученные профили достаточно хорошо согласуются друг с другом. Отмечается совпадение некоторых границ и некоторых локальных аномалий, например, в верхней части разреза на км 0-2, 6-7, 30-32.

ЦСАР (13-й км профиля) отчётливо выражен на обоих профилях: как узкая (около 1,5 км) и практически вертикальная зона пониженных скоростей на ММЗ-профиле и как резкий контраст сопротивлений (в 4-15 раз) на профиле МТЗ. Аналогичным образом выглядят профили на 6-м км профиля (на 7 км северо-западной ЦСАР), хотя указанные эффекты там значительно слабее. На картах в этом районе разломов, даже второстепенных, не нанесено.

Непосредственно в области ЦСАР зона пониженных скоростей узкая, прослеживается, в первую очередь, на глубинах более 4 км, а само понижение скоростей минимально. По результатам МТЗ выявлен только резкий перепад сопротивлений в зоне разлома, но нет обособленных зон низких сопротивлений, по крайней мере на глубинах от 2 км. Эти результаты подтверждают предположения о том, что ЦСАР находится в настоящее время в режиме сжатия [5] и (по крайней мере на данном участке) является «залеченным», не содержит зоны ослабленных или насыщенных флюидами раздробленных пород (по аналогии с похожим разломом Tintina fault в Канаде [6]).

Таким образом, проведённое исследование показало, что для изучения глубинного строения земной коры в разломных зонах может быть недостаточно сейсмических или геоэлектрических данных по отдельности. Совместное же их использование позволяет заверить и более уверенно интерпретировать полученные результаты.



**Рисунок 1 – Геоэлектрический (сверху) и сейсмический (снизу) разрезы в районе Центрального Сихотэ-Алинского разлома (показан стрелкой)**

*Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 16-17-00015).*

**Литература:**

1. Kelbert A., Meqbel N., Egbert G., Tandon K. ModEM: A modular system for inversion of electro-magnetic geophysical data. *Computers & Geosciences*. 2014. V. 66. P. 40–53.
2. Горбатилов А.В., Степанова М.Ю., Кораблев Г.Е. Закономерности формирования микросейсмического поля под влиянием локальных геологических неоднородностей и зондирование среды с помощью микросейсм. *Физика Земли*. 2008. № 7. С. 66–84.
3. Горбатилов А.В., Цуканов А.А. Моделирование волн Рэлея вблизи рассеивающих скоростных неоднородностей. Исследование возможностей метода микросейсмического зондирования. *Физика Земли*. 2011. № 4. С. 96–112.
4. Каплун В.Б., Бронников А.К. Геоэлектрический разрез земной коры и верхней мантии Северного Сихотэ-Алия по данным магнитотеллурических зондирований. *Тихоокеанская геология*. 2017. Т. 36. № 4. С. 18–37.
5. Каплун В.Б. Строение верхней части земной коры вдоль профиля с. Троицкое–с. Лидога–п. Ванино (Северный Сихотэ-Алинь) по данным аудиомантителлурических зондирований. *Тихоокеанская геология*. 2017. Т. 36. № 2. С. 70–85.
6. Zelt C. A., Ellis R. M., Zelt B. C. Three-dimensional structure across the Tintina strike-slip fault, northern Canadian Cordillera, from seismic refraction and reflection tomography. *Geophysical Journal International*. 2006. V. 167. No. 3. P. 1292–1308.



## ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА РУД ЗОЛОТО-СЕРЕБРО-КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО АЛТАЯ

*Пяткова А.П.<sup>1</sup>, Мизерная М.А.<sup>1</sup>, Дьячков Б.А.<sup>1</sup>, Пятков А.В.<sup>2</sup>, Половко М.П.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Восточно-Казахстанский Государственный Технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан,  
[korajiji@mail.ru](mailto:korajiji@mail.ru)

<sup>2</sup> ТОО «Геос», Усть-Каменогорск, Казахстан

<sup>3</sup> ТОО «Казцинк», г.Риддер, Казахстан

Аннотация. Месторождения Рудного Алтая относятся к семейству колчеданных рудных формаций. Здесь выделяются объекты, которые различаются морфологическими особенностями, содержанием и соотношениями рудных компонентов, геолого-тектоническими условиями размещения. Основными рудовмещающими структурами рудных зон являются антиклинали 4 и 5 порядков.

Ключевые слова: сплошные руды, минеральный состав, полиметаллические месторождения, Рудный Алтай.

## MATERIAL COMPOSITION FEATURES OF GOLD-SILVER-PYRITIC-POLYMETALLIC DEPOSITS OF ORE ALTAI

*Pyatkova A.P.<sup>1</sup>, Mizernaya M.A.<sup>1</sup>, Dyachkov B.A.<sup>1</sup>, Pyatkov A.V.<sup>2</sup>, Polovko M.P.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>East Kazakhstan State Technical University of D.Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,  
[korajiji@mail.ru](mailto:korajiji@mail.ru)

<sup>2</sup>LLC «Geos», Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

<sup>3</sup>LLC «Kazzinc», Ridder, Kazakhstan

Abstract. Deposits of Ore Altai belong to pyritic ore formation family. Objects with different morphological features, contents and ratios of ore components, geological and tectonic placement conditions are allocated here. Main ore-containing structures of ore zones are anticlines of the 4 and 5 order.

Key words: solid ores, mineral composition, polymetallic deposits, Ore Altai.

Рудный Алтай является известным геологическим регионом, в котором сосредоточены многие, в том числе крупные, промышленные месторождения меди, свинца, цинка, золота, серебра и других металлов, расположенных в Лениногорском (Риддер-Сокольное, Тишинское и др.), Зыряновском (Малеевское, Зыряновское и др.), Прииртышском (Николаевское, Артемьевское, Орловское), Змеиногорском (Змеиногорское и др.) и Рубцовском (Захароское, Рубцовское) рудных районах, образующих крупный Рудноалтайский медно-полиметаллический пояс [1,2,3].

По представлению многих ученых (И.В. Покровская, О.А. Ковриго, В.В. Авдониин, Х.А. Беспаяев, Г.Ф. Яковлев, В.И. Чернов, Н.И. Еремин, Г.Д. Ганженко, Б.А. Дьячков и др.), колчеданно-полиметаллические руды сформировались синхронно с образованием девонских вулканогенно-осадочных отложений и флюидно-порфировых комплексов в результате воздействия дифференцированных глубинных очагов базальтоидного магматизма [4]. На это указывают признаки субмаринного вулканогенно-осадочного, гидротермально-осадочного рудоотложения, установленные на всех месторождениях этого типа. Последующие процессы метаморфизма значительно преобразовали сформированные структуры и руды, создав тем самым отличительный «алтайский» тип колчеданно-полиметаллического оруденения [5,6].

Территория Рудного Алтая расположена в северо-восточной части Казахстана и характеризуется сложным геолого-тектоническим строением и разнообразной металлогенией.

Для золото-серебро-колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая (Риддер-Сокольное, Ново-Лениногорское, Малеевское, Зыряновское, Артемьевское и др.) характерно линзообразное, пластообразное, плитовидное расположение тел, сложенных преимущественно медно-цинковыми, медно-колчеданными, полиметаллическими, а также золото-серебро-полиметаллическим рудами. Контакты рудных тел преимущественно резкие, четкие.

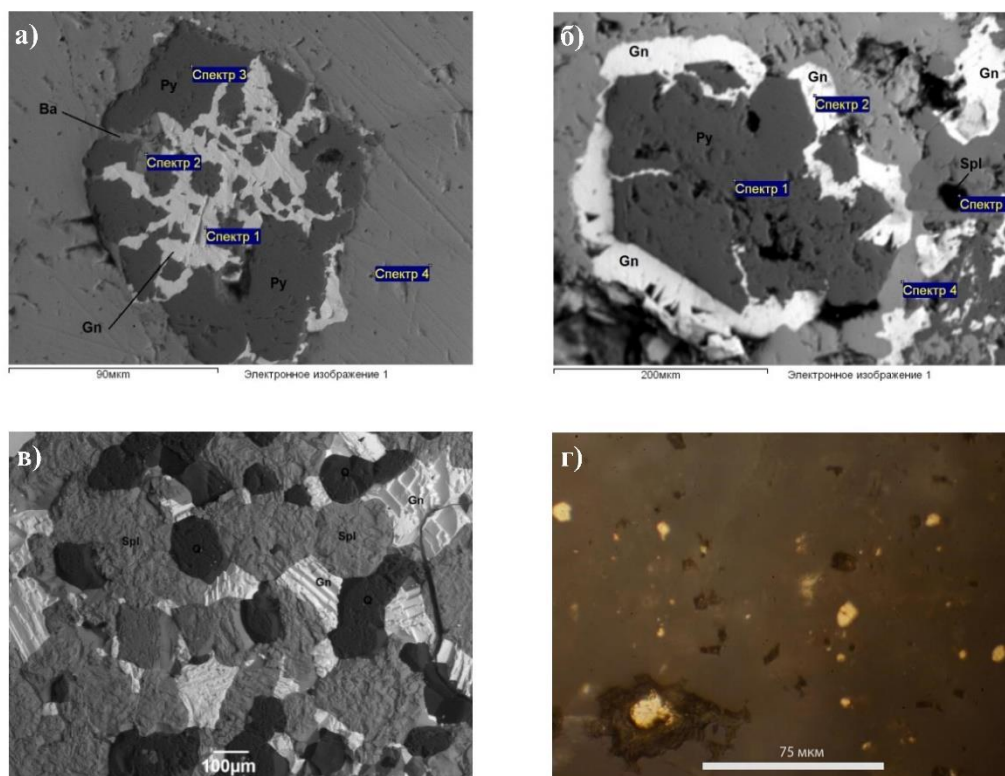
Сплошные руды преобладают над прожилково-вкрапленными. Они сложены массивными колчеданно-полиметаллическими, медно-цинковыми и серноколчеданными рудами. В сплошных рудах выделяются массивные, с отдельными элементами полосчатости, линзовидно-полосчатые и реже брекчиевидные и пятнистые структуры. Вкрапленный тип, развитый в основном в подошве и на флангах рудных тел, представлен прожилковыми, прожилково-вкрапленными и вкрапленными текстурами. Матрицей, вмещающей средой для этого типа руд, являются гибридные породы (95.9%), представленные кварцитами, окварцованными алевролитами, а 4,1% составляют минерализованные порфиры [7,8].

На основании изучения устанавливается, что минеральный состав большинства месторождений довольно однообразен. Главными рудообразующими минералами являются пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, второстепенными – блеклая руда, пирротин, магнетит. Из редких элементов-спутников установлены: самородное золото, серебро, сурьма, висмут, электрум, висмутин, молибденит, кобальтин, пираргирит и др. Среди нерудных наиболее распространены: кварц, хлорит, кальцит, барит, актинолит, тремолит, в меньшей степени – серицит, альбит, эпидот, биотит и др. Часть минералов цветных металлов и элементов-примесей находится в очень тесных взаимных сростаниях друг с другом (рисунок 1) [8,9].

Из редких элементов-спутников установлены: самородное золото, серебро, сурьма, висмут, висмутин, молибденит, кобальтин, пираргирит.

Носителями и концентраторами попутных компонентов служат сульфидные минералы. Поэтому распределение их в пространстве не равномерное и зависит от степени сульфидной насыщенности и характера локализации минеральных типов руд, каждый из которых характеризуется содержанием определенного комплекса элементов.

Высока роль благородных металлов, которые отлагались в течение всего рудообразующего процесса. Золото локализовалось в раннем пирите и арсенопирите. Содержание золота в гидротермалитах 0,п-первые г/т.



**Рисунок 1 - а, б, в - сростки минералов руд Малеевского полиметаллического месторождения; г - золото в пиритах Риддер-Сокольное месторождение**

В колчеданно-полиметаллических телах содержание золота составляет первые г/т. Серебро в полиметаллических рудах накапливается на верхних горизонтах и в центральных фрагментах рудных залежей. Участки, богатые серебром, располагаются в залежах с повышенным содержанием блеклых руд, галенита, карбонатов и барита [10].

#### Литература:

1. Беспаяев Х.А., Полянский Н.В., Ганженко Г.Д., Дьячков Б.А., Евтушенко О.П., Ли Тянь Дэ. Геология и металлогения Юго-Западного Алтая (в пределах территории Казахстана и Китая). Алматы: Гылым. 1997. 288 с.
2. Горжевский Д.И., Чекваидзе В.Б., Исакович И.З. Типы полиметаллических месторождений Рудного Алтая, их происхождение и методы поисков. М.: Наука. 1977. 197 с.
3. Дьячков Б.А., Ганженко Г.Д., Сапаргалиев Е.М. Геодинамические обстановки формирования рудоносных структур Большого Алтая. Алматы, «КазГео». 2016. С. 9-21.
4. Пяткова А.П., Мизерная М.А., Мирошникова А.П., Черненко З.И. Особенности формирования VMS месторождений в Рудном Алтае на примере месторождений Артемьевское и Малеевское. Корреляция алтаид и уралаид. Новосибирск, Изд-во СО РАН. 2018. С. 120-121.
5. Рафаилович М.С. Геология золота Центральной Азии: эволюция, метасоматические формации, взрывные брекчии. Алматы. 2013. 423 с.
6. Щерба Г.Н., Дьячков Б.А., Стучевский Н.И. и др. Большой Алтай: (геология и металлогения). В 3 кн. Кн.1.Геологическое строение. Алматы: Гылым. 1998. 304 с.
7. Щерба Г.Н., Беспаяев Х.А., Дьячков Б.А. и др. Большой Алтай:(геология и металлогения). В 3 кн. Кн. 2. Металлогения. Алматы: РИО ВАК РК. 2000. 400 с.
8. Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Алматы: Наука. 1977. 303 с.
9. Chekalin V.M., Dyachkov B.A. Rudny Altai base-metal belt: localization of massive sulfide mineralization. *Geology of Ore Deposits*. 2013. Vol. 55. №6. P.513-532.
10. Dyachkov B., Mizernaya M., Kuzmina O., Zimanovskaya N., Oitseva T. Tectonics and metallogeny of East Kazakhstan. *Tectonics. Problems of Regional Setting*. IntechOpen Limited. London. 2018. P.67-84.

## ПАЛЕТЕКТОНИКА ЧУВАШИИ И НОВАЯ МОДЕЛЬ РЕГИОНАЛЬНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

*Рахимов Т.М.*

ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова», Чебоксары, Россия,

[rakhimovuser@gmail.com](mailto:rakhimovuser@gmail.com)

Аннотация. На основе сейсморазведочных данных выполнен палеотектонический анализ строения территории. Указано на унаследованный характер геологического разреза с дифференциацией в определённые эпохи (время) геологической истории. Реконструкции геологической истории учитывают изменение палеогеографической обстановки. Предложена новая модель регионального геологического строения, требующая подтверждения глубоким бурением и пересмотра изданных геологических карт.

Ключевые слова: геологическая модель, палеотектоника, реконструкции, Чувашия.

## CHUVASHIA PALETTECONIC AND NEW MODE REGIONAL GEOLOGICAL STRUCTURE

*Rakhimov T.M.*

Chuvash State University, Cheboksary, Russia

[rakhimovuser@gmail.com](mailto:rakhimovuser@gmail.com)

Abstract. On the basis of seismic data, a paleotectonic analysis of the structure of the territory was carried out. It indicates the inherited nature of the geological section with differentiation in certain epochs (time) of geological history. Reconstruction of geological history takes into account the change in the paleogeographic situation. A new model of a regional geological structure is proposed, which requires confirmation by deep drilling and revision of published geological maps.

Key words: geological model, paleotectonics, reconstruction, Chuvashia.

Геологическая модель исследуемой территории приводится на основе анализа материалов сейсморазведки (структурных схем, сейсмостратиграфических разрезов, др.) в комплексе с имеющимися данными глубокого бурения [1].

На временных сейсмических разрезах практически непрерывно прослеживаются динамически выраженные отражающие горизонты (ОГ), приуроченные к горизонтам литолого-стратиграфических комплексов, развитым в Урало-Поволжье. Опорные ОГ: AR (кристаллический фундамент – поверхность), D<sub>3tm</sub> (верхний девон – кровля тиманского горизонта), C<sub>1ip</sub> (нижний карбон – яснополянский надгоризонт – кровля бобриковско-тульских отложений), C<sub>2vr</sub>, (средний карбон – подошва верейского горизонта), P<sub>1</sub> (кровля эрозионной поверхности нижней перми). Соответственно выделяются следующие сейсмостратиграфические комплексы: докембрийский фундамент, рифей-вендский (?) и живетско-нижнефранский терригенные комплексы; нижнефранско-турнейский, визейско-

серпуховский и верейско-нижнепермский преимущественно карбонатные комплексы, разделенные толщами преимущественно терригенных отложений соответственно бобриковско-тульского и верейского возрастов.

Опорные отражения, соответствующие реальным геологическим границам, совпадают с поверхностями выравнивания: ОГ  $D_{3tm}$  – соответствует трансгрессивному этапу развития, установившемуся стабильному  $D_{3tm}$  морскому режиму, что подтверждается хорошей выдержанностью вышележащих слоёв; ОГ  $C_{1ip}$  – соответствует спокойному трансгрессивному этапу развития территории; ОГ  $C_{2vr}$ , – соответствует указанным выше требованиям; ОГ  $P_1$  – эпоха завершения спокойного развития территории и может быть принята за поверхность выравнивания. В основу палеотектонического анализа положены схемы изопакит ( $\Delta H$ ) между ОГ: AR и  $D_{3tm}$ ,  $D_{3tm}$  и  $C_{1ip}$ ,  $C_{1ip}$  и  $C_{2vr}$ ,  $D_{3tm}$  и  $C_{2vr}$ ,  $C_{2vr}$  и  $P_1$ ,  $C_{1ip}$  и  $P_1$ ,  $D_{3tm}$  и  $P_1$ . Метод «мощностей» предполагает, что мощности толщ между поверхностями выравнивания отображают сумму движений, которые зафиксированы сохранившимися отложениями.

Схема изопакит AR- $D_{3tm}$  слабо дифференцирована для всей территории; при этом увеличенные толщины фиксируются на востоке, северо-западе, юго-западе, а минимальные в центре. Характер распределения толщин отложений терригенного девона свидетельствует о том, что в додевонское время, вплоть до начала тиманского времени, основная часть территории характеризовалась восходящими движениями. Схема изопакит между ОГ  $D_{3tm}$  и  $C_{1ip}$  характеризует эпоху, отличительной чертой которой был преимущественно морской режим с карбонатным типом осадконакопления. В центральной части мозаичная картина с тенденцией к увеличению толщин отложений. На юго-западе (скв. Порецкая-1 и скв. Алатырская 2) – 570-600 м, а на востоке – 700-730 м. На западной и восточной границах выражен линейный субмеридиональный характер простирания изолиний с большими градиентами (до 5-10 м/км). В этот период (франско-фаменское и турнейское время) большое значение приобретает деятельность организмов в процессе осадконакопления, возникают органогенные постройки (упрощённо «риффы»). Внутрибассейновые седиментационные рифогенные постройки формируются на выступах палеорельефа (приурочены к локальным поднятиям в структуре девона). Схема изопакит между ОГ  $C_{1ip}$  и  $C_{2vr}$  (эпоха от верхневизейского до начала верейского времени) характеризуется преимущественно карбонатными осадками открытого мелководного моря с почти полным отсутствием дифференциации рельефа морского дна. Изменение толщин осадков подчиняется практически тем же закономерностям, но с меньшей амплитудой изменений: от 100 м на западе и до 200 м на востоке. Схема изопакит между ОГ  $D_{3tm}$  и  $C_{2vr}$  показывает на суммарный эффект тектонических движений, которые были в эти две эпохи однонаправленными. Перепад суммарных толщин с запада на восток от 680 до 880 м. Схема изопакит между ОГ  $C_{2vr}$  и  $P_1$  характеризуется сульфатно-карбонатным типом осадконакопления (циклы), а эпоха завершается длительным периодом воздымания территории и частичным размывом поверхности. На схеме выделяются Порецкий приподнятый блок, Марпосадско-Карлинская зона с увеличенными толщинами осадков, центральная часть имеет более устойчивый характер осадконакопления. На схеме изопакит между ОГ  $C_{1ip}$  и  $P_1$  выделяются те же зоны с теми же характеристиками. Схема изопакит  $D_{3tm}$  и  $P_1$  представляет собой суммарный результат тектонических движений за огромный промежуток времени (геологической истории).

В современном структурном плане территория Чувашии по поверхности фундамента имеет достаточно сложную картину (Рис. 1). Выделяются: на западе –

Сундырский выступ; в центральной части – Вурнарский грабенообразный прогиб, с которым связывается наличие промежуточного рифей-вендского (?) комплекса; на востоке – Марпосадско-Карлинская зона (наиболее погруженная субмеридионального простириания); в южной части – Порецкая приподнятая зона (юго-запад), с простирианием, близким к субмеридиональному и Алатырская вершина (юго-восток), имеет погружение на юг (в сторону Ульяновской области). По поверхности тиманского горизонта в современном плане наблюдаются те же структурные элементы, что и по поверхности фундамента. По поверхности терригенных отложений нижнего карбона сохраняется общий план, характерный для фундамента и тиманского горизонта, но появляются и отличия. По верейскому горизонту наблюдаются дальнейшие изменения. По поверхности нижней перми происходит видимое упрощение структурного плана, а наметившиеся ранее тенденции получают развитие. Так характер отметок по линии запад-восток изменяется на противоположный знак: Алатырский блок глубже по поверхности нижней перми района Урмарского вала на 70-80 м, а по фундаменту перекус в обратном направлении более чем на 350 м. То есть имеют место инверсионные процессы и формы в палеорельефе: Ульяновско-Алатырская древняя палеовершина Токмовского свода уже не проявляется (на её месте образовалась моноклираль).



Рисунок 1 – Структурно-тектоническая схема

#### Литература:

1. Рахимов Т.М., Никонорова И.В. Геологическая модель территории Чувашии на основе эволюционной (палеогеографической) реконструкции. Научные ведомости Белгородского государственного университета (Серия «Естественные науки»). 2018. Т. 42. № 1. С. 44 – 55.

**ЗАЧЕМ ГЕОЛОГУ MEGASCIENCE?**

*Ращенко С.В.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[rashchenko@igm.nsc.ru](mailto:rashchenko@igm.nsc.ru)

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера, Новосибирск, Россия

Новосибирский государственный университет, Россия

Аннотация. В докладе будут освещены возможности современных megascience-установок для исследования вещества применительно к задачам наук о Земле.

Ключевые слова: megascience, синхротронное излучение, нейтронное излучение

**WHY GEOSCIENCE NEEDS MEGASCIENCE?**

*Rashchenko S.V.*

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

[rashchenko@igm.nsc.ru](mailto:rashchenko@igm.nsc.ru)

Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, Russia

Novosibirsk State University, Russia

Abstract. The experimental possibilities of modern large-scale facilities for applications in geoscience will be discussed.

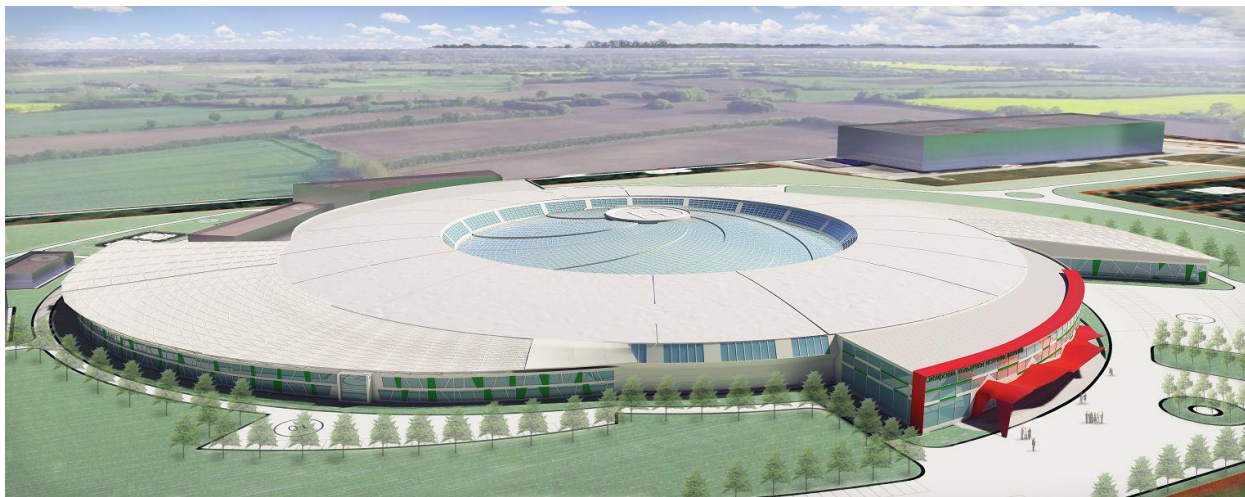
Key words: megascience, synchrotron radiation, neutron radiation

Одним из важных направлений развития современных физико-химических методов исследования вещества является создание специализированных пользовательских megascience-установок, реализующих аналитические возможности, недоступные в лабораторных условиях. К таким установкам относят:

- Источники синхротронного излучения (кольцевые ускорители электронов)
- Источники нейтронного излучения (исследовательские реакторы и ускорители протонов)
- Лазеры на свободных электронах

Последние 10 лет стали революционными для пользовательских megascience-установок. В частности, были запущены первые источники нейтронов на базе протонных ускорителей SNS (США) и J-PARC (Япония) и первые рентгеновские лазеры на свободных электронах LCLS (США), SACLA (Япония) и XFEL (Германия), создана и реализована на источнике MAX-IV (Швеция) технология источников синхротронного излучения 4-го поколения (Рис. 1).

Появление столь сложных и совершенных инструментов для исследования вещества требует постановки принципиально новых задач с учётом открывающихся возможностей по изучению быстропротекающих процессов, наноразмерных объектов, вещества в экстремальных условиях и т.п., в том числе и в области наук о Земле.



**Рисунок 1 – Проект источника синхротронного излучения 4-го поколения «Сибирский кольцевой источник фотонов» (СКИФ).**



## СУЛЬФИД-СУЛЬФАТ-ФОСФАТНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ОРТОПИРОКСЕНИТЕ ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ “УДАЧНАЯ”

*Резвухин Д.И., Корсаков А.В.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[m.rezvukhin@igm.nsc.ru](mailto:m.rezvukhin@igm.nsc.ru)

Аннотация. Изучены расплавные включения и материал интерстиций в ксенолите мантийного ортопироксенита из кимберлитовой трубки “Удачная-Восточная”, Якутия. Особый интерес представляют соединения серы и фосфора: джерфишерит, кобальтсодержащий пентландит (до 13,8 мас.% Co), барит, апатит и Ba-Na-Mg фосфат. В ксенолите эти минералы ассоциируют с силикатами (оливин, флогопит, амфибол, серпентин), карбонатами (кальцит, доломит) и оксидами (перовскит, ильменит, хромшпинель, магнетит). Характерная минеральная ассоциация и наличие джерфишерита свидетельствуют об инфильтрации кимберлитового расплава и, вероятно, позднего метасоматического флюида. Кристаллизация минералов проходила при высокой активности летучих компонентов (S, P, Cl, F, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>).

Ключевые слова: сульфид, сульфат, фосфат, джерфишерит, расплавное включение, кимберлитовая трубка Удачная

## SULFIDE-SULPHATE-PHOSPHATE MINERALIZATION IN THE ORTHOPIROXENITE FROM THE UDACHNAYA KIMBERLITE PIPE

*Rezvukhin D.I., Korsakov A.V.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

[m.rezvukhin@igm.nsc.ru](mailto:m.rezvukhin@igm.nsc.ru)

Abstract. Melt inclusions and interstitial material in the mantle orthopyroxenite xenolith from the Udachnaya-East kimberlite pipe (Yakutia) were studied. Of particular interest are sulfur and phosphorus compounds: djerfisherite, Co-bearing pentlandite (up to 13.8 wt% Co), barite, apatite, and Ba-Na-Mg phosphate. Silicates (olivine, phlogopite, amphibole, serpentine), carbonates (calcite, dolomite), and oxides (perovskite, ilmenite, Cr-spinel, magnetite) are associated minerals. The characteristic mineral suite and the presence of djerfisherite indicate the infiltration of kimberlitic melt and perhaps late-stage metasomatic fluid. The crystallization of minerals was attended by a high activity of volatile components (S, P, Cl, F, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>).

Key words: sulfide, sulphate, phosphate, djerfisherite, melt inclusion, Udachnaya kimberlite pipe

Серa и фосфор являются умеренно летучими элементами, играющими важнейшую роль во фракционировании и транспорте металлов в коре и мантии Земли. Однако участие серы и фосфора в мантийных метасоматических процессах, а также в процессах кимберлитового магматизма, остается недостаточно изученным. В последнее десятилетие

повышенное внимание уделялось джерфишериту – хлорсодержащему сульфиду калия ( $K_6Na(Fe,Ni,Cu)_{24}S_{26}Cl$ ) – который встречается в щелочных ультрабазитах и карбонатитах, но особенно характерен для мантийных ксенолитов, вынесенных кимберлитовыми расплавами. В данной работе мы приводим новые данные о минералах серы и фосфора, встреченных в расплавных включениях и интерстиционном пространстве в ортопироксените из кимберлитовой трубки “Удачная”, Далдыно-Алакитское кимберлитовое поле, Сибирский кратон.

Ортопироксенит имеет грубозернистую структуру и состоит из крупных (1-10 мм) кристаллов энстатита ( $Mg\#=91$ ). В краевой части образца обнаружены большие (до 2 мм) расплавные обособления, расположенные вдоль интерстиций и имеющие вторичное происхождение по отношению к ортопироксениту (Рис.1, а-в), что подтверждается наличием реакционной каймы. Продукты кристаллизации расплавных включений состоят из оливина, серпентина, кальцита, доломита, флогопита, Са-К-На амфибола, титансодержащего хромшпинелида, перовскита, ильменита; сульфиды (джерфишерит, пентландит), апатит, барит, а также магнетит представлены в подчиненном количестве и образуют мелкие ( $< 30$  мкм) вкрапления. Характерной особенностью включений является серпентинизация, которая проявлена в их центральной части, в то время как оливин образует идиоморфные кристаллы размером до 50 мкм, часто обрамляющие серпентин. Интерстиционный материал в ортопироксените представлен сходным минеральным составом, а также рутилом, обогащенным марганцем (до 17.5 мас.% MnO) ильменитом, необычным Ва-На-Mg фосфатом и очень редким бариевым титанатом реддледжеитом ( $BaCr^{3+}_2Ti_6O_{16}$ ).

Джерфишерит содержит (мас.%) 41.0-43.9 Fe, 7.7-13.0 Ni, 1.5-5.0 Cu, до 0.6 Co, 9.0-9.3 K, 33.0-34.0 S, 1.2-1.4 Cl. Характерной особенностью пентландита является существенная примесь кобальта (до 13.8 мас.% Co, Табл. 1). Барит близок к стехиометрическому составу. Апатит имеет в составе воду, фтор (до 2 мас.% F<sup>-</sup>), а также примесь стронция (до 1.9 мас.% SrO). Изучение Ва-На-Mg фосфата оказалось сложной задачей из-за очень маленького размера ( $< 10$  мкм) зерен; он образует частицы неправильной формы, а также кристаллы гексагонального габитуса, которые могут быть псевдоморфозой по апатиту. Минерал содержит (мас.%)  $\sim 33$  ВаО,  $\sim 15$  Na<sub>2</sub>O,  $\sim 11$  MgO,  $\sim 32$  P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, что примерно соответствует кристаллохимической формуле  $Na_2MgBa(PO_4)_2$ . Минерал с похожим составом был найден в ультракалийевой дайке Квалойа, Норвегия (Зозуля и др., 2010).

В настоящее время генезис джерфишерита в мантийных ксенолитах связывается с взаимодействием между нодулями и кимберлитовым расплавом. На это указывают, в частности, каймы джерфишерита на ранее образованных сульфидах (Шарыгин и др., 2012). Расплавные включения, изученные в ходе настоящей работы, состоят из характерных для кимберлита минералов, что свидетельствует об инфильтрации кимберлитового расплава. Воздействие позднего метасоматического флюида, который мог быть генетически связан с кимберлитовым магматизмом (автометасоматоз), проявляется в серпентинизации, обогащении ильменита марганцем (характерно для поздних изменений ильменита кимберлитов и мантийных ксенолитов), а также замещении рутила по краю реддледжеитом. С поздним метасоматическим этапом, вероятнее всего, связана и кристаллизация других богатых барием минералов – барита и неидентифицированного Ва-На-Mg фосфата. Отметим, что интенсивное развитие в ксенолите сульфидов, сульфатов и фосфатов, а также водосодержащих силикатов и карбонатов, указывает на высокую концентрацию летучих

компонентов (соединения S и P, F, Cl, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) в материнских расплаве/флюиде, действовавших на ортопироксенит.

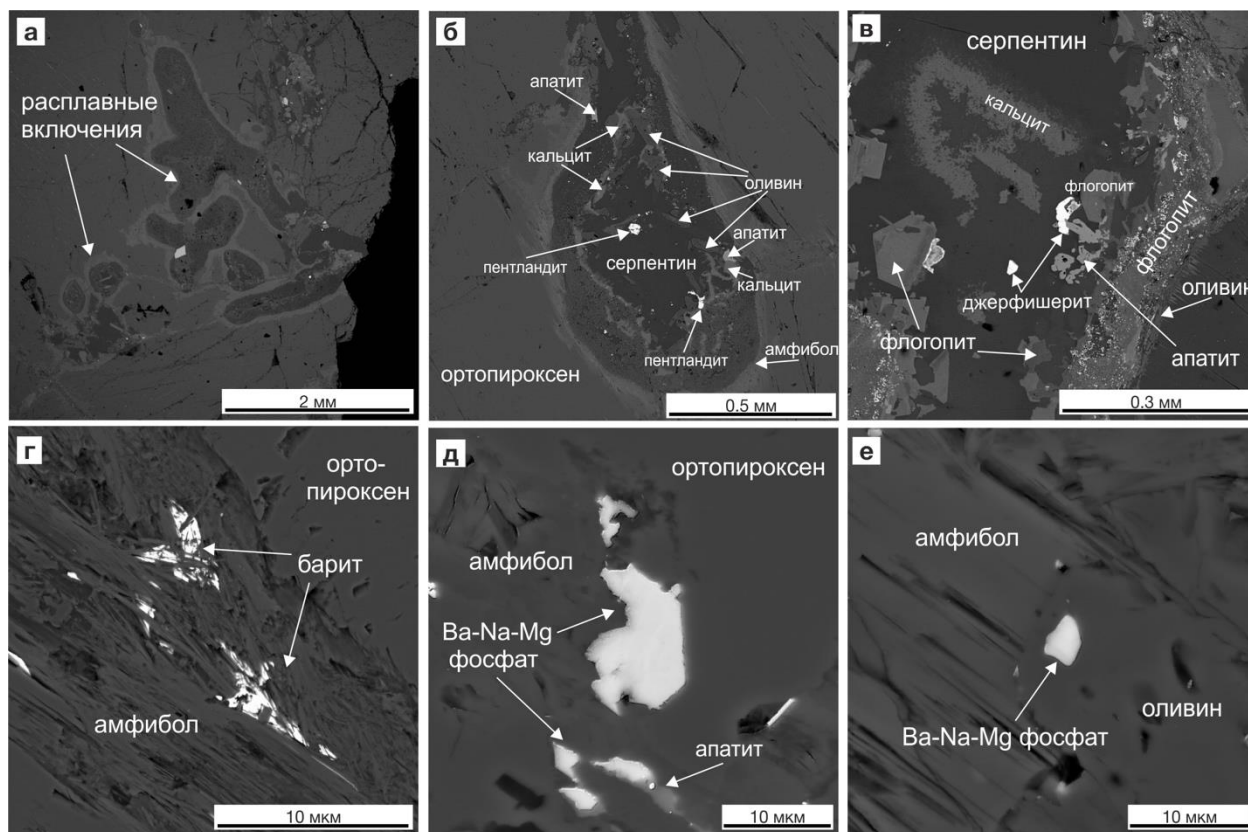


Рисунок 1 - а-в – расплавные включения в ортопироксене и их минеральный состав; г-е – барит и Ва-Na-Mg фосфат в интерстициях между зернами ортопироксена. Изображения в обратно-рассеянных электронах.

Таблица 1. Представительные химические составы сульфидов

Элемент	Дж1	Дж2	Пн1	Пн2
Fe	43,92	40,96	30,07	24,14
Ni	7,70	12,96	34,12	28,33
Cu	4,61	1,64	–	–
Co	0,64	0,28	3,45	13,84
K	9,03	9,29	–	–
S	33,65	33,47	32,08	34,05
Cl	1,28	1,36	–	–
Сумма	100,83	99,96	99,72	100,36

Дж – джерфишерит; Пн – пентландит

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-05-00643

#### Литература:

1. Зозуля Д. Р., Савченко Е. Э., Куллеруд К., Равна Е. К., Лялина Л. М. Уникальная акцессорная Ti-Va-P минерализация ультракалийевой дайки Квалойя, Северная Норвегия. Записки Российского минералогического общества. 2010. Т. 139. № 2. С. 101-112.
2. Шарыгин И. С., Головин А. В., Похиленко Н. П. Джерфишерит в ксенолитах деформированных перидотитов трубки Удачная-Восточная, Якутия: проблемы происхождения и связь с кимберлитовым магматизмом. Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 3. С. 321-340.

## ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ СОЕДИНЕНИЙ СОСТАВА $\text{Ca}_{2-x}\text{Cd}_x\text{Sb}_2\text{O}_7$ СО СТРУКТУРОЙ ПИРОХЛОРА

*Реутова О.В.<sup>1</sup>, Редькин А.Ф.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия,

[reutova.olia@yandex.ru](mailto:reutova.olia@yandex.ru)

<sup>2</sup>Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка, Россия

Аннотация. Соединения состава  $\text{Cd}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$  и  $\text{CaCdSb}_2\text{O}_7$  со структурой пирохлора были получены гидротермальным синтезом. Для полученных кристаллов проведён рентгенофазовый анализ, определены параметры элементарной ячейки и получены снимки на электронном сканирующем микроскопе. Установлено, что из смесей, содержащих  $\text{Ca}^{2+}$  при 800°C и давлении 2 кбар устойчиво образуется веберит. Подобные соединения (ромеиты и вебериты) рассматриваются в качестве перспективных материалов для изготовления полупроводников (Biao-Rong 1988, Zarbin & Alves 1994), в связи с чем они интересны для изучения.

Ключевые слова: гидротермальное синтез, структура пирохлора, группа ромеита

## HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF $\text{Ca}_{2-x}\text{Cd}_x\text{Sb}_2\text{O}_7$ COMPOUNDS WITH PYROCHLORE STRUCTURE

*Reutova O.V.<sup>1</sup>, Redkin A.F.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, [reutova.olia@yandex.ru](mailto:reutova.olia@yandex.ru)

<sup>2</sup>Institute of Experimental Mineralogy Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Russia,

[redkin@iem.ac.ru](mailto:redkin@iem.ac.ru)

Abstract. Compounds of the composition  $\text{Ca}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$  and  $\text{CaCdSb}_2\text{O}_7$  with pyrochlore structure, were obtained by the hydrothermal synthesis. For the crystals obtained, the XRD analysis was performed, the parameters of the unit cell were determined and the images were obtained on an electronic scanning microscope. It was found that weberite stably forms from  $\text{Ca}^{2+}$  bearing mixtures at 800 °C and 2 Kb. Such compounds (romeite and weberite) are considered as promising materials for semiconductor production (Biao-Rong 1988, Zarbin & Alves 1994), and they are interesting for study.

Key words: hydrothermal synthesis, pyrochlore structure, romeite group

По современной минералогической классификации соединения с общей формулой  $\text{A}_2\text{-}_m\text{B}_2\text{X}_{6-w}\text{Y}_{1-n}$ , кристаллизующиеся в структурном типе пирохлора, объединяют в надгруппу пирохлора (Atencio et al. 2010). Структурный тип (пр. группа  $Fd\bar{3}m$ ) в общем виде может быть представлен как две трёхмерных пересекающихся сети из цепей  $\text{BX}_6$ -октаэдров и  $\text{AX}_8$ -полиэдров (для катионов в позиции А КЧ=8, в позиции В КЧ=6). В пределах

надгруппы выделяется группа ромеита, включающая соединения, где позицию В занимают катионы  $Sb^{5+}$ .

В данном исследовании производился гидротермальный синтез ромеитов с катионами  $Ca^{2+}$  и  $Cd^{2+}$  в позиции А в различных соотношениях. В ранних публикациях (Zarbin & Alves 1994, Brisse et al. 1972) сообщалось, что эти соединения можно получить путём обменных реакций между сурьмяной кислотой  $H_2Sb_2O_6 \cdot 1.5H_2O$  и солями металлов. Также сообщалось об успешном синтезе  $Cd_2Sb_2O_7$  со структурой пирохлора путём твердофазной реакции из оксидов  $CdO$  и  $Sb_2O_3$ , в то время как попытки синтезировать этим методом  $Ca_2Sb_2O_7$  приводили к образованию соединения со структурой веберита (Brisse et al. 1972). Используемый в данной работе гидротермальный метод, в отличие от метода твердофазных реакций, создаёт среду для активного массопереноса и позволяет свести к минимуму количество непрореагировавших компонентов, а небольшая продолжительность экспериментов (24 и 12 часов) позволяет предотвратить восстановление  $Sb^{5+}$  до  $Sb^{3+}$  в образующихся соединениях.

В качестве прекурсоров использовались оксиды  $CaO$ ,  $CdO$  и  $Sb_2O_5$ . Было проведено две серии опытов: в первой из порошков оксидов было приготовлено 3 смеси, отвечающих стехиометрии  $Ca_2Sb_2O_7$ ,  $CaCdSb_2O_7$  и  $Cd_2Sb_2O_7$ ; во второй серии смеси соответствовали стехиометрии  $Ca_2Sb_2O_7$ ,  $CaCdSb_2O_7$ ,  $Ca_{0.5}Cd_{1.5}Sb_2O_7$ ,  $Ca_{1.5}Cd_{0.5}Sb_2O_7$ . Синтез кристаллов производился в запаянных платиновых ампулах на гидротермальной установке высокого давления УВД-М. Для первой серии опытов длительность эксперимента составила 22 часа при температуре  $800^\circ C$  и давлении 2 кбар, для второй серии время эксперимента было сокращено до 12 часов.

Продукты опытов представлены мелкими кристаллами 2-10 мкм бледно-зелёного цвета для  $Cd_2Sb_2O_7$  и белого цвета для соединений, содержащих  $Ca^{2+}$  и  $Cd^{2+}$ . Рентгенофазовый анализ образцов (рис.1) проведен на порошковом дифрактометре Bruker D2 PHASER в ИЭМ РАН инженером-исследователем Докиной Татьяной Николаевной. Съёмка велась на излучении  $Co-K\alpha$  при  $\theta=5-40^\circ$ . На основании данных рентгенограмм были рассчитаны параметры элементарной ячейки (ПЭЯ) для этих соединений (Табл. 1).

**Таблица 1. ПЭЯ соединений, полученных в системе  $Ca_{2-x}Cd_xSb_2O_7$  при  $800^\circ C$  и 2 кбар в воде. Длительность опытов составляла 22 (номера без метки) и 12 (метка - \*) часов.**

№	Состав	$a_0$	$b_0$	$c_0$
R3	$Cd_2Sb_2O_7$	10.264(3)		
R31*	$Cd_2Sb_2O_7$	10.267(3)		
R5	$Cd_{1.5}Ca_{0.5}Sb_2O_7$	10.28(2) 7.263(3)	10.230(3)	7.444(3)
R1; $T < 800^\circ C$ ?	$CdCaSb_2O_7$	10.277(4)		
R11	$CdCaSb_2O_7$	7.281(3)	10.252(3)	7.459(3)
R12*	$CdCaSb_2O_7$	7.272(3)	10.250(3)	7.447(2)
R6	$Cd_{0.5}Ca_{1.5}Sb_2O_7$	7.276(3)	10.248(3)	7.455(3)
R41*	$Ca_2Sb_2O_7$	7.248(3)	10.307(3)	7.458(3)
R411*	$Ca_2Sb_2O_7$	7.284(3)	10.296(3)	7.433(3)

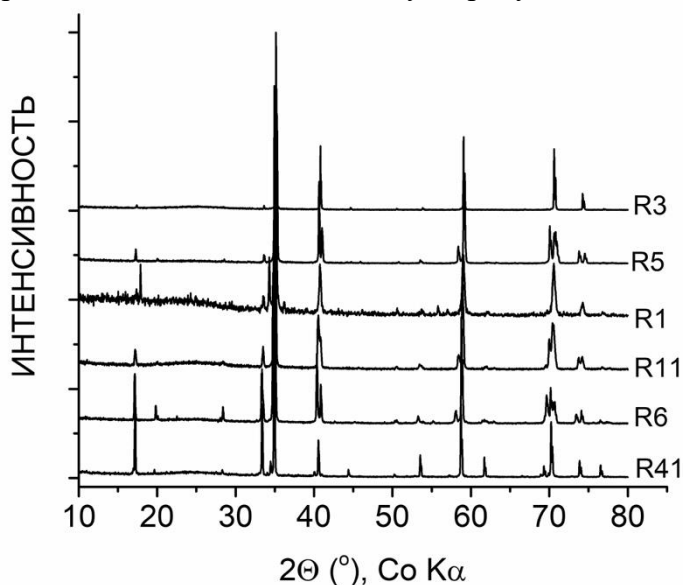
Согласно литературным данным (Brisse, 1972, Irfan, 2018) для ромеита  $Ca_2Sb_2O_7$  даются значения  $a_0=10.321(8)-10.324 \text{ \AA}$ , а для  $Cd_2Sb_2O_7$   $a_0=10.18-10.27 \text{ \AA}$ . Данные ПЭЯ пирохлоров группы ромеита коррелируют с ионными радиусами катионов в позиции А: для  $Ca^{2+}$   $r=1.26 \text{ \AA}$ , для  $Cd^{2+}$   $r=1.24 \text{ \AA}$  (Shannon, 1976). Отметим, что из всех смесей, содержащих  $Ca^{2+}$  при  $800^\circ C$  и 2 кбар образуется веберит с параметрами элементарной

ячейки (a0, b0, c0) представленными в табл. 1. Исключением является опыт, проведенный со смесью  $\text{CaCdSb}_2\text{O}_7$ , в котором ампула с реакционной смесью могла находиться при  $T < 800^\circ\text{C}$ .

Исследования продуктов опытов, выполненные на электронном сканирующем микроскопе TESCAN VEGA II XMU в ИЭМ РАН с/нс Некрасовым Алексеем Николаевичем, показали, что кристаллы  $\text{Cd}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$  представлены октаэдрами - типичной формой пирохлоров, тогда как кристаллы Ca-содержащих веберитов имели округлую форму (рёбра октаэров сглажены).

Для образца  $\text{Cd}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$  проведено исследование методом рентгено-фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) в ИФТТ РАН док. ф.м.н. Ионовым Андрей Михайловичем. В обзорном спектре присутствуют линии характерные для Cd, Sb и O. Разложение спектров Sb  $3d_{5/2}$  состояния ( $530.0 \pm 1.5$  эВ) на составляющие ( $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ) затруднен, т.к. линия кислорода O 1s при энергии связи 531.4 эВ, характерная для адсорбированных соединений (поверхностных загрязнений), и линия при 529.7 эВ, характерная для оксидов, накладываются на линии сурьмы.

Проведенные исследования показали, что оксидные ромеиты, содержащие  $\text{Ca}^{2+}$ , не устойчивы при  $800^\circ\text{C}$  и 2 кбар и превращаются в вебериты. Мы допускаем, что область устойчивости Ca-Cd ромеитов расположена при более низких температурах и, или, необходимы растворы солей, создающие щелочную среду.



**Рисунок 1 - Рентгенограммы продуктов опытов: R41 -  $\text{Ca}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ ; R6 –  $\text{Ca}_{1.5}\text{Cd}_{0.5}\text{Sb}_2\text{O}_7$ ; R11 -  $\text{CaCdSb}_2\text{O}_7$ ; R1 -  $\text{CaCdSb}_2\text{O}_7$ ; R5 –  $\text{Ca}_{0.5}\text{Cd}_{1.5}\text{Sb}_2\text{O}_7$ ; R3 –  $\text{Cd}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ .**

#### Литература:

1. Atencio D., Andrade M.B., Christy A.G., Gieré R., Kartashov P.M. *Can. Mineral.* 2010. V.48. P.673-698.
2. Biao-Rong L. *J. Am. Ceram. Soc.* 1988. V.71. P.78-81.
3. Brisse F., Stewart D.J., Seidl V. and Knop O. *Can. J. Chem.* 1972. V.50. P.3648-3666.
4. Irfan M., Hussain S., Ayaz Khan H., Goumri-Said S., Azam S. *J. Electron. Mater.* 2018. V.47. P.1481-1489.
5. Shannon R.D. *Acta Cryst.* 1976. A32. P.751-767.
6. Zarbin A.J.G., Alves O.L. *J. Mater. Sci. Lett.* 1994. V.13. P.607-608.

**ИЗУЧЕНИЕ КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА Р. ТЕМЕРНИК И СЕВЕРНОГО ВДХР. В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД (В ПРЕДЕЛАХ Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ)**

*Решетняк В.Н., Кучкина А.А.*

Институт наук о Земле Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия,  
[vnresh3@gmail.com](mailto:vnresh3@gmail.com)

Аннотация. В статье рассмотрены особенности кислородного и температурного режимов водных объектов – р. Темерник и Северного водохранилища - в пределах г. Ростова-на-Дону. Приведены закономерности изменения содержания растворенного кислорода и температуры вдоль по течению р. Темерник в летний период. На основе полученных значений, превышений нормативов качества воды по данным показателям не обнаружено.

Ключевые слова: река Темерник, кислородный режим реки, температурный режим, Ростов-на-Дону

**STUDY OF THE OXYGEN REGIME OF R. TEMERNIK AND NORTH RESERVOIR IN THE SUMMER SEASON (WITHIN THE TERRITORY OF ROSTOV-ON-DON)\***

*Reshetnyak V.N., Kuchkina A.A.*

Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia,  
[vnresh3@gmail.com](mailto:vnresh3@gmail.com)

Abstract. The paper describes the features of oxygen and temperature regimes of water objects - r. Temernik and the Northern Reservoir - within the city of Rostov-on-Don. The regularities of the change in the dissolved oxygen concentration and temperature along the current of the river Temernik in the summer are given. The exceeding of water quality standards by these indicators was not found on the basis of the obtained values.

Keywords: Temernik River, oxygen regime of the river, temperature regime of the river, Rostov-on-Don

Темерник – малая равнинная река, протекающая по Ростовской области и являющаяся правым притоком реки Дон в нижней его части. Длина реки – 33 км, из них 18 км проходят по территории г. Ростова-на-Дону. Средний уклон реки Темерник 2,3 %, ширина русла в среднем до 10 м, глубина – 0,3-0,8 м. Река Темерник является естественным приемником поверхностного стока с городской и прилегающей к городу местности с площадью водосбора 293 км<sup>2</sup> [1, 2]. Северное водохранилище расположено на одном из притоков реки Темерник в пределах Северного жилого массива, на берегах располагаются пляж и парк «Дружба». Кроме того, там же расположен храм «Сурб-Хач» с прилегающим к нему парком и родником.

Использование водных ресурсов бассейна Нижнего Дона многопланово: водоснабжение, ирригация, гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство,

рекреационное обслуживание. В связи с этим водная экосистема Нижнего Дона испытывает все возрастающее антропогенное воздействие [3].

Одним из значимых показателей состояния водоема и его загрязненности является температурный и кислородный режим, особенно на городских территориях. Температура и содержание кислорода в воде часто выступают как лимитирующий фактор развития гидробионтов. Содержание растворенного кислорода в воде является одним из основных показателей качества воды. В летний период его содержание не должно опускаться ниже 4,0 мг/дм<sup>3</sup>. Резкое снижение кислорода в воде приводит к заморам рыбы в летний период. Это экологическая проблема возникает на водоемах и водотоках Ростовской области практически каждый год, что обуславливает необходимость мониторинга кислородного режима реки и водоемов.

Целью работы являлось изучение кислородного режима и оценка экологического состояния участка реки Темерник в пределах Северного жилого массива (Северное вдхр.) и Ботанического сада г. Ростова-на-Дону. Исследование выполнено в ходе учебной полевой практики студентов Института наук о Земле в июле 2016 года. Проведены визуальные наблюдения прилегающей территории и гидрохимические исследования р. Темерник и Северного вдхр. Маршрут включал 10 точек наблюдений вниз по течению реки от Северного вдхр. (около родника Сурб-Хач) до Ботанического сада ЮФУ.

Визуальные наблюдения показали высокий уровень антропогенного воздействия на объект исследования – территория балки сильно захламлена бытовым мусором, который в некоторых участках перекрывает русло реки.

Гидрохимические исследования включали в себя измерение *in situ* температуры, pH воды и содержания растворенного в воде кислорода с использованием анализатора жидкости «Эксперт-001» рН-метра-ионометра-БПК-термооксиметра.

Полученные нами результаты приведены в таблице 1. В целом содержание кислорода в воде находится в норме и меняется от 6,70 до 13,0 мг/дм<sup>3</sup>. Значения pH варьируют в пределах слабощелочной реакции от 7,0 до 8,2. Аномально высокое значение концентрации кислорода выявлено в точке 4 в районе моста, где выявлено наибольшее антропогенное воздействие со стороны населения (отдых, ловля рыбы, прогулки с собаками и т.п.).

**Таблица 1. Характеристика температурного и кислородного режима реки Темерник и Северного водохранилища**

№	Местоположение участка	Местоположение точки	T, °C	C(O <sub>2</sub> ), мг/л	pH
1	Северное вдхр. (около родника Сурб-Хач)	Родник	13,8	10,2	7,0
2		Смешение вод родника и водохранилища	14,6	10,4	7,0
3		Выход из заводи	14,9	13,0	7,1
4		Мост	22,6	24,2	8,2
5	р. Темерник (выше Ботанического сада ЮФУ)	Ниже ж/д моста	20,0	7,8	7,6
6		500 м ниже ж/д моста	20,0	7,8	7,6
7	р. Темерник (ниже Ботанического сада ЮФУ)	Ниже моста	21,6	6,7	7,6
8		Перед изгибом	22,3	7,0	7,6
9		До впадения ручья	22,3	7,0	7,6
10		После впадения ручья	22,6	6,9	7,6



В целом наблюдается закономерность уменьшения содержания кислорода в воде с ростом температуры. Самая низкая температура и наибольшее содержание кислорода в воде отмечается в пределах части водохранилища неподалеку от родника, далее с течением реки температура возрастает, и содержание растворенного кислорода снижается. Это можно объяснить воздействием сточных бытовых вод.

Несмотря на то, что превышений нормативов качества вод по рассмотренным показателям не обнаружено, заметна тенденция ухудшения качества воды в реке Темерник по мере стока в неё вод с городской территории. Поэтому важным является проводить мониторинг речных вод в пределах урбанизированных территорий не только по основным загрязняющим веществам, но и по показателям содержания растворенного кислорода и температуры речных вод.

Для улучшения экологической ситуации на водосборной территории р. Темерник необходимо чистить русло ручья и прилегающую территорию от мусора, снизить сброс загрязненных вод с дренажных и ливневых канализаций, провести озеленение прилежащих к ней территорий для предотвращения деградации склонов и повышения самоочищающей способности экосистемы.

Исследование выполнено в рамках работы Студенческого научного общества Института наук о Земле ЮФУ «Современные проблемы экологической геохимии».

#### **Литература:**

1. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 7. Донской район / под ред. Д. Д. Мордухай-Болтовского. Л.: Гидрометеиздат. 1964. 267 с.
2. Государственный водный реестр. Река Темерник <http://textual.ru/gvr/>
3. Бакаева Е. Н., Игнатова Н. А., Динамика токсичности вод малой реки в пределах мегаполиса (р. Темерник, ЮФО). «Живые и биокосные системы». 2014. № 7: <http://www.jbks.ru/archive/issue-7/article-3>.

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ МУАССАНИТА В ГРАФИТСОДЕРЖАЩЕМ  
ОРТОПИРОКСЕНИТЕ ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ УДАЧНАЯ**

*Романенко А.В.<sup>1,2</sup>, Алифирова Т.А.<sup>1</sup>, Михайленко Д.С.<sup>1</sup>, Головин А.В.<sup>1</sup>, Корсаков А.В.<sup>1</sup>,  
Охфуджи Х.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия  
[mikhailenkodenis@gmail.com](mailto:mikhailenkodenis@gmail.com)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск Россия

<sup>3</sup>Геодинамический исследовательский центр, университет Мацуямы, Эхиме, Япония

Аннотация. Впервые диагностированы и изучены включения муассанита в графите мантийного ксенолита гранатового пироксенита из кимберлитовой трубки Удачная. Согласно данным, полученным с помощью просвечивающей электронной микроскопии, кристаллизация муассанита в образце предшествовала образованию графита. Изотопный состав графита (–7,94 ‰) свидетельствует о мантийном источнике углерода. В окислительно-восстановительном режиме породы резко восстановительные условия сменились на умеренно окисленные.

Ключевые слова: Фугитивность кислорода; Графит; Муассанит; Мантийные ксенолиты

**ORIGIN OF MOISSANITE IN GRAPHITE-BEARING ORTHOPYROXENITE FROM  
UDACHNAYA KIMBERLITE**

*Romanenko A.V.<sup>1,2</sup>, Alifirova T.A.<sup>1</sup>, Mikhailenko D.S.<sup>1</sup>, Golovin A.V.<sup>1</sup>, Korsakov A.V.<sup>1</sup>,  
Ohfujji H.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia,  
[mikhailenkodenis@gmail.com](mailto:mikhailenkodenis@gmail.com)

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Geodynamics Research Center, Ehime University, Matsuyama, Ehime, Japan

Abstract. Inclusions of moissanite in graphite from garnet pyroxenite xenolith from Udachnaya kimberlite pipe were first diagnosed and studied. According to the transmission electron microscopy data, the crystallization of the moissanite preceded the formation of graphite. The isotope composition of graphite (–7.94 ‰) indicates a mantle source of carbon. Regarding to the rock redox mode, highly reduced conditions have been changed to moderately oxidized ones.

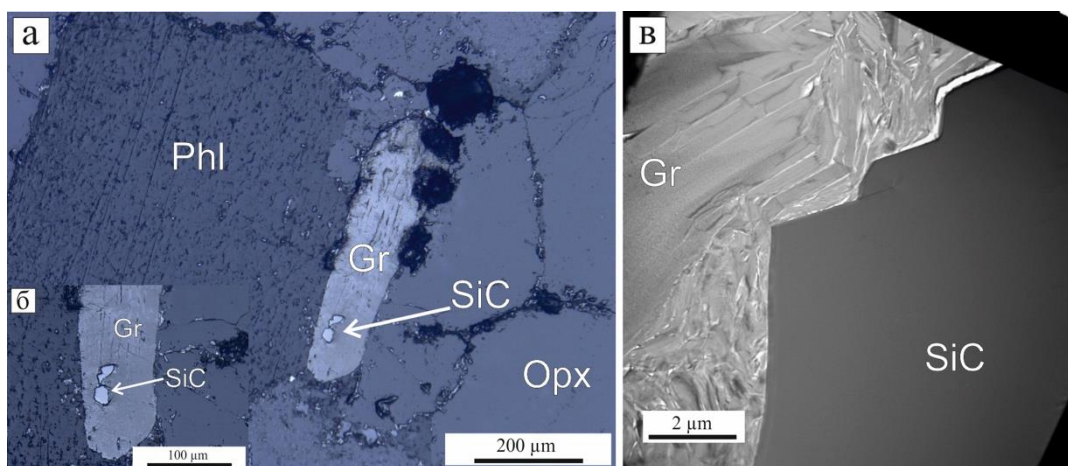
Key words: Oxygen fugacity; Graphite; Moissanite, Mantle xenoliths

Характеристика окислительно-восстановительного потенциала кислорода в глубинных породах является важной составляющей при реконструкции процессов происходивших в мантии Земли [1].

Мантийные ксенолиты из кимберлитов представляют собой уникальный источник информации о фугитивности кислорода в субконтинентальной литосферной мантии под

древними кратонами. Общемантийным трендом является уменьшение  $fO_2$  с глубиной [2] вплоть до значений, отвечающих равновесию железо-вюстит, на глубинах 250–300 км. Тем не менее, некоторые мантийные породы демонстрируют отклонение от этой тенденции. Находки включений муассанита в кристаллах алмаза и в мантийных ксенолитах из кимберлитов (например [3,4]) представляются одним из подобных свидетельств и указывают на то, что в верхнемантийных условиях реализовались значения  $fO_2$  ниже линии буферного равновесия IW, отвечающие крайне восстановленным обстановкам.

В данной работе проводились: (i) микроскопическое исследование графита и муассанита в гранатовом пироксените с целью установления последовательности их кристаллизации; (ii) определение изотопного состава углерода в графите и (iii) оценка окислительно-восстановительного потенциала при образовании графита и муассанита.



**Рисунок 1. (а) – Срастание флогопита и графита в пироксените Uv-09-506; (б) – расположение включений муассанита в графите (увеличенный фрагмент фотографии (а)); (в) – Характер границы между муассанитом и графитом. Фотографии (а) и (б) выполнены с отраженным оптическим свете, где (б) – увеличенный фрагмент фотографии (а); (в) Светлопольное изображение с просвечивающего электронного микроскопа.**

Оливиновый ортопироксенит Uv-09-506 представляет собой гранатовую разновидность, первичные минералы в малой степени затронуты вторичными замещениями (Рис.1а-б). Структура ортопироксенита неравномернозернистая: крупные порфириовидные зерна ортопироксена (до 15 мм в длину) погружены в превалирующую по модальному содержанию мелкозернистую матрицу из зерен ортопироксена (1–5 мм в поперечнике), граната (0.5–2 мм) и оливина (1–4 мм). Зерна граната часто слагают включения в ортопироксене. В число аксессуарных минералов входят флогопит и графит, слагающие пластинки длиной до 0.5 мм. Первичные породообразующие минералы однородны по химический составу как в пределах индивидуального зерен, так по образцу в целом. Муассанит (в виде зерен 20мкм диаметром) был диагностирован в центральной части кристалла графита (Рис.1б).

Методом просвечивающей электронной микроскопии (ТЕМ) исследовались взаимоотношения между минералами на субатомарном уровне. Согласно дифракционным картинам и полученным изображениям (Рис.1в) установлено, что на границе между графитом и муассанитом отсутствуют признаки их совместного роста, равно как и более позднего роста муассанита в графите. Монокристаллические включения муассанита в

поликристаллическом графите являются протогенетическими, и, таким образом, кристаллизация муассанита предшествовала этапу формирования вмещающего графита.

Находки карбидов железа, трассирующих границы графит-муассанит, приуроченные также к отдельным зернам муассанита, и карбонатов, дают основание предполагать то, что формирование графита в породе происходило при значительном изменении окислительно-восстановительных условий в результате повышения фугитивности кислорода. Таким образом, имела место смена обстановки от резко восстановительной ( $\log(fO_2)$  на 4–8 единиц ниже линии кислородного буфера железо-вюстит) до восстановительной и далее умеренно окисленной (вплоть до линии буферного равновесия алмаз – С-О флюид, определяющего возможность образования карбонатов). Перепад  $\log(fO_2)$  составлял в таком случае порядка 6–12 единиц.

Преыдушие исследования муассанита показали, что изотопный состав углерода в нем деплетирован по  $^{13}C$  ( $\delta^{13}C$  –18 ‰ до –35 ‰) [4] и значительно легче, чем таковой в мантийном резервуаре (среднее  $\delta^{13}C$  –5 ‰). В свою очередь, измеренный в данной работе изотопный состав графита в образце составляет –7,94 ‰, что соответствует мантийному источнику углерода. Значительная разница в значениях  $\delta^{13}C$  может являться следствием сильного фракционирования углерода при формировании муассанита или же указывать на существование отдельного источника углерода в мантии [4].

Новые минералого-геохимические данные свидетельствуют о кристаллизации муассанита до графита и резкой смене  $fO_2$  в процессе роста графита. Первая находка включений муассанита в графите (–7,94 ‰) свидетельствуют о сложной истории их образования и, возможно, о значительном фракционировании углерода.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00219 и в рамках государственного задания, проект 0330-2016-0006.*

#### **Литература:**

1. Dasgupta R., Hirschmann M. M. The deep carbon cycle and melting in Earth's interior. *Earth and Planetary Science Letters*. 2010. V. 298. №. 1-2. P. 1-13.
2. Frost D. J., McCammon C. A. The redox state of Earth's mantle. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 2008. V. 36. P. 389-420.
3. Бобриевич А. П., Калужный В. А., Смирнов Г. И. Муассанит в кимберлитах Восточно-Сибирской платформы. *Докл. АН СССР*. 1957. Т. 115. №. 6. С. 1189-1192.
4. Trumbull, R. B., Yang, J. S., Robinson, P. T., Di Pierro, S., Vennemann, T., Wiedenbeck, M. The carbon isotope composition of natural SiC (moissanite) from the Earth's mantle: New discoveries from ophiolites. *Lithos*, V 113 (3-4), P. 612-620.

## АУТИГЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ

*Рубан А.С., Рудмин М.А., Савичев О.Г., Мазуров А.К., Даулетова А.Б.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск,  
Россия, [rudminma@tpu.ru](mailto:rudminma@tpu.ru)

Аннотация. С использованием сканирующей электронной микроскопии и рентгенодифракционного анализа было выявлено около 30 минеральных фаз в торфяной залежи Васюганского болота (Западная Сибирь). По происхождению все обнаруженные кристаллические фазы разделяются на детритовые, глинистые и аутигенные. Аутигенные минералы представлены следующими фазами: карбонаты (кальцит и доломит), окислы и гидроокислы железа, галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, фаза Zn-Pb-S, барит, баритоцелестин, целестин, тетраэдрит, касситерит, фосфат РЗЭ и др. Изменение кислородных условий отражается в ассоциации минеральных новообразований в соответствующих интервалах торфяной залежи. Это можно объяснить активностью микробиологических процессов, таких как анаэробное окисление метана и сульфат-редукция, выраженное в карбонатизации (100-225 см) и сульфидизации (175-250 см), соответственно.

Ключевые слова: формирование минералов, торф, Васюганское болото, Западная Сибирь

## AUTHIGENIC MINERALS IN PEAT DEPOSIT OF SOUTH-EASTERN CORNER OF VASYUGAN SWAMP, WESTERN SIBERIA

*Ruban A.S., Rudmin M.A., Savichev O.G., Mazurov A.K., Dauletova A.B.*

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, [rudminma@tpu.ru](mailto:rudminma@tpu.ru)

Abstract. About 30 minerals in peat deposit of Vasyugan swamp (Western Siberia) were detected using scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffraction (XRD). The observed minerals are divided into detrital, clay and authigenic phases. Authigenic minerals are represented by carbonates (calcite and dolomite), iron (hydro-)oxides, galena, sphalerite, pyrite, chalcopyrite, Zn-Pb-S phase, barite, baritocelastine, celestine, tetrahedrite, cassiterite, REE phosphate, etc. Changes in oxygen concentrations are reflected in newly formed mineral associations in corresponding intervals of the peat. This can be explained by the activity of microbiological processes such as anaerobic oxidation of methane and sulfate reduction, expressed in specific carbonatization (100-225 cm) and sulfidization (175-250 cm), respectively.

Key words: Mineral formation; peat bog; Vasyugan Swamp, Western Siberia

Васюганское болото – это крупнейшие по размерам болота на нашей планете общей площадью более 5250000 га [1], накопившие огромное количество углерода (5.1 млрд.т.) и торфа (18.7 млрд.т.) в Западной Сибири. Торф это не только специфические

органоминеральные отложения, но и уникальные резервуары металлов и их соединений [2,3], сопровождающиеся процессами мобилизации и концентрирования элементов в условиях эволюции болота. Биогеохимические процессы приводят к формированию новых минеральных фаз сульфидов, карбонатов, сульфатов, окислов и пр. [3–5].

На сегодняшний день имеется ряд вопросов касательно источников металлов, условий минералообразования, и последующий эволюций минералов в торфяных залежах [3]. Обогащение металлами торфов трактуется одним из следующих процессов или их сочетанием: взаимодействие с окружающими породами и диффузия из грунтовых вод [4], выпадение атмосферной пыли, вызванное естественным или антропогенным факторами [5,6]. Исследования минералообразующих процессов и источников металлов являются ключевыми пунктами для построения концепции эволюции геологических аналогов торфяной среды с формированием их металлогенического облика.

В этом аспекте Васюганское торфяное болото представляет собой уникальный научный объект. Изучаемый участок сосново-кустарничково-сфагнового болота и находится в юго-восточной части Васюганского болота в междуречье рек Икса и Бакчар. Торфяная залежь в изучаемой области имеет мощность от 1.75 до 3.8 м. Изучаемый разрез торфяной залежи представлен олиготрофным (0-100 см), мезотрофным (100-175 см), эвтрофным (175-275 см) торфом, который подстилается базальными суглинками.

С использованием сканирующей электронной микроскопии и, рентгенодифракционного анализа было выявлено около 30 минеральных фаз в составе неорганической фракции торфа и в составе базальных отложений. Минеральный состав разделяется три группы по происхождению: детритовые, глинистые и аутигенные. Среди детритовых выявлены: кварц, полевые шпаты, ильменит, рутил, магнетит, циркон, монацит, амфиболы (роговая обманка). К глинистым минералам относятся иллит, каолинит, смектит, хлорит. Аутигенные минералы представлены следующими фазами: карбонаты (кальцит и доломит), галит, кристобалит, окислы и гидроокислы железа, галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, фаза Zn-Pb-S, барит, баритоцелестин, целестин, стибнит, касситерит, фосфат РЗЭ и др.

Со-нахождение типичных для осадочных сред аутигенных минеральных фаз, таких как кальцит, доломит, фрамбоидальный пирит, галенит, сфалерит, барит, (гидро-)окислы железа, исключает интерпретацию их приноса в торфяную залежь атмосферным аэрозолем. Напротив концентрирование этих минералов приурочены к определённым геохимическим обстановкам в разрезе торфа. Базальные отложения с щелочной средой обогащены карбонатами, галенитом, сфалеритом и баритом. Эвтрофная последовательность торфяной залежи характеризуется сменой вверх по разрезу ассоциациями аутигенных минеральных фаз: карбонатно-Fe-(гидро-)оксидная сменяется пиритовой, которая переходит в галенит-сфалеритовой с подчиненным количеством карбонатов и пирита. Эта область тождественна зоне метаногенеза в сообществе с сульфат-редукцией, как следствие интенсивного разложение органического вещества. Результатом двух этих процессов являются новообразованные карбонатные и сульфидные фазы. Мезотрофная последовательность обогащена кальцитом с подчиненным количеством Fe-(гидро-)оксидов в нижней части и преобладанием барита в верхней. Максимум кальцита в интервале 1.25-1.5 м можно интерпретировать анаэробным окислением метана, поступающего из эвтрофной толщи, с сульфат-редукцией в интервале 1-1.25. Обогащение этой части разрезе металлами, такими как Pb, Zn приводило к концентрированию барита при вероятно биогенном источнике бария [7]. И наконец олиготрофная последовательность характеризуется развитием Fe-(гидро-

)оксидов с локальным проявлением карбонатизации и сульфидизации как следствие сезонных колебаний окислительно-восстановительного режима.

Формирование сульфидов Zn, Pb и Sb приурочено к анаэробным условиям эвтрофного торфа и базальных отложений. Образование фрамбоидов пирита связано с зоной перехода от органоминеральных отложений в эвтрофный торф и интерпретируется как результат активной бактериальной сульфат-редукции. Выше этого интервала начинается формирование карбонатных фаз и уменьшение количества глинистых минералов параллельно с локальным сульфидообразованием (галенит, сфалерит, халькопирит, стибнит). Максимум карбонатизации приходится на последовательность мезотрофного торфа, где происходило анаэробное окисление метана, что заканчивалось кристаллизацией барита как продукта остаточной сульфат-редукции в верхней части. В толще олиготрофного болота отмечается преобразование глинистой фазы в каолинит или его привнос, среди которой отмечаются фазы гипса, галенита, халькопирита, сфалерита и реликты карбоната. Изменение кислородных условий отражается в ассоциации минеральных новообразование в соответствующих интервалах торфяной залежи. Это можно объяснить активностью микробиологических процессов, таких как анаэробное окисление метана и сульфат-редукция, выраженное в карбонатизации (100-225 см) и сульфидизации (175-250 см), соответственно.

Учитывая предложенную модель, следует рассматривать торфяную залежь Васюганского болота как динамически растущую систему концентрирующая в себе различные металлы. При продолжении ее эволюции с течением геологического времени можно прогнозировать дальнейшую консолидацию олиготрофной и мезотрофной последовательности с трансформацией в эвтрофную с пирит-барит-карбонатной ассоциацией. Тем самым ископаемая часть торфяной залежи при сценарии устойчивости формирующихся минеральных фаз, то есть отсутствии их ремобилизации, должна иметь слоистый характер распределения минеральной фракции в своём разрезе как это описывается в некоторых лигнитовых месторождениях.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-35-00302).*

#### **Литература:**

1. Инишева Л.И. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование). Томск: ЦНТИ, 2003. 181 с.
2. Syrovetnik K., Puura E., Neretnieks I. Accumulation of heavy metals in Oostriku peat bog, Estonia: Site description, conceptual modelling and geochemical modelling of the source of the metals. *Environmental Geology*. 2004. Vol. 45, № 5. P. 731–740.
3. Shotyk W. Review of the inorganic geochemistry of peats and peatland waters. *Earth-Science Reviews*. Elsevier, 1988. Vol. 25, № 2. P. 95–176.
4. Steinmann P., Shotyk W. Geochemistry, mineralogy, and geochemical mass balance on major elements in two peat bog profiles (Jura Mountains, Switzerland). *Chemical Geology*. Elsevier, 1997. Vol. 138, № 1–2. P. 25–53.
5. Smieja-Król B., Fiałkiewicz-Kozieł B. Quantitative determination of minerals and anthropogenic particles in some Polish peat occurrences using a novel SEM point-counting method. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2014. Vol. 186, № 4. P. 2573–2587.
6. Arbuzov S.I. et al. Modes of occurrence of rare earth elements in peat from Western Siberia. *Journal of Geochemical Exploration*. Elsevier, 2018. Vol. 184, № February 2017. P. 40–48.
7. Riedinger N. et al. Active and buried authigenic barite fronts in sediments from the Eastern Cape Basin. *Earth and Planetary Science Letters*. 2006. Vol. 241, № 3. P. 876–887.

**ОБ ИСТОЧНИКАХ ВЕЩЕСТВА МОРСКИХ ООЛИТОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ  
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ПРИМЕРЕ БАКЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Рудмин М.А., Мазуров А.К.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск,  
Россия, [rudminma@tpu.ru](mailto:rudminma@tpu.ru)

Аннотация. На основе результатов комплексных петрографических, минералогических и геохимических исследований обсуждается неконтинентальный источник железа для Бакчарского месторождения (юго-восток Западной Сибири). Условия залегания рудных горизонтов, ассоциация аутигенных минералов, таких как сидерит, шамозит, пирит, пирротин, галенит, сфалерит, барит и пр., а также геохимическая характеристика металлов указывают на возможное поступление железа с метеорной водой и/или гидротермальной жидкостью. Формирование оолитовых железняков, вероятно, контролировалось балансом между поступлением железа и придонной геохимической обстановкой. Периоды накопления основных железорудных горизонтов сопряжены во времени с глобальными палеоклиматическими событиями позднего мела и раннего палеогена.

Ключевые слова: оолитовые железняки, геохимия, минералогия, Бакчарское месторождение, Западная Сибирь

**ABOUT IRON SOURCES OF MARINE OOIDAL IRONSTONES OF WESTERN  
SIBERIA ON THE EXAMPLE OF BAKCHAR DEPOSIT**

*Rudmin M.A., Mazurov A.K.*

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, [rudminma@tpu.ru](mailto:rudminma@tpu.ru)

Abstract. An integrated study involving petrographical, mineralogical and geochemical investigations proposes a no-continental iron for the Bakchar deposit. The occurrence of ore bodies, association of authigenic minerals such as siderite, chamosite, pyrite, pyrrhotite, galena, sphalerite, barite etc., and geochemical characteristic of trace metals link source of Fe to meteoric or hydrothermal fluid. The formation of oolitic ironstones was controlled by the balance between supply of iron and geochemical environment of bottom water. The formation periods of main ironstones of the Bakchar deposit are connected in time with global paleoclimatic events of Late Cretaceous and Early Paleogene.

Key words: Ooidal ironstones, geochemistry, mineralogy, Bakchar deposit, Western Siberia

Природа фанерозойских оолитовых железняков была предметом научного интереса более 170 лет, что отражено в ряде обзорных работ [1,2]. Факторы, контролирующие распределение морских железняков, источники железа и механизмы образования оолитов, все еще являются поводом для дискуссий с рядом конкурирующих гипотез. На фоне относительно снижающегося промышленного интереса к оолитовым железнякам



совершенно не справедливо игнорировать их значимость как ключевых объектов для понимания биогеохимического цикла железа в осадочных системах.

Западно-Сибирский железорудный бассейн это широкая полоса (шириной около 150 км) осадочных образований верхнемелового и палеогенового возраста, которая протягивается почти на 2000 км вдоль восточного и юго-восточного обрамления Западно-Сибирской плиты. В пределах бассейна открыто множество крупнейших скоплений оолитовых железных руд [3]: Бакчарское, Колпашевское, Парабельское, Ласкинское, Елогуйское, Нижне-Байховское, Туруханское. Уникальность Бакчарского месторождения как наиболее разведанного объекта отражается не только в колоссальных запасах, но и в условиях залегания, разнообразной минералогии, загадочной геохимии руд [4]. По многим устоявшимся представлениям источником железа для Западно-Сибирского бассейна послужили древние коры выветривания, которые формировались по базитовым породам складчатого обрамления [3]. Поступающее в коллоидной форме железо окислялось на геохимических барьерах в зоне смешения морских и пресных вод, что способствовало осаждению железа с накоплением рудных горизонтов. Однако, в сравнительно недавнее время была выдвинута теория эндогенного источника [5–7]. При этой модели рудообразование зависело от восходящих вод (флюидов), в качестве которых могли быть гидротермальные растворы или метеорные воды. Источниками вещества в рамках этой концепции выступали нижележащие (подстилающие) породы, выщелачиваемые вверх-диффундирующими растворами. Целью данной работы является геологическая, петрографическая, минералогическая, геохимическая характеристика и обсуждение возможных источников железа Бакчарского месторождения в качестве эталонного объекта гигантского Западно-Сибирского бассейна.

Относительно локальная область формирования железозносных горизонтов в течение около 65 млн. лет (от сеномана до эоцена) противоречат модели речного стока как основного транспортирующего механизма главных металлов. Как известно флуктуация древнего Западно-Сибирского моря в верхнемеловое время сопровождалась неоднократным изменением береговой линии. Это должно было приводить к более растянутому распространению железорудных горизонтов с постепенным фаціальным замещением, чего не отмечается на профилях Бакчарского месторождения. Напротив, железозносные горизонты, которые формировались в определенные периоды времени в пределах всего бассейна [3], приурочены к локальным областям и залегают друг над другом. При этом бакчарский и нарымский горизонты состоят из двух залежей, разобщенных между собой водоразделом рек Бакчар и Галка. Колпашевский горизонт имеет более широкое распространение в виде одной крупной залежи с разветвлениями в разрезе, который сужается в пределах того же водораздела. Вероятно рудные горизонты с обеих сторон оперяют погребенную положительную тектоническую структуру, называемую Бакчарским валом [3]. Авторы полагают, что это одна из оперяющих структур мезозойской рифтовой системы выявленной в восточной части Западной Сибири описанные в ряде работ [8].

Частая встречаемость сфалерита, галенита, барита свидетельствует о поступлении в область минералообразования металлов гидротермальной природы. Сульфиды формировались в условиях деятельности сульфатредуцирующих бактерий, при этом высокая скорость кинетики реакции между металлом и сульфид-ионом определяла кристаллизацию минеральной фазы. В противном случае металлы могли входить в состав пирита как происходит с Co, Ni, Cu. Однако факт наличия сфалерита и галенита указывает

на подток Zn и Pb в осадочную систему вероятно за счет просачивания термальных флюидов. Источником этих флюидов могли быть гидротермальные растворы (в том числе метановые сипы) и/или метеорные воды. Ассоциация пирротина и грейгита на границе палеоцена и эоцена среди сидеритового цемента железняков также указывает на влияние вверх-диффундирующего флюида на осадок [4] на основе современных морских аналогий.

Наличие метановых флюидных включений в сидеритовом цементе бакчарского железорудного горизонта подтверждает воздействие метана на древний осадок и его анаэробном окислении с образованием карбоната. Проявления сидерита в виде кристаллов среди шамозитового цемента, как правило, в ассоциации с фрамбоидами пирита доказывает консорциум в раннем диагенезе метанотрофных архей и сульфат-редуцирующих бактерий. При этом максимумы сульфидизации и карбонатизации в разрезе месторождения сопряжены с периодами глобальных палеоклиматических событий позднего мела и раннего палеогена (ОАЕ-2, ОАЕ-3, мел-палеогеновый рубеж, ПЭТМ).

Низкие концентрации Co, Ni и Cu и высокие концентрации Zn, Pb, Mo, V и As в валовом составе железняков свидетельствуют об их гидротермальном источнике. Дискриминантные генетические диаграммы для морских железо-марганцевых образований:  $(Ni+Co)$  vs.  $(As+Cu+Mo+Pb+V+Zn)$  и  $Co/Zn$  vs.  $(Co + Ni + Cu)$  [9] поддерживают гидротермальное происхождение изучаемых пород. Отношения  $Ce/Ce^*$  vs.  $Nd$  и  $Ce/Ce^*$  vs.  $Y_{sn}/Ho_{sn}$  указывают на гидрогенный или диагенетический источники редкоземельных элементов (РЗЭ). Соосаждение гидроксидов железа и РЗ-фосфата объясняет источник морской воды для большей части РЗЭ. Однако концентрации РЗЭ в сидерит-содержащих железняках выше, чем в морских карбонатах, что указывает на их иммобилизацию в водонасыщенном древнем осадке по мере кристаллизации сидерита.

Полученные результаты предлагают новую концепцию происхождения железняков Бакчарского месторождения, включающую восходящую миграцию железистых растворов через морские осадки.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (16-45-700090, 18-35-00022).*

#### **Литература:**

1. Young T.P. Phanerozoic ironstones: An introduction and review. Geological Society Special Publication. 1989. Vol. 46. P. ix–xxv.
2. Petranek J., Van Houten F.B. Phanerozoic ooidal ironstones. Czech Geological Survey Special Papers. 1997. Vol. 7. P. 4–71.
3. Западно-Сибирский железорудный бассейн. Новосибирск: СО РАН СССР, 1964. 448 с.
4. Rudmin M. et al. Ferrimagnetic Iron Sulfide Formation and Methane Venting Across the Paleocene-Eocene Thermal Maximum in Shallow Marine Sediments, Ancient West Siberian Sea. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2018. Vol. 19. P. 1–22.
5. Kimberley M.M. Exhalative origins of iron formations // *Ore Geology Reviews*. 1989. Vol. 5, № 1–2. P. 13–145.
6. Павлов Д.И. и др. Сопряженность рудо и нефтеобразующих систем в осадочных бассейнах и прогноз рудных месторождений. *Геология рудных месторождений*. 1991. Т. 5. С. 39–45.
7. Afify A.M., Sanz-Montero M.E., Calvo J.P. Differentiation of ironstone types by using rare earth elements and yttrium geochemistry – A case study from the Bahariya region, Egypt. *Ore Geology Reviews*, 2018. Vol. 96. P. 247–261.
8. Сурков В.С. и др. Нижнесреднетриасовый рифтогенный комплекс Западно-Сибирского бассейна. *Отечественная геология*. 1997. Т. 3. С. 31–37.
9. Nicholson K. Contrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides: guides to metallogenesis. *Economic Geology*. 1992. Vol. 87, № 5. P. 1253–1264.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛАУКОНИТА ИЗ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ПОРОД ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В АГРОХОЗЯЙСТВЕ***Рудмин М.А., Рева И.В.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия, rudminma@tpu.ru

Аннотация. В данной работе приводится анализ и оценка возможностей использования глауконита в качестве нетрадиционных калийных удобрений из верхнемеловых пород Западной Сибири на примере Бакчарского месторождения. Ресурсы глауконита на месторождении составляют около 800 млн.т. Внесение глауконитовых продуктов в почвы оказывает стимулирующий эффект на рост овса обыкновенного (*Avena sativa*). Как необработанный глауконитолит, так и его гранулометрическая фракция приводят к одинаковой скорости роста саженцев овса. Установлено что методом обжига и выщелачивания можно извлекать калийные соли из глауконитового концентрата. Результаты исследований показывают, что глауконитовые породы Бакчарского месторождения можно использовать в качестве альтернативного калийного удобрения.

Ключевые слова: Попутные компоненты, глауконит, калийное удобрение, Западная Сибирь, Бакчарское месторождение

**PRACTICAL PERSPECTIVES OF GLAUCONITE FROM THE UPPER-CRETACEOUS ROCKS OF WESTERN SIBERIA IN AGRICULTURE***Rudmin M.A., Reva I.V.*

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, rudminma@tpu.ru

Abstract. There are an analysis and assessment of the possibilities of using glauconite as alternate potash fertilizer from the Upper Cretaceous rocks of Western Siberia on the example of the Bakchar deposit. Glauconite resources for the deposit are about 800 million tons. Mixing of glauconitic products with soil stimulate the growth of oat (*Avena sativa*). Both untreated glauconitolite and its granulometric fraction result same rate of growth of oat seedlings. The roasting-leaching method holds promise for converting glauconite to potash salts for agronomic applications. The results of this study suggest that the Bakchar glauconitic deposit can be used as a substitute potash fertilizer.

Key words: Associated components, glauconite, Potassium fertilizer, Western Siberia, Bakchar deposit

В данной работе приводятся доказательства того, что верхнемеловые породы прибрежно-морских фаций Западной Сибири могут служить новой сырьевой базой нерудного сырья в виде нетрадиционных калийных удобрений. Сегодня спрос на калийные удобрения покрывается добычей солей из морских эвапоритовых залежей, крупнейшие месторождения которых сосредоточены в Канаде (Саскачеванский соленосный бассейн), России (Верхнекамское месторождение), Беларуси (Старобинское месторождение), Германии (месторождения в районах Ронненбург-Ганса, Зарштедт-Лерте, Фульда и др.) и др. [1]. Россия занимает лидирующие позиции по запасам калия, однако использование калийных удобрений сельхозпроизводителями остается на критически низком уровне, особенно в сибирских регионах. Территориальное развитие сырьевой базы калийных агроруд на основе нетрадиционных источников это один из путей повышения спроса на

удобрения и снижения экологических рисков сельского хозяйства. Глауконит является одним из потенциальных источников калийных удобрений [2–4]. Минерал относится к диоктаэдрическим слюдам с дефицитом межслоя и характеризуется изменчивым химическим составом с повышенным содержанием  $K_2O$  (до 9%) и типичной глобулярной формой.

Глауконит распространен среди прибрежно-морских свит верхнемелового возраста в осадочном чехле Западной Сибири, особенно среди пород ганькинской, славгородской и ипатовской свит [5]. Так, в пределах Бакчарского месторождения глауконитовые породы залегают на глубинах 180-230 м среди славгородской и ганькинской свит, которые вмещают так называемый колпашевский железорудный горизонт и перекрываются бакчарским железорудным горизонтом. Глауконитовые породы по данным рентгенодифракционного анализа (РДА) и петрографических исследований состоят из глауконита, кварца, микроклина, гетита и шамозита. Высокое и умеренное содержание  $K_2O$  (от 4.0% до 7.3%) и умеренное  $Fe_2O_{3(total)}$  (от 20.4% до 32.8%) характеризуют наиболее зрелый глауконит [6]. Содержание  $K_2O$  и  $Fe_2O_{3(total)}$  глауконита с меньшей степенью зрелости за счет вторичных изменений (ожелезнение) варьирует в пределах 2.6-5.5% и 31.1-49.8%, соответственно. В разрезе Бакчарского месторождения выделяется три основные разновидности глауконитовых пород [7]. Глауконититы (или глауконитолиты») характеризуются содержанием глауконита 58.4%.  $K_2O$  в этих породах составляет 4.1% (среднее) что является наивысшим показателем среди других разновидностей. В глауконитовых песчаниках доля глауконита составляет 25.7%, а также доля кварца и полевых шпатов – 37.8%. Концентрация  $K_2O$  в этих породах – 3.1%. Глауконит-шамозитовые ооидовые железняки характеризуются следующим составом: глауконит – 24.6%, шамозитовые ооиды – 22.8%, терригенные компоненты (кварц и полевые шпаты) – 21.6%. Среднее содержание  $K_2O$  в них находится на уровне 2.5%. Химический состав глауконитовых пород характеризуется концентрациями тяжелых металлов (Co, Ni, Zn, Mo, Cd, Pb, As) ниже предельно допустимых концентраций в почвах.

Для получения глауконитовых концентратов была исследована и разработана схема их обогащения на основе двух этапов: диспергирование и мокрое просеивание, электромагнитная сепарация гранулометрической фракции (-500+125) мкм. Мокрое просеивание глауконитолита позволяла концентрировать доля полезного компонента во фракции (-500+125) мкм до 90%, а для глауконит-шамозитового железняка до 40%. Электромагнитная сепарация увеличивала долю глауконита в магнитных фракциях для каждой разновидности исходных проб (глауконитовых пород). Так содержание глауконита в магнитном продукте достигало 97% при экспериментах с глауконитолитом.

На основе лабораторных агрохимических опытов были выявлены прямые свидетельства положительного влияния этих продуктов (как концентратов, так и исходных пород) при добавлении в почву на рост распространенной агрокультуры (овёс – *Аvena sativa*). Высокий положительный эффект на энергию прорастания (96.6%) показывали глауконитолит и его гранулометрическая фракция (-500+125) мкм при концентрации в эквиваленте 30 кг/га. При этом варианте опыта энергия прорастания увеличивалась на 5.2%, высота растений на 14.3% и зеленая масса на 66.9% относительно контрольных экспериментов (без внесения удобрений).

Также глауконит из изучаемых толщ можно использовать как источник калийной соли при использовании технологии обжига и выщелачивания. Для получения традиционных калийных солей, например KCl (сильвинит) с выходом 63% достаточно применять следующую схему: обжиг при 900 °С, одностадийное выщелачивание при 100 °С в течении 120 минут 4М раствором HCl при отношении Т:Ж 1:5 [8].

Общие ресурсы глауконита Бакчарского месторождения из славгородской и ганькинской свит оцениваются почти в 800 млн. т при средней мощности 4 м, среднем содержании глауконита 24.3% и среднем объемном весе пород 2.3 т/м<sup>3</sup>. При этом в пределах западного участка Бакчарского месторождения площадью 5 км<sup>2</sup> ресурсы глауконита

оцениваются в 34 млн. т при среднем содержании 27.8%. Из них 4.6 млн. т составляют глауконитолиты, 18.1 млн. т – глауконитовые песчаники и 11.3 млн. т – глауконит-шамозит-гетитовые ооидовые железняки. Пласт глауконитолитов имеет мощность до 8 м при среднем содержании глауконита 59% и залегает на глубинах 198-210 м. Пласт глауконитовых песчаников характеризуется мощностью до 12 м, среднем содержании глауконита 33.3% и глубиной залегания 205-225 м. Пласт глауконит-шамозит-гетитовых железняков прослеживается на глубинах 180-190 м и имеет среднее содержание глауконита 18.6%.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 17-77-10042).*

#### **Литература:**

1. Rawashdeh R. Al, Xavier-Oliveira E., Maxwell P. The potash market and its future prospects. *Resources Policy*. 2016. Vol. 47. P. 154–163.
2. Franzosi C., Castro L.N., Celeda A.M. Technical Evaluation of Glauconies as Alternative Potassium Fertilizer from the Salamanca Formation, Patagonia, Southwest Argentina. *Natural Resources Research*. Kluwer Academic Publishers. 2014. Vol. 23, № 3. P. 311–320.
3. Karimi E. et al. The potential of glauconitic sandstone as a potassium fertilizer for olive plants. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2012. Vol. 58, № 9. P. 983–993.
4. Левченко Е.Н., Тигунов Л.П. Глауконит России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы. Москва: ВИМС, 2011. 65 с.
5. Геология и полезные ископаемые России. В шести томах. Том 2. Западная Сибирь / ред. Орлов В.П. и др. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2000. 477 с.
6. Rudmin M., Banerjee S., Mazurov A. Compositional variation of glauconites in Upper Cretaceous-Paleogene sedimentary iron-ore deposits in South-eastern Western Siberia. *Sedimentary Geology*. 2017. Vol. 355. P. 20–30.
7. Rudmin M. et al. Economic potential of glauconitic rocks in Bakchar deposit (S-E Western Siberia) for alternate potash fertilizer. *Applied Clay Science*. 2017. Vol. 150. P. 225–233.
8. Rudmin M. et al. Roasting-leaching experiments on glauconitic rocks of Bakchar ironstone deposit (Western Siberia) for evaluation their fertilizer potential. *Applied Clay Science*. 2018. Vol. 162. P. 121–128.

**ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕДЕНИЕ  
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ГРАНИТНОЙ СИСТЕМЕ  
Si-Al-Na-K-Li-F-O-H**

*Русак А.А.<sup>1,2</sup>, Щекина Т.И.<sup>1</sup>, Граменицкий Е.Н.<sup>1</sup>, Алферьева Я.О.<sup>1</sup>, Зиновьева Н.Г.<sup>1</sup>,  
Котельников А.Р.<sup>3</sup>, Бычков А.Ю.<sup>1</sup>, Ахмеджанова Г.М.<sup>3</sup>.*

<sup>1</sup>Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия  
[aleks7975@yandex.ru](mailto:aleks7975@yandex.ru)

<sup>2</sup>Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт экспериментальной минералогии РАН им. Д.С. Коржинского, Черноголовка,  
Россия

Аннотация. Проведена серия экспериментов в модельной гранитной системе Si-Al-Na-K-Li-F-O-H с предельным содержанием фтора при температуре 700-800°C и давлении 1-2 кб с добавлением редкоземельных элементов в виде оксидов по 0,5 мас.% и воды от 0 до 50 мас.%. В продуктах опытов независимо от P-T условий эксперимента получается три равновесные фазы: алюмосиликатный расплав, солевой расплав и водный флюид. Показано, что все редкоземельные элементы преимущественно распределяются в солевой расплав. Впервые показано, что увеличение давления от 1 до 2 кб при 700 и 800°C вызывает уменьшение коэффициентов разделения РЗЭ между солевым и силикатным расплавами.

Ключевые слова: гранитная система, алюмосиликатный расплав, солевой расплав, редкоземельные элементы, коэффициенты разделения.

**INFLUENCE OF PRESSURE AND TEMPERATURE ON THE BEHAVIOR OF RARE-EARTH ELEMENTS IN THE GRANITE SYSTEM Si-Al-Na-K-Li-F-O-H**

*Rusak A.A.<sup>1,2</sup>, Shchekina T.I.<sup>1</sup>, Gramenitskiy E.N.<sup>1</sup>, Alfer'eva Ya.O.<sup>1</sup>, Zinovieva N.G.<sup>1</sup>, Kotelnikov A.R.<sup>3</sup>, Bychkov A.Yu.<sup>1</sup>, Akhmedzhanova G.M.<sup>3</sup>.*

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, [aleks7975@yandex.ru](mailto:aleks7975@yandex.ru)

<sup>2</sup>Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Korzhinsky Institute of Experimental Mineralogy RAS, Chernogolovka, Russia

Abstract. A series of experiments was performed in the model granite system Si-Al-Na-K-Li-FOH with a maximum fluorine content at a temperature of 700-800°C and a pressure of 1-2 kb with the addition of rare-earth elements in the form of oxides of 0.5 wt.% and water from 0 to 50 wt.%. In the products of the experiments, independently of the P-T experimental conditions, three equilibrium phases are obtained: an aluminosilicate melt, a salt melt and an aqueous fluid. It is shown that all the rare-earth elements are predominantly distributed into a salt melt. It is shown for the first time that an increase in pressure from 1 to 2 kb at 700 and 800°C causes a decrease in the REE separation coefficients between salt and silicate melts.

Key words: granite system, aluminosilicate melt, salt melts, aqueous fluid, coefficients partition

**Введение.** Геохимия редкоземельных элементов (РЗЭ), иттрия и скандия имеет важнейшее значение в петрологии. Суммарное накопление или рассеяние всей группы элементов, появление аномалий в распределении отдельных элементов, изменение отношений между их подгруппами являются чувствительными индикаторами сложных процессов минералообразования [1].

Основным механизмом накопления редких металлов в магматических процессах является кристаллизационная дифференциация. Из-за ограниченной растворимости воды в расплаве на поздних магматических стадиях происходит отделение флюида. В равновесии расплав – флюид практически все элементы предпочитают концентрироваться в расплаве, и небольшая часть перераспределяется во флюид. Накопление фтора на заключительных стадиях магматического этапа может приводить к образованию солевых фторидных расплавов. В основе этого явления лежит ограниченная растворимость солевых компонентов в силикатном расплаве [2], а ее следствием является силикатно-солевая жидкостная несмесимость (ликвация).

Именно солевой расплав является фазой-концентратором редкоземельных элементов на магматической стадии формирования гранитных массивов [3]. Известно более 20 редкометалльных рудопроявлений и месторождений, связанных с высокофтористыми гранитами, в которых породообразующими минералами являются фториды, а в частности, криолит и криолитионит. Обычно эти объекты обогащены редкими и редкоземельными минералами. Знание механизмов разделения РЗЭ в природных процессах вместе с данными о составе и концентрации РЗЭ в разных типах пород и минералов, распределение РЗЭ между ними служит объективной основой для использования этих элементов как геохимических индикаторов. Конкретными примерами высокофтористых гранитоидов, в которых породообразующим минералом является криолит, служат редкометалльно-редкоземельные месторождения Ивигтут в Гренландии, Улуг Танзек, Катугин, Зашиха в Восточной Сибири и др. Предполагается, что в образовании этих месторождений значительную роль играли солевые фторидные расплавы.

Важную роль в понимании поведения РЗЭ играют экспериментальные исследования. Главной целью данного исследования было изучить фазовые отношения в модельной гранитной системе и распределение РЗЭ между алюмосиликатным и солевым расплавами и флюидом при 700 и 800 °С и 1 и 2 кбар в присутствии воды от 0 до 50 мас. %.

**Методика эксперимента.** Опыты проводились в герметично заваренных платиновых ампулах диаметром 3 мм и длиной 25 мм на установке высокого газового давления («газовая бомба») в институте экспериментальной минералогии РАН. Было проведено две серии опытов: 1 серия – Т=700 °С и Р=1 и 2 кбар и 2 серия – Т=800 °С и Р=1 и 2 кбар с содержанием воды от 0 до 50 мас.%. Анализы главных породообразующих и редкоземельных элементов в фазах проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа Jeol JSM-6480LV (Япония) с энерго-дисперсионным INCA Energy-350 и кристалл-дифракционным INCA Wave-500 (Oxford Instrument Ltd., Великобритания) спектрометром в лаборатории локальных методов исследования вещества кафедры петрологии геологического факультета МГУ. В лаборатории геохимии МГУ на масс-спектрометре с индукционно-связанной плазмой ICP MS 2000 были исследованы твердые продукты опытов и флюид.

Состав задаваемого расплава для всех опытов соответствовал гранитной эвтектике системы кварц-альбит-ортоклаз при 690 °С, 1 кбар H<sub>2</sub>O и 1 мас.% F [3] и содержал 1,5 мас.% Li. В систему также в равных соотношениях были добавлены составы солей, отвечающие

Li, K, Na фториду криолитовой стехиометрии. Для приготовления исходных составов использовались следующие реактивы: LiF, K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, NaF, AlF<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, дистиллированная вода. Редкие элементы вводились в виде оксидов по 0,5 мас. %.

**Результаты и обсуждения экспериментов.** В результате проведения экспериментов показано, что фазовые отношения в зависимости от термодинамических параметров, в целом, не отличаются. Они представлены алюмосиликатным расплавом (L), алюмофторидным солевым расплавом (LF) и водным флюидом (F1). При 700 °С появляются кристаллы криолитонитовой стехиометрии, что говорит о приближении системы к солидусу при понижении температуры опытов. Видна прямая зависимость растворимости воды в системе с увеличением давления, судя по увеличению количества и размеров пор в обоих расплавах. Экспериментально получены результаты по распределению РЗЭ между силикатным и солевым расплавами и флюидом. Установлено, что РЗЭ, Sc, Y и Li предпочитают преимущественно входить в солевой расплав, образующийся в Li- и F-содержащей гранитной системе в результате жидкостной несмесимости. Во флюид РЗЭ распределяются на ~2 порядка меньше, чем в силикатный и на ~3 порядка меньше, чем в солевой. Впервые показано для данной системы, что Кр (LF/L) РЗЭ существенно зависит от давления. Увеличение давления до 2 кбар при обеих температурах приводит к уменьшению коэффициентов разделения между солевым и алюмосиликатным расплавами, что связано со сближением концентраций редкоземельных элементов в силикатном и солевом расплаве. Также показано, что при понижении температуры коэффициенты разделения уменьшаются. Намечается тенденция увеличения коэффициентов Кр (LF/L) РЗЭ с увеличением содержания воды в системе. Причинами зависимости поведения РЗЭ, лития, скандия и иттрия от давления, температуры и содержания воды в системе связаны, вероятно, с изменением структуры алюмосиликатного и солевого расплавов и растворимости воды в них при различных условиях эксперимента.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-05-00859.*

#### **Литература:**

1. Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И. Поведение редкоземельных элементов и иттрия на заключительных этапах дифференциации фторсодержащих магм. Геохимия. №11.2005. С. 45-59.
2. Алферьева Я.О., Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И. Экспериментальное изучение фазовых отношений в литий содержащей богатой фтором гаплогранитной и нефелинсиенитовой системе. Геохимия. №7. 2011. С. 713-728.
3. Т. И. Щекина Т.Щ., Граменицкий Е.Н., Алферьева Я.О. Лейкократовые магматические расплавы с предельными концентрациями фтора: эксперимент и природные отношения. Петрология. 2013. т.21. №5. с.499-516.
4. Manning D. The effect of fluorine on liquidus phase relationships in the system Qz-Ab-Or with excess water at 1 kb. Contrib. Mineral. Petr. V. 76, 1981, pp. 206-215



## ОСОБЕННОСТИ СРЕДНЕПАЛЕОЗОЙСКОГО МАГМАТИЗМА ЮГО-ВОСТОКА ЯКУТИИ (ХРЕБЕТ СЕТТЕ-ДАБАН)

*Савельев А. Д.<sup>1</sup>, Худoley А. К.<sup>1</sup>, Лебедева О. Ю.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

[aleksandr.d.savelev@gmail.com](mailto:aleksandr.d.savelev@gmail.com)

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский геологический институт

им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Проведён анализ геохимических проб из базитовых даек и покровов в районе хребта Сетте-Дабан. По Nb/Y отношению изученные магматические тела разделяются на 2 группы и коррелируются с среднедевонско-франскими и фаменско-раннекарбонowymi эффузивами Джалканского комплекса. Полученные значения  $\epsilon\text{Nd}(t)$ , а также графики распределения РЗЭ свидетельствуют о возможном влиянии на состав магматических тел процессов контаминации, либо о существовании двух магматических источников с характеристиками E-MORB и OIB при зональном строении мантийного плюма, что характерно для обстановок континентальных рифтов.

Ключевые слова: магматизм, Сетте-Дабан, геохимия

## FEATURES OF MIDDLE PALEOZOIC MAGMATISM OF THE SOUTH-EAST OF YAKUTIA (SETTE-DABAN RIDGE)

*Savelev A. D.<sup>1</sup>, Khudoley A. K.<sup>1</sup>, Lebedeva O. Yu.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia,

[aleksandr.d.savelev@gmail.com](mailto:aleksandr.d.savelev@gmail.com)

<sup>2</sup>A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia,

Abstract. Study of mafic dikes and volcanic flows in the Sette-Daban ridge is carried out. According to the Nb/Y ratio, the studied magmatic bodies can be divided into 2 groups which correlated with the Middle Devonian-Frasnian and Famennian-Early Carboniferous volcanic flows of the Dzhalkan complex. The obtained values of  $\epsilon\text{Nd}(t)$ , as well as the REE distribution, indicate either the possible influence of contamination on the composition of igneous bodies or the occurrence of two magmatic sources with E-MORB and OIB characteristics in the zonal structure of the mantle plume, which is typical for continental rifts.

Key words: magmatism, Sette-Daban, geochemistry

Верхоянская складчато-надвиговая система расположена вдоль восточной окраины Сибирской платформы и протягивается в субмеридианальном направлении на 2500 км. Система подразделяется на приплатформенную зону форланда и расположенную восточнее зону хинтерланда. Зону форланда можно разделить на несколько секторов, самым южным из которых является Южно-Верхоянский [4].

Одним из нерешённых вопросов в геологии Южного Верхоянья является расчленение и корреляция широко проявленных в его пределах комплексов даек основного состава. Геохимические исследования региона проводились ещё в 70-80ых годах XX века и во многом устарели. Помимо этого, в работах того времени весьма незначительно был охарактеризован раннекаменноугольный магматический комплекс.

Для исследования были выбраны среднепалеозойские базальтовые покровы Джалканского комплекса, представленные литокластическими туфами, порфиритами, миндалекаменными базальтами и трахибазальтами, а также долеритовые силлы и дайки, наиболее широко проявленные в области развития осадочных комплексов кембрия-силура. Пробы отбирались на 3 участках, охватывающих северную и центральную части хребта Сетте-Дабан.

В связи со значительными вторичными изменениям пород, нередко искажающими соотношения щелочных элементов, для разделения магматических пород на группы было предложено использовать отношение Nb/Y [5]. Среди магматических тел среднепалеозойского Джалканского комплекса были выделены 2 группы: с высоким отношением Nb/Y или с повышенной щелочностью (покровы среднего девона и франского яруса), и с низким Nb/Y отношением или с пониженной щелочностью (покровы фаменского яруса).

В исследуемых интрузивных телах (дайках и, реже, силлах) отношения также отчетливо выделяются две группы, коррелируемые по величине Nb/Y с покровами Джалканского комплекса. Эта корреляция подтверждается и сходством распределений РЗЭ и ряда других малоподвижных элементов. По этим параметрам они, соответственно, были отнесены к среднедевонско-франскими и фаменско-раннекарбовыми магматическим комплексам (рис. 1).

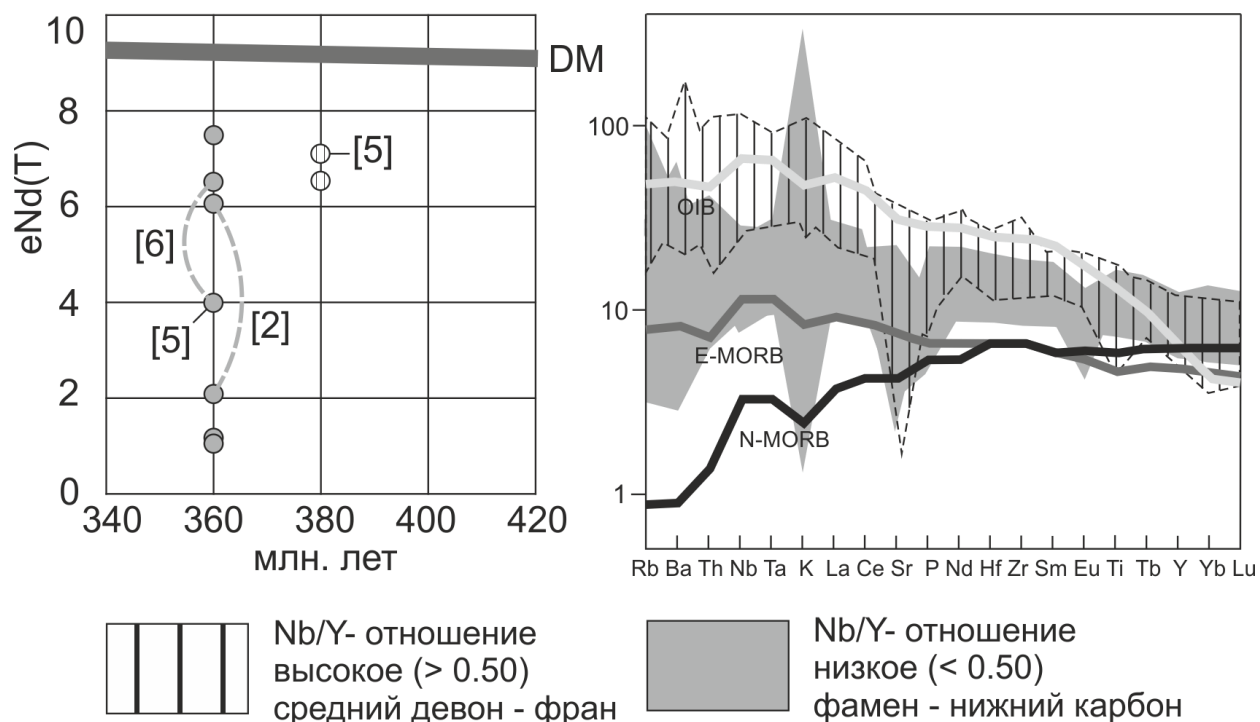


Рисунок 1 - Результаты изотопных исследований по Sm-Nd. Примечание: расчет  $\epsilon_{Nd}(t)$  проводился для 380 млн лет; DM – линия деплетированной мантии, по [2, 5, 6] (слева). Спайдерграммы всех изученных тел, нормировано к примитивной мантии, по [7] (справа).

Среднедевонские-франские эффузивные комплексы в основном попадают в поля внутриплитных (континентальных) базальтов. Для фаменских-нижнекарбонных эффузивов характерны поля океанических толеитовых базальтов. Аналогичным образом распределились и интрузивные образования.

Среди проанализированных даек преобладают тела, по своим геохимическим характеристикам аналогичные верхнедевонским-нижнекарбонным эффузивным комплексам. Это существенно отличает этот регион от других районов восточной окраины Сибирской платформы, для которых наиболее интенсивным периодом магматизма является франский век [1, 4].

Полученные данные ( $\epsilon\text{Nd}(T)$ , рис. 1) свидетельствуют об изменении состава магматических пород с течением времени от среднего девона к раннему карбону, указывая на эволюцию магматического источника. Происходит смещение от умеренно-щелочных базальтов к толеитовым и от калий-натриевой серии к натриевой. Возрастает содержание окислов алюминия, а количество окислов титана, фосфора и лёгких РЗЭ убывает. Нельзя исключать и альтернативной интерпретации – существования двух магматических источников с характеристиками E-MORB и OIB со среднего девона по ранний карбон. Обе схемы эволюции обстановок магматизма характерны для континентальных рифтов [2].

#### Литература:

1. Гайдук В. В. Виллойская среднепалеозойская рифтовая система. Якутск. ЯФ СО АН СССР. 1988. 128 с.
2. Киселев А. И., Ярмольюк В. В., Колодезников И. И. Сравнительная характеристика среднепалеозойского и позднерифейского плюмового магматизма Сибирской платформы (по результатам изотопно-геохимических исследований базитов Сетте-Дабана) Доклады Академии Наук. 2010. Т. 430. № 1, с. 70–77.
3. Колодезников И. И., Левашов К. К., Маршинцев В. К., Мишнин В. М., Шкодзинский В. С. Геология и перспективы алмазности юго-восточной окраины Сибирской платформы и Сетте-Дабана. Москва. Недра. 1996., 160 с.
4. Прокопьев А. В., Дейкуненко А. В., Деформационные структуры складчато-надвиговых поясов. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). Парфенов, Л.М., Кузьмин, М.И. (ред.). М.; МАИК Наука/Интерпериодика. 2001. с. 156–198.
5. Худолей А. К. Тектоника пассивных окраин древних континентов (на примере восточной окраины Сибирской и ападной окраины Североамериканской платформ). Диссертация на соискание ученой степени д-ра геол.-минерал. наук. Москва. 2003. 473 с.
6. Kiselev A. I., Ernst R. E., Yarmolyuk V. V., Egorov K. N.. Radiating rifts and dyke warms of the middle Paleozoic Yakutsk plume of eastern Siberian craton. *Journal of Asian Earth Sciences*. Vol. 45. 2012. p. 1-16
7. Sun S.-S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (eds.) *Magmatism in the Ocean Basins*. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 42. 1989. p. 313-345

## ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛЕВОГО БЕРЕГА ДОЛИНЫ Р. ЕНИСЕЙ В СЕВЕРО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЕ

*Савельева П.Ю.<sup>1,2</sup>, Маликов Д.Г.<sup>1</sup>, Вольвах А.О.<sup>1</sup>, Вольвах Н.Е.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт Геологии и Минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия  
[poli@igm.nsc.ru](mailto:poli@igm.nsc.ru)

<sup>2</sup>Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,  
Новосибирск, Россия

Аннотация. Рассмотрены основные черты геоморфологического строения долины р. Енисей в пределах Северо-Минусинской котловины с целью основных этапов развития ландшафтов в четвертичном периоде. Был проведен краткий анализ экзогенных геологических процессов, даны морфометрическая характеристика и морфогенетические особенности исследуемой территории. Исследование этого вопроса находится на начальном этапе и требует более тщательного всестороннего изучения истории развития долины р. Енисей и его притоков с привлечением комплексов геологических методов.

Ключевые слова: долина р. Енисей, Северо-Минусинская котловина, речные террасы

## GEOMORPHOLOGICAL STRUCTURE OF THE LEFT BANK OF THE YENISEI RIVER VALLEY IN THE NORTH-MINUSINSK BASIN.

*Saveleva P.U.<sup>1,2</sup>, Malikov D.G.<sup>1</sup>, Volvakh A.O.<sup>1</sup>, Volvakh N.E.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia,  
[poli@igm.nsc.ru](mailto:poli@igm.nsc.ru)

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The main features of the geomorphological structure of the Yenisei river valley in the North-Minusinsk Basin for the main stages of the development of landscapes in the Quaternary period are considered. A brief analysis of exogenous geological processes was carried out, morphometric characteristics and morphogenetic features of the investigated territory were given. The study of this issue is at the initial stage and requires a more thorough comprehensive study of the history of the development of the Yenisei river valley and its tributaries with the use of geological methods.

Keywords: The Yenisei river valley, North-Minusinsk Basin, river terraces.

Основная цель работы авторов связана с реконструкцией истории развития фауны млекопитающих Минусинской котловины на протяжении позднего неоплейстоцена. Решение этого вопроса требует привлечения комплекса палеонтологических и геолого-геоморфологических методов. Понимание геоморфологического строения территории позволяет определить характер изменения строения исследуемых разрезов, их мощности и распространение в различных геолого-геоморфологических обстановках. Установление

возраста рельефа дает возможность выделить древние, молодые и современные комплексы форм, что необходимо при реконструкции палеоландшафтных обстановок. Детальность подразделений определяется конкретными орографическими условиями изучаемого региона.

Район исследования находится на участке левобережья р. Енисей в пределах Северо-Минусинской котловины. В литературе можно встретить другие названия этой котловины: Чебаково-Баралатхтинская [1, 2] и Чулымо-Енисейская [3]. Протяженность котловины с северо-востока на юго-запад составляет около 180 км, а ширина меняется от 60 до 100 км. Котловина является частью Назаровско-Минусинской межгорной впадины по Мистрюкову [2], которая разделена субширотными хребтами-перемычками на ряд понижений и котловин. Северо-Минусинская котловина ограничена с севера и юга Солгонским и Батаневским кряжами. Эти хребты рассматриваются с одной стороны, как элементы Минусинской межгорной впадины [2], и в тоже время являются отрогами Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау [4]. Рельеф горного обрамления котловины сильно расчленен долинами рек, меняется от низкогорного до мелкосопочного пенеппенизированного. Абсолютные отметки уплощенных водоразделов колеблются от 500 до 900 метров, глубина вреза речной сети достигает 300 м [1, 2]. Ближе к осевым частям хребтов Кузнецкого Алатау и Восточного Саяна высоты водоразделов увеличиваются до 1500 м, а глубина врезания рек до 500 м и более. Покров рыхлых отложений в горной части района практически отсутствует.

Рельеф Северо-Минусинской котловины неоднороден. В северной части между Солгонским кряжем и долиной р. Чулым преобладает волнистая лесостепная равнина, наклоненная на юго-восток. Абсолютные отметки снижаются на восток от 600 до 280-300 м. Уменьшается глубина эрозионного вреза заболоченных долин рек и балок, в том же направлении увеличивается мощность чехла рыхлых отложений.

Южная часть котловины характеризуется мозаичным чередованием небольших котловин с холмисто-куэстовых массивов. Южная половина Северо-Минусинской котловины наклонена на северо-восток. Абсолютные высоты водоразделов изменяются от 450 до 750, глубина эрозионного вреза достигает 180 м. Межрядовые понижения часто заняты озерами: Шира, Иткуль, Беле, Черное, Фыркал и др.. Современные небольшие долины рек здесь практически отсутствуют, но широко распространены обширные сухие ложбины с протекающими по ним временными водотоками, местами выполненные древними аллювиальными отложениями. Крупные долины рек, такие как Енисей, Чулым, Черный и Белый Июс, пересекают южную часть Северо-Минусинской котловины поперек простирания куэст и гряд.

Долина р. Енисей в пределах Северо-Минусинской котловины характеризуется чередованием расширенных и узких участков, приуроченным к синклинальным и антиклинальным структурам. Сразу после выход из Батаневского кряжа Енисей образует долину шириной до 9 км, ниже по течению в районе Анашинского бора долина сужается до 3,5-5 км, в районе с. Новоселово она вновь расширяется до 7-10 км и т.д. В восточной части Солгонского кряжа долина Енисея сужается до 1 км, образуя так называемую «Енисейскую трубу» [2].

Долина р. Енисей в пределах Северо-Минусинской котловины характеризуется хорошо выраженными террасовыми комплексами: верхним и нижним. Строение комплекса террас по данным разных авторов не однозначно. Дроздов Н. И., Чеха В.П. к верхнему комплексу относят террасы 150-170 м, 110-130 м, 80-100 м, 50-60 м [4]. Аллювиальные

комплексы этих террас и их коренные цоколи перекрыты разновозрастными мощными покровами лессовидных отложений.

Нижний комплекс включает аллювиальные I (6-8 м) и II (15-18 м) и III цокольную (35-40 м) террасы. В связи созданием Красноярского водохранилища в 1971 г., уровень воды в Енисее стал выше на 55-65 метров относительно прежнего уреза реки. Соответственно в настоящее время нижний комплекс террас затоплен, и его изучение возможно только по литературным данным. В тоже время в результате абразионной деятельности на склонах высоких террас были вскрыты новые обнажения и археологические стоянки.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-35-00118 государственного задания (проект № 330-2016-0017).*

#### **Литература:**

1. Мистрюков А.А. Геоморфологическое районирование Назаровско-Минусинской межгорной впадины. Новосибирск. ОИГГМ. 1991. 130 с.
2. Суворова В.С. Влияние тектоники на рельеф северной части Минусинской котловины. Труды Всесоюз. аэрогеол. трест. 1959. Вып. 5. С. 165-178.
3. Эдельштейн Я.С. Геологический очерк Минусинской котловины и прилегающих частей Кузнецкого Алатау и Восточного Саяна. Л. Изд-во АН СССР. 1932. 59 с. (Очерки по геологии Сибири; Вып. 4).
4. Дроздов Н. И., Чеха В.П., Хазартс П. Геоморфология и четвертичные отложения Куртаковского георхеологического района (Северо-Минусинская впадина). Красноярск: РИО КГПУ. 2005. 112 с.

**ЖАРЧИХИНСКОЕ МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ КАК ПРИМЕР  
ПОЛИФОРМАЦИОННОГО МНОГОЭТАПНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

*Савченко А.А., Рипп Г.С.*

Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия,  
[savchenko@ginst.ru](mailto:savchenko@ginst.ru)

Аннотация. В публикации приведены данные о минеральном составе и взаимоотношениях разновозрастных парагенезисов Жарчихинского молибденового месторождения. На месторождении, кроме молибденитовой, установлены также флюорит-фенакит-берtrandитовая, алюмофосфатно-алюмофторидная и флюорит-карбонатная минеральные ассоциации. Фтор-бериллиевая, как и алюмофторидная минерализации пространственно разобщены друг от друга и от молибденового этапа. Флюорит-кальцитовая ассоциация по изотопно-геохимическим исследованиям близка с карбонатитами и потому также не может считаться генетически связанной с молибденовым этапом.

Ключевые слова: молибденовое месторождение, алюмофториды, F-Be минерализация, карбонатиты(?)

**GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF MINERAL PARAGENESES OF THE  
ZHARCHIKHA MOLYBDENUM DEPOSIT (REPUBLIC OF BURYATIA)**

*Savchenko A.A., Ripp G.S.*

Russian Academy of Sciences Geological Institute of SB RAS, Ulan-Ude, Russia,  
[savchenko@ginst.ru](mailto:savchenko@ginst.ru)

Abstract. The article presents data of the mineral composition and relationships of the different-age mineral associations of the Zharchikha Mo-deposit. Apart from Molybdenite there are F-Be, Al-F and carbonate mineralizations. All of them have different ages. The fluorite-calcite mineralization is close to carbonatites by isotope-geochemical features.

Key words: Mo deposit, Al-F mineralization, F-Be mineralization, carbonatites(?) .

Одной из особенностей Жарчихинского месторождения является присутствие на его площади флюорит-берtrandит-фенакитовой, алюмофторидно-алюмофосфатной и флюорит-карбонатной ассоциаций, природа и связь между которыми, также, как и с молибденовой требует обоснования. Алюмофторидная минерализация не установлена ни на одном из многих десятков молибденовых проявлений и месторождений Западного Забайкалья [1, 2]. Она не характерна также и для молибденовых месторождений других регионов [3, 4], связанных с гранитами. Более типична такая минерализация для щелочных комплексов пород. Также предполагается автономность происхождения фтор-бериллиевой и карбонатной минерализации.

Жарчихинское месторождение молибдена находится в 40 км Ю-ЮЗ от г. Улан-Удэ. Оно изучено на стадии предварительной разведки. На прилегающей к месторождению

территории известно несколько рудопроявлений и месторождений молибдена (Колобковское, Куналейское, Хардебанское, Надеинское, Право-Куйтунское и др.), свидетельствующие о специализации ее на этот тип полезного ископаемого.

Особенности геологического строения и вещественный состав руд месторождения приведены в [1, 2, 6 – 8] (см. табл.).

**Таблица 1. Последовательность формирования минеральных ассоциаций месторождения Жарчиха**

<b>Этапы образования</b>	<b>Ассоциации минералов</b>	<b>Метасоматические процессы</b>
Молибденовый	Молибденит-кварцевая «Сухие» молибденитовые прожилки Кварц-сульфидная	Окварцевание Флюоритизация Пиритизация
Фтор-бериллиевый	Кварц-полевошпат-флюорит-берtrandит-фенакитовая	Калишпатизация Альбитизация Флюоритизация
Алюмофторидный	Кварцевые прожилки с анатазом, арфедсонитом, эгирином, тайниолитом Алюмофторидная с кварцем, флюоритом, алюмофосфатом, каолинитом, карбонатами, баритом, сульфидами	Аргиллизация Карбонатизация
Флюорит-карбонатный	Флюорит, кальцит, магнетит, калиевый полевошпат, слюда	Карбонатизация

Месторождение представлено субвертикальным столбообразным телом минерализованных брекчий, сложенных гранитами, сиенитами, микродиоритами и трахитами. Штокверк размером 750x250 м в плане разведан на глубину 500–550 м, а двумя скважинами прослежен до глубины 800 м.

Молибденовая минерализация слагает прожилки молибденитового и кварц-молибденитового состава, рассеянную вкрапленность, сгустки агрегатных скоплений в интенсивно дробленных породах, которые являются главными рудными компонентами штокверка.

В алюмофторидно-алюмофосфатной ассоциации установлены прозопит, ральстонит, геарксутит, жарчихит, черчит и минерал группы плюмбогуммита. Она установлена в центральной части месторождения, где слагает несколько зон минерализованных брекчий.

Флюорит-кварц-полевошпатовые прожилки с бериллийсодержащими минералами (фенакитом и берtrandитом) встречены в периферических частях месторождения.

Карбонатная минерализация завершает формирование месторождения. Она сложена кальцитом и флюоритом и встречена в виде обломков в пределах месторождения.

Анализ как зарубежных [3-5], так и отечественных [2, 6, 8, 9-10] публикаций по молибденовым месторождениям показал, что фтор-бериллиевая [11] и алюмофторидная минерализации не являются типоморфными. Подобную минерализацию можно выделить в специфический минеральный тип.



Фтор-бериллиевая минерализация идентична с распространенным в регионе флюорит-фенакит-бертрандитовым оруденением, находящимся в пределах Западно-Забайкальской бериллиеносной провинции [12] и имеющую возраст 224–226 млн. лет [13].

Алюмофторидная минерализация, как известно, является типоморфной для щелочных комплексов пород. Согласно проведенным исследованиям она также оторвана от рудного этапа.

Результатами изотопно-геохимических исследований установлена близость флюорит-кальцитовых пород к карбонатитам, широко представленным в регионе и потому она также не может считаться генетически связанной с молибденовым этапом.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ 17-05-00129\_а.*

#### **Литература:**

1. Покалов В.Т. Рудно-Магматические системы гидротермальных месторождений. Москва. Недра. 1992. 177 с.
2. Батурина Е.Е., Рипп Г. С. Молибденовые и вольфрамовые месторождения Западного Забайкалья (основные черты металлогении и геохимии). Москва. Наука. 1984. 152 с.
3. Liu Q.-Q., Shao Y.-J., Li Y.-F., Luo Z.-Z. Processes and ore genesis at the Yaochong Mo deposit, Henan Province, China. *Ore Geology Reviews*. 2017. V. 86. P. 692–706.
4. Wang Z.-G., Wang K., Wan D., Konare Y., Yang T.-N., Liang Y.-H. Metallogenic age and hydrothermal evolution of the Jidetun Mo deposit in central Jilin Province, northeast China: Evidence from fluid inclusions, isotope systematics, and geochronology. *Ore Geology Reviews*. 2016. V. 89. P. 731–751.
5. Chen X., Gehrels G., Yin A., Zhou Q., Huang P. Shrimp U–Pb, Ar–Ar and fission-track geochronology of W–Mo deposits in the Balkhash Metallogenic Belt (Kazakhstan), Central Asia, and the geological implications. *Journal of Asian Earth Sciences*. 2015. V. 110. P. 19–32.
6. Верник В.П. Рипп Г.С. Жарчихинское молибденовое месторождение. В кн. Месторождения Забайкалья. Чита. 1995. Т.1. Кн.1. С. 176–179.
7. Платов В.С., Терещенков В.Г., Савченко А.А., Бусуек С.М., Аносова Г.Б., Полянский С.А. Объяснительная записка листа М-48-VI, серия селенгинская. Москва. Министерство природных ресурсов России. ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург). 2000. 156 с.
8. Покалов В.Т. Болохонцева С.В., Васин В.В. Жарчихинское проявление молибдена в брекчиевой трубке в каледонидах Западного Забайкалья. *Известия. Сер. геологическая*. 1985. №7. С. 99–107
9. Покалов В.Т. Рудно-Магматические системы гидротермальных месторождений. Москва. Недра. 1992. 177 с.
10. Скрипкина В.В., Верник В.Л., Рейф Л.И. Новая вулканическая структура с молибденовой минерализацией в Западном Забайкалье. Доклады АН СССР. 1982. Т. 264. № 6. С. 1461–1464.
11. Рампилов М.О. Рипп Г.С., Избродин И.А., Ласточкин Е.И., Посохов В.Ф. Проблема источников флюидов Оротского бериллиевого месторождения (Западное Забайкалье) Известия Сибирского отделения. Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 1. С. 42–51.
12. Куприянова И.И., Шпанов Е.П. Бериллиевые месторождения России. Москва. ГЕОС. 2011. 354 с.
13. Лыхин Д.А., Ярмлюк В.В. Западно-Забайкальская бериллиевая провинция: месторождения, рудоносный магматизм, источник вещества. Москва. Геос. 2015. 256 с.

**РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ  
ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА И УРАЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ НА ПРИМЕРЕ  
ИСЯНГУЛОВСКОЙ ПЛОЩАДИ**

*Сагдеева Н.С.*

Томский политехнический университет, г.Томск, Россия, [sag-nyrija@mail.ru](mailto:sag-nyrija@mail.ru)

Аннотация: В работе представлены особенности литологического строения зоны сочленения Предуральского краевого прогиба и Уральской складчатой системы на примере Исянгуловской площади. Используя данные о литологических разностях изучаемой площади, с помощью фациального анализа были реконструированы условия осадконакопления. В результате был построен график изменения глубин палеобассейна, по которому можно выделить несколько характерных тектонических эпох, оказавших влияние на становление Исянгуловской площади и всей зоны сочленения Предуральского краевого прогиба и Уральской складчатой системы.

Ключевые слова: сочленение Предуральского краевого прогиба и Уральской складчатой системы, литологическое строение, условия осадконакопления.

**RECONSTRUCTION OF SEDIMENTATION CONDITIONS IN THE ZONE OF  
ARTICULATION OF THE PRE-URAL MARGINAL TROUGH AND URAL FOLDING  
USING THE EXAMPLE OF ISSYGULOVSKAYA AREA**

*Sagdeeva N.S.*

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, [sag-nyrija@mail.ru](mailto:sag-nyrija@mail.ru)

Annotation: The article presents features of the lithological characteristic of the zone of articulation of the Ural foredeep and the Ural fold system on the example of Isyangulovskaya area. Using data on the lithological differences of the studied area and facies analysis, the conditions of sedimentation were reconstructed. As a result, was constructed a plot of the changes the depths of the paleobasin. This allowed to identify several tectonic epochs that influenced on the formation of Isyangulovskaya area and the entire zone of articulation of the Pre-Ural foredeep and the Ural fold system.

Keywords: The Ural foredeep and the Ural fold system, lithological structure, sedimentation conditions.

Исянгуловская площадь находится, на стыке Уральской складчатости и Восточно-Европейской платформы. В административном отношении лист располагается на юго-западе Республики Башкортостан и на востоке Оренбургской области. Номенклатура геологического листа Исянгуловской площади N-40-XXXIII.

Реконструкция картины геологической эволюции Исянгуловской площади, основана на формационном анализе вещественных комплексов, которые, безусловно, вписываются в модель палеодинамического развития Южного Урала [4].

На площади представлены отложения девонского, каменноугольного, пермского, триасового, палеогенового и неогенового возрастов. Соответственно, самые древние обнажающиеся отложения на площади девонского возраста, самые молодые – неогенового.

В качестве исходного материала были использованы: материал предшественников и собственный материал, накопленных по ходу исследований.

Итак, по фациальному анализу обнажающихся отложений Исянгуловской площади удалось восстановить следующие условия осадконакопления и, соответственно, историю геологического развития.

Франское время верхнего девона ознаменовалось началом трансгрессии бассейна. На рифогенных карбонатах бельской свиты структурируется углеродисто-силицитовая формация ибрагимовской толщи. Фаменское время на Южном Урале ознаменовалось началом коллизии и, соответственно, возникают волновые движения в бассейне. В результате, в пределах континентального склона накапливается мощная граувакковая флишевая формация (зилаирская свита) [2,3].

В турнейское и визейское времена нижнего карбона преддуговой прогиб испытывает общую регрессию и сокращение [3].

Своего максимума регрессия достигает в серпуховское время (бухарчинская свита) когда условия накопления мелководных органогенно-обломочных известняков доминируют над всеми остальными. С этого времени участие вулканогенных комплексов островной дуги в области питания терригенных осадков существенно сокращается. В составе кластического материала начинают превалировать обломки карбонатов (карбонатные песчаники), типичны проявления результатов сползания и обрушения периферических карбонатных частей окраинного бассейна вниз по склону шельфа с формированием характерных конгломерато-брекчий. Серпуховская регрессия сменяется постепенным углублением окраинного бассейна с формированием унбетовской и кугарчинской флишевой формации, которая в свою очередь замещается золотогорскими известняками, сформированными вследствие регрессии в московское время среднего карбона. Данная закономерность выдерживается на протяжении и всего верхнего карбона и большей части нижнего приуральского отдела перми. Постепенно содержание в песчаниках обломков эффузивов замещается карбонатами и глинами [2].

Решающие события происходят в артинское время. На Урале идет пик герцинской эпохи тектоногенеза, закладываются высокоамплитудные надвиги. Начинается рост горного сооружения [4]. Окраинный бассейн Исянгуловской площади перерождается в Предуральский краевой прогиб, быстро заполняющийся флишевой и морской молассовой формацией (акташкинская, бейгенджинская, нежинская, осинонская, белебеевская, салмышевская и гребенская свиты). В результате продолжающейся трансгрессии и сближения рифовой островодужной дуги с Восточно-Европейской платформой, в кунгуре образуется внутриконтинентальный бассейн, где резко повышается соленость и формируется отложения гипсов и ангидритов, а также соленосная моласса. В поздней (татарской) перми накапливаются речные или прибрежные фации континентальной молассы. Вероятно, в это время в пределах западного крыла Зилаирского синклиория структурируются взбросы (сбросы) в парагенезисе с простыми открытыми или сжатыми

синклиналями и антиклиналями, формируется Ашинско-Алимбетовская складчатость с аналогичным Зилаирскому синклиниорно строением.

Формирование современного строения начинается в раннем триасе в результате надвиговых деформаций. На примыкающей восточной части прогиба структурируются брахискладки и мульды. Начинается горообразовательный процесс. По западной периферии во внутриконтинентальном бассейне накапливается комплекс аллювиальных, отчасти пролювиальных отложений обломочной красноцветной формации триаса. На западе территории (валунные конгломераты капанской свиты) динамика осадконакопления наиболее интенсивная. К позднему триасу она постепенно снижается, грубые осадки замещаются тонкими песчано-глинистыми. В конце триаса завершаются складчато-разрывные дислокации, Уральская складчатость окончательно прекращает свое развитие как мобильная область, превратившись в одноименную складчатую систему. В это время закладываются глубинные разломы северо-западного простирания, прошивающие нижний и средний структурные этажи, Волго-Уральскую антеклизу, предуральскую складчатость и Башкирский антиклинорий. Соляная тектоника в подавляющем своем большинстве связана именно с данными разрывами.

Начиная с юрского времени, вся территория Урала вступает в платформенный этап развития. На площади в юрское время начинается внедрение вязко-текучих сульфатно-галогеновых кунгурских образований в верхние приповерхностные слои и структурирование диапиров [1]. При достижении уровня грунтовых вод начинается интенсивное выщелачивание, карстообразование и формирование инверсивных депрессионных форм над куполами галогенового комплекса, которые заполняются континентальными отложениями угленосной формации (юра – миоцен).

Таким образом, проведенные исследования по реконструкции палеозойского осадконакопления на Исянгуловской площади выявили особенности строения данного осадочного бассейна:

- Развитие карбонатной платформы характеризовалось неоднократной сменой морских обстановок, изменением геоморфологии дна бассейна и абриса континентальной окраины и завершилось мощным континентальным осадконакоплением на рубеже ранней и средней перми (орогенез и закрытие Палеоуральского океана).

- Показано, что региональные особенности режимов седиментации и связанное с ними формирование перспективных коллекторов полезных ископаемых на разных этапах истории палеозойского осадочного бассейна контролировались, прежде всего, тектонической эволюцией.

#### **Литература:**

1. Гаряинов В.А., Маврин К.А. Дизъюнктивные мульды Оренбургского Приуралья. В кн: Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Изд-во Саратов. ун-та. Саратов. 1966. Вып.3 ч.3; Кайнозой 213-246 с.
2. Келлер Б.М. Флишевая формация палеозоя в Зилаирском синклиниории на Южном Урале и сходные с ней образования. Тр. Ин-та геол. Наук. Вып.104 Геол. серия (№34). 1949. 165 с.
3. Мизенс Г.А. Верхнепалеозойская флишевая формация Западного Урала. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Екатеринбург. 1995.
4. Пучков В.Н. Геология Урала и Предуралья/ (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении) Уфа, ДизайнПолиграфСервис. 2010. 280 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МАЛЫХ РЕК СТЕПНОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ РЕК РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

*Сазонов А.Д.*

Институт наук о Земле Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия,  
[alexei.sazonow2016@ya.ru](mailto:alexei.sazonow2016@ya.ru)

Аннотация. В статье рассматривается экологическое состояние малых рек степной зоны на примере Ростовской области. Уделяется внимание важнейшим источникам негативного воздействия на водные объекты: сельскохозяйственная деятельность и добыча полезных ископаемых. В заключение статьи рассматриваются проблемы изучения экологического состояния водных объектов региона.

Ключевые слова: экологические проблемы малых рек, реки степной зоны, реки Ростовской области.

## ECOLOGICAL PROBLEMS OF SMALL RIVERS OF THE STEPPE ZONE (ON THE EXAMPLE OF ROSTOV REGION)

*Sazonov A.D.*

Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia,  
[alexei.sazonow2016@ya.ru](mailto:alexei.sazonow2016@ya.ru)

Abstract. The article deals with the ecological state of small rivers of the steppe zone on the example of the Rostov region hydro network. Attention is paid to the most important sources of negative impact on water bodies: agricultural activities and mining. At the end of the article the problems of studying the ecological state of water bodies in the region are considered.

Key words: environmental problems of small rivers, rivers of the steppe zone, rivers of Rostov region.

Экологические проблемы малых рек такие как снижение водности рек, загрязнение, заболачивание территории, снижение биоразнообразия и др. являются весьма актуальными для различных регионов России. Особенно остро эти проблемы проявляются для рек степной зоны, которые в условиях засушливого климата являются весьма уязвимыми перед антропогенным воздействием. Потенциал самоочищения малых рек очень мал, что связано с маловодностью, которой они характеризуются. Также данные реки весьма неустойчивы к резким изменениям климатических условий, что зачастую приводит к их регулярному пересыханию или полному исчезновению. Вдобавок большой проблемой иногда являются экстремально низкие температуры в зимние месяцы, поскольку некоторые малые реки промерзают до самого дна, что приводит к гибели многих гидробионтов. Резкие смены водности малых рек могут приводить к увеличению концентрации многих загрязняющих веществ и уменьшению пространства среды обитания гидробионтов.

Наиболее сильно подвержены негативному влиянию деятельности человека территории и малые реки, расположенные в густонаселённой части страны и в промышленно развитых районах, поэтому примером для рассмотрения данной проблемы были выбраны малые реки Ростовская область.

Ростовская область расположена на юге Русской равнины и частично в Предкавказье. Характеризуется умеренно-континентальным климатом с избытком солнечной радиации и недостатком влаги, что приводит к исчезновению многих малых рек, которое сильно влияет на обмеление р. Дон и его общее экологическое состояние. Почти половина области отличается овражно-балочным рельефом, который существенно подвержен водной и ветровой эрозиям, вызванными антропогенным воздействием в виде сельскохозяйственной деятельности, добычей полезных ископаемых. Все реки данного региона относятся к бассейну Азовского моря, тем самым оказывая значительное влияние на его экологическое состояние.

### ***Воздействие сельского хозяйства***

Доля земель сельскохозяйственного назначения составляет 87,8% от общей площади Ростовской области, из чего можно сделать вывод о том, что большинство рек расположены в небольшом удалении от сельскохозяйственных земель [4]. При ведении сельского хозяйства применяются удобрения и пестициды, которые зачастую выносятся в малые реки. Также в результате вспашки почвы происходит вымывание почвенных частиц из верхних почвенных горизонтов в малые реки области, тем самым влияя на химический состав, концентрацию взвешенных частиц и другие физико-химические показатели, которые в свою очередь являются определяющими при формировании среды обитания гидробионтов. О состоянии малых рек, расположенных на одной территории, можно судить, изучив крупные водные объекты, в которые эти малые реки впадают. В список наиболее загрязнённых рек Ростовской области входит р. Дон, являющиеся самой крупной рекой Ростовской области. Основными загрязняющими веществами р. Дон являются аммонийный и нитритный азот, которые являются продуктами растворения в воде азотных удобрений [2]. Более сотни малых рек, являясь притоками Дона, вносят в его русло воды с повышенным содержанием соединений азота, тем самым негативно влияя на его экологическое состояние. Последствием высоких концентраций соединений азота является эвтрофирование, которое приводит к гибели многих видов рыб, приводящее к серьёзным нарушениям в экосистеме региона.

### ***Воздействие добычи полезных ископаемых***

При рассмотрении влияния добычи полезных ископаемых стоит отметить, что часть Ростовской области относится к Донецкому угольному бассейну (Восточный Донбасс). В 90-е годы многие угольные шахты области были закрыты, из-за чего произошло их затопление подземными водами. Несмотря на то, что это случилось ещё в конце двадцатого века, эта проблема является одной из самых острых в данном регионе. После закрытия угольных шахт произошло изменение качества поверхностных и подземных вод, а также подтопление и заболачивание многих территорий. Больше всего пострадали малые реки: Грушевка, Большой и Малый Несветай, Кадамовка, Аюта, и др. [1].

На территории области имеется огромное количество заброшенных и действующих карьеров по добыче нерудного сырья (различные виды песков, кремнистые породы, строительные камни и т.д.) [3]. Разработка подобных природных месторождений иногда

достигает больших понижений рельефа, что часто приводит к контакту с подземными водами, питающие реки. Добыча полезных ископаемых, как и сельскохозяйственная деятельность, может делать природные ландшафты более уязвимыми к водной эрозии, что также приводит к выносу в малые реки не только частиц почвы, но и мелких обломочных материалов осадочных горных пород, что может значительно изменить жесткость воды и другие её характеристики.

### **Выводы**

Существующие экологические проблемы сильнее проявляются на малых реках. В отличие от больших и средних рек малые реки обладают ограниченными возможностями для самоочищения. Главной особенностью малых рек является то, что их состояние определяется состоянием всей водосборной площади. Поэтому малые реки особенно чувствительны к загрязнению сточными водами от многочисленных объектов-загрязнителей: коммунально-бытовых и промышленных предприятий; животноводческих ферм; складов удобрений, ядохимикатов и горюче-смазочных материалов; мест мойки автотранспорта; автозаправочных станций; свалок бытового и промышленного мусора. Малые реки являются начальным звеном речной сети, и все изменения в их режиме непременно отражаются во всей гидрографической цепи.

Стоит отметить, что экологическим проблемам малых рек Ростовской области уделено немало внимания, но редко рассматривается тот факт, что 90% рек области берут своё начало в соседних или даже отдалённых регионах страны (река Северский Донец вообще пересекает территорию Украины). Многие поверхностные воды достигают Ростовской области уже подверженные антропогенному воздействию, что требует дополнительного изучения, так как невозможно изучать экологическое состояние малых рек области, не учитывая при этом отдельно экологические проблемы крупных рек, притоками которых они являются.

*Исследование проведено в рамках работы Студенческого научного общества «Современные проблемы экологического геохимии» на базе Института наук о Земле ЮФУ.*

### **Литература:**

1. Закруткин В.Е., Гибков Е.В., Скляренко Г.Ю., Решетняк О.С. Сравнительная оценка качества поверхностных и подземных вод Восточного Донбасса по гидрохимическим показателям. Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2016. № 2. С. 91 – 99.
2. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Информация о наиболее загрязненных водных объектах Российской Федерации (приложение к Ежегоднику за 2016 г.) / ред. колл.: Л.И. Минина, Е.Е. Лобченко, В.П. Емельянова и др. Ростов-на-Дону : Росгидромет, 2016. 150 с.
3. Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://xn--d1ahaoghbejbc5k.xn--p1ai/>, свободный. – яз. рус.
4. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2017 году». Ростов-на-Дону. 2018.

## ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕНОСНОСТИ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ШИРОТНОГО ПРИОБЬЯ

*Саитов Р.М.*

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

[SaitovRashid72@gmail.com](mailto:SaitovRashid72@gmail.com)

Аннотация. Опираясь на привязку литологических данных к каротажным диаграммам, на основе комплекса электрического и радиоактивного методов ГИС проведено расчленение и корреляция разрезов поздней юры и раннего мела. В результате интерпретации каротажных диаграмм были построены карты толщин баженовской, георгиевской свиты и подачимовской толщи, проведен анализ их геологического строения. Для оценки перспектив нефтеносности классических разрезов баженовской свиты были использованы следующие критерии: содержание органического углерода, степень катагенетической преобразованности органического вещества, изолированность баженовской свиты выше- и нижележащим флюидоупорами, современные температуры свиты, толщины баженовской свиты. На основе комплексного анализа выбранных критериев была построена карта перспектив нефтеносности классических разрезов баженовской свиты и выделены территории разных категорий перспективности.

Ключевые слова: баженовская свита, катагенез, содержание органического углерода, трудноизвлекаемые запасы.

## PROSPECTS OF OIL-BEARING CAPACITY OF THE BAZHENOV FORMATION IN THE CENTRAL PART OF MIDDLE PRIOBIE

*Saitov R.M.*

Novosibirsk State University , Novosibirsk, Russia, [SaitovRashid72@gmail.com](mailto:SaitovRashid72@gmail.com)

Abstract. Based on the comparison of lithological data and the logging diagrams, the division and correlation of the sections of the Upper Jurassic and Lower Cretaceous were carried out on the basis of the complex of electrical and radioactive logging methods. As a result of the interpretation of the logs, maps of the thicknesses of the Bazhenov, Georgiev and Podachimov Formations were constructed, and their geological structure was analyzed. The following criteria were used to estimate the prospects for the oil content of the classical sections of the Bazhenov Formation: the organic carbon content, the degree of catagenetic transformation of the organic matter, the isolation of the Bazhenov Formation upper and lower the fluid trap, modern temperatures of the Formation, and the thickness of the Bazhenov Formation. On the basis of a complex analysis of the selected criteria, a map was constructed for the prospects of the oil-bearing capacity of the classical sections of the Bazhenov Formation and allocated territories of different categories of prospects.

Key words: Bazhenov Formation, catagenesis, organic carbon content, hard-to-recover reserves.



Россия является одним из признанных мировых лидеров по добыче нефти и газа. Однако, снижение темпов прироста запасов и добычи углеводородного сырья в последние десятилетия за счет открытия новых залежей нефти и газа в гранулярных коллекторах требует изыскания новой ресурсной базы, по масштабам сопоставимой с крупнейшими разрабатываемыми нефтегазоносными провинциями. Согласно парадигме А.Э. Конторовича [1], приоритетными направлениями развития ресурсной базы России являются освоение арктического шельфа и баженовской свиты. В то время как разработка арктического шельфа связана с созданием инфраструктуры в суровых, непригодных для постоянного проживания человека регионах, баженовская свита распространена на территории с развитой нефтедобывающей инфраструктурой. Она является основной нефтематеринской толщей Западно-Сибирского осадочного бассейна. При этом в его центральной части баженовская свита является самостоятельным перспективным объектом для поисков и добычи нефти, ресурсы которого по разным оценкам достигают 500 миллиардов тонн [2]. Таким образом, научная задача, заключающаяся в изучении геологического строения баженовской свиты и выделении наиболее перспективных зон для обнаружения в ней нефти, представляется сегодня актуальным исследованием.

Территория исследования расположена в центральной части Широкого Приобья. В тектоническом отношении большую часть района исследования занимает Хантейская гемиянтеклиза, на северо-востоке выделяется южная часть Ямало-Карской региональной депрессии. С точки зрения нефтегазогеологического районирования изучаемый регион находится в пределах Среднеобской и Надым-Пурской нефтегазоносных областей.

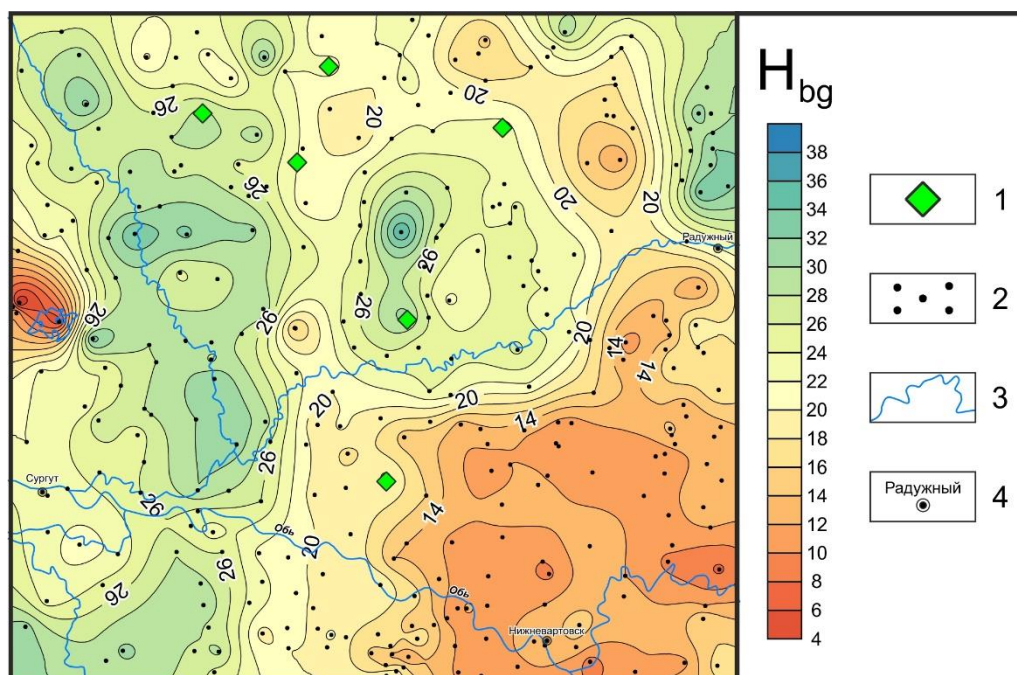
В 2014-2016 году в ИНГГ СО РАН проводилось комплексное изучение баженовской свиты. В рамках этих работ был изучен керн некоторых скважин, расположенных в пределах территории исследования. В процессе аналитических исследований образцов керна были установлены точные границы баженовской и георгиевской свит, полученные значения были сопоставлены с каротажными диаграммами, а данные скважины выбраны в качестве эталонных.

В качестве фактического материала были использованы каротажные диаграммы по 329 глубоким скважинам. Для расчленения и корреляции разрезов баженовской свиты был использован комплекс радиоактивного и электрического методов ГИС, включающий метод потенциалов самопроизвольной поляризации (ПС), каротаж сопротивления (КС), боковой (БК) и индукционный (ИК) каротаж, гамма метод (ГК), нейтронный каротаж по тепловым нейтронам (НКТ), а также кавернометрию (КВ).

По данным каротажа баженовская свита представляет собой высокорadioактивную, высокоомную, плотную и низкопроницаемую толщу пород. Значения кажущегося сопротивления в интервале баженовской свиты не выдержаны по площади, кривые сильно дифференцированы. Максимальные значения естественной радиоактивности в среднем изменяются от 60 до 100 мкР/ч, запись двухмасштабная. Кривые ПС и кавернометрии в пределах свиты сохраняют спокойный характер. Толщины классических разрезов баженовской свиты изменяются от 4 до 37 м, в среднем составляя 21 м (рис. 1).

В соответствии с моделью Ф.Г. Гурари, основным фактором образования нефтяных залежей в баженовской свите считается процесс нефтегенерации, сопровождающийся автофлюидоразрывом, в результате которого и образуется коллектор. Отсюда следует, что при больших количествах исходной органики и высоких значениях катагенеза будут проходить процессы нефтегенерации, а мощные выше- и нижележащие флюидоупоры будут препятствовать эмиграции углеводородов и исчезновению залежей. Таким образом, в рамках этой работы были рассмотрены следующие критерии нефтеносности баженовской свиты: толщины баженовской свиты с современным содержанием органического углерода

больше 7%; значения отражательной способности витринита; изолированность баженовской свиты выше- и нижележащим флюидоупорами, современные температуры баженовской свиты, а также её толщины.



**Рисунок 1 - Карта толщин классических разрезов баженовской свиты. Условные обозначения: 1 – скважины с аналитическими исследованиями керна; 2 – скважины, используемые для построения карты; 3 – гидросеть; 4 – населенные пункты.**

Комплексный анализ выбранных критериев позволил построить карту перспектив нефтеносности классических разрезов баженовской свиты и выделить территории трех категорий перспективности. Высокоперспективные территории были выделены по совпадению благоприятных значений всех выбранных критериев. Так, Сорымско-Русскинская, Вать-Ёганская, Северо-Островная и Западно-Асомкинская зоны приурочены к территориям с высокими содержаниями органического углерода и зрелым органическим веществом, а также областям больших толщин георгиевской свиты. На данных площадях проводились скважинные испытания в интервале классических разрезов баженовской свиты и были получены промышленные притоки нефти. Территории второй категории перспективности (перспективные зоны) также приурочены к зонам высоких содержаний органического углерода, высоких значений катагенетической зрелости органического вещества и повышенных толщин нижележащего флюидоупора, однако здесь отсутствует информация о результатах испытаний классических разрезов свиты. Остальная часть региона исследования была отнесена автором к малоперспективным территориям, поскольку отсутствие одного из рассмотренных критериев является решающим при рассмотрении нефтеносности классических разрезов баженовской свиты.

#### Литература:

1. Конторович, А. Э. Глобальные проблемы нефти и газа и новая парадигма развития нефтегазового комплекса России. Наука из первых рук. 2016. № 1. С. 7-17.
2. Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Казаненков В.А., Конторович В.А., Костырева Е.А., Пономарева Е.В., Рыжкова С.В., Ян П.А. Баженовская свита – главный источник ресурсов нетрадиционной нефти в России. Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. 2014. № 2 (10). С. 1 – 8.

**ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ РАЙОНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. КИЯ В АЛЬБ-СЕНОМАНСКОЕ ВРЕМЯ (ЧУЛЫМО-ЕНИСЕЙСКИЙ РАЙОН)**

*Самандросова А. С.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия  
[alexsalamander88@gmail.com](mailto:alexsalamander88@gmail.com)

Аннотация. В работе дана палеогеографическая характеристика района среднего течения р. Кия (юго-восток Западно-Сибирской равнины) в альб-сеноманское время, основанная на результатах изучения отложений и коллекции меловой флоры местонахождений Кубаево и Подаик. Методика проведения работ: сравнительно-морфологический, литологический, палеоэкологический, тафономический методы.

Ключевые слова: меловая флора, Чулымо-Енисейский район, палеогеография.

**PALEO GEOGRAPHY OF THE REGION OF THE MIDDLE CURRENCY R. KIA IN ALB-ENOMANIAN TIME (CHULYMO-YENISEI DISTRICT)**

*Samandrosova A.S.*

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia, [alexsalamander88@gmail.com](mailto:alexsalamander88@gmail.com)

Annotation. The paper presents a paleogeographic description of the area of the middle reaches of the river. Kiya (southeast of the West Siberian Plain) in the Alb-Sennomans time, based on the results of the study of sediments and the collection of the chalky flora of the locations of Kubaevo and Podayk. Methods of work: comparative-morphological, lithological, paleoecological, tafonomical methods.

Keywords: chalk flora, Chulym-Yenisei region, paleogeography.

Изучение меловой флоры и восстановление палеогеографии Чулымо-Енисейского района актуальна в связи с открытием нового местонахождения динозавровой фауны в окрестностях г. Ачинска. В связи с этим было начато изучение неразобранной коллекции флоры местонахождений Кубаево и Подаик, расположенных в Кемеровской области, собранной сотрудниками ТГУ еще в 1996 – 2011 гг.

**Местонахождение Подаик**

Местонахождение Подаик располагается на правом берегу р.Кия ниже по течению от местонахождения Янтарная горка (примерно в 1 км выше по течению от моста к д. Дмитриевка).

Оно представляет собой выходы отложений кийской свит сложенных переслаиванием песчанистого аргиллита с глинистым песчаником. Текстура слойчатая, субгоризонтальная. Наблюдаются следы постседиментационных изменений и следы биотурбации.

В нижней части разреза у уреза воды в глыбах плотного сидеритизированного неслойчатого мелкозернистого песчаника обнаружены растительные остатки, представленные папоротником *Asplenium* sp., хвойными, шишками и их фрагментами:

*Sequoia* sp., Cycadopsida, цветковыми: *Sertia* sp., *Liriodendropsis simplex* (Newb.) Newb., *Laurophyllum* sp., *Cinnamomophyllum* sp.

### Местонахождение Кубаево

Местонахождение Кубаево приурочено к телу, так называемой, Кубаевской террасы, расположенной на левом берегу р. Кии ~ в 1 км выше по течению от д. Кубаево.

Оно представляет собой выходы отложений кийской и симоновской свит.

Отложения кийской свиты, вскрытые у уреза воды, сложены неслоистым алевритом и глиной с линзами мелкозернистого песчаника, с прослойками растительного детрита и слюды.

В отложениях кийской свиты обнаружены растительные остатки, представленные хвойными *Sequoia* sp.

Симоновская свита на местонахождении сложена в основном переслаивающимися глинами и песчанистыми глинами.

К плоскостям напластования приурочены обильный растительный детрит, крупные обломки углефицированной древесины, обломки слюды и янтаря.

В отложениях симоновской свиты обнаружены растительные остатки, представленные хвойными *Sequoia* sp. и *Picea* sp. и цветковыми: *Liriodendropsis simplex* (Newb.) Newb., *Laurophyllum baerianum* sp.

По литологическому составу, текстурно-структурным особенностям и насыщенности растительными остатками можно восстановить условия осадконакопления отложений кийской и симоновской свит.



Рисунок 1 – Выходы меловых пород в бассейне р. Кии и месторасположение местонахождений Кубаево и Подаик [2]

### Кийская свита

На местонахождении Подаик, в слое кийской свиты, насыщенной растительными остатками, обнаружено более 60 неполных отпечатков листьев, целых шишек, а также их фрагменты, хвоинки, конечные побеги хвойных, углефицированная древесина, а также тонкорассеянный детрит.

По характеру фоссилизации остатки обуглены или минерализованы, хорошо сохранилось жилкование. Большинство отпечатков деформированы.

На местонахождении Кубаево все растительные остатки представлены около 10 целыми шишками и их фрагментами, хвоинками и конечными побегами хвойных, а также углефицированной древесиной и тонкорассеянным детритом.

Все растительные остатки обугленные, очень хрупкие и плохой сохранности – большинство веточек представлены фрагментами.

Оба местонахождения являются аллохтонными. На местонахождении Подаик в породе, сложенной песчаником, наблюдаются глинистые окатыши. Окатыши могли

образоваться в результате размыва внезапным и стремительным водным потоком, высохшего глинистого ила, покрытого трещинами усыхания. Листья деревьев и шишки на хвойных, произрастающих на берегу реки, опадая в воду, переносились довольно быстрыми водными потоками и быстро захоранивались переносимым вместе с ними обломочным материалом. Этим объясняется наличие в слое не только шишек, но и деформированных листьев и их фрагментов неплохой сохранности, а также отсутствие сортировки обломочного материала вмещающих пород и отсутствие слойчатости в слое, насыщенном растительными остатками. Можно предположить, что эта территория периодически затопливалась во время половодья, слои формировались за счет осаждения частиц из паводковых вод в углублениях. Когда вода спадала, в этих местах образовывались застойные водоёмы, в которых, как отмечает В.П. Моров [1], проходили вторичные процессы ожелезнения и сидеритизации вмещающих пород.

Породы кийской свиты местонахождения Кубаево, представленные чередованием алевролита и аргиллита, с линзочками песчаника принадлежат отложениям довольно крупных старичных озер. Формирование осадков происходило в более спокойных условиях. Этим объясняется длительный процесс захоронения растительных остатков что естественно, отразилось на их сохранности. Листья успевали разлагаться, прежде чем опуститься на дно, они превращались в детрит. Шишки, ветки и хвоя, пропитанные смолистыми компонентами, оказались более устойчивыми к разложению, а значит были подвержены захоронению мелкозернистым осадочным материалом.

Резюмируя вышесказанное можно заключить, что формирование осадочных пород кийской свиты, вмещающих ископаемую флору на местонахождениях Кубаево и Подаик, происходило в долине равнинной реки. Породы местонахождения Кубаево представляют собой старичные отложения аллювия, а породы местонахождения Подаик представлены отложениями пойменной фации аллювия. Вместе с тем, данные выводы являются предварительными и требуют дальнейших исследований.

#### **Симоновская свита**

Все растительные остатки на местонахождении Кубаево обуглены. Сохранность отпечатков листьев плохая, листовые пластины сохранилась не полностью.

Местонахождение растительных остатков симоновской свиты в Кубаево является аллохтонным. Порода сложена в основном песчаным аргиллитом с чередованием алевролита с волнистой слойчатостью, что характерно для пойменного аллювия (или для осадков пойменной фации), формировавшегося при паводке в обстановке резкого спада скорости течения. Этим объясняется наличие в слое шишек, хвоинок и конечных побегов хвойных хорошей сохранности и крупных фрагментов листьев покрытосеменных. Таким образом, породы симоновской свиты местонахождения Кубаево выполнены отложениями пойменной фации аллювия, формировавшейся при слабом течении реки.

По условиям произрастания современных теплолюбивых секвой, папоротников, платанов, которые растут в низменных участках по берегам рек и озер, где достаточно влажно, можно сказать, что меловые растения, обнаруженные на местонахождениях Кубаево и Подаик также росли во влажном теплом климате по берегам равнинной реки.

#### **Литература**

1. Моров В.П. Процессы фоссилизации растительных остатков на примере Среднего Поволжья. Фиторазнообразии Восточной Европы. 2016. т. X, № 1. С. 97-138.
2. Головнева Л.Б., Носова Н.В. Альб – сеноманская флора Западной Сибири. / Л.Б. Головнева, Н.В. Носова; под ред. д. б. н. Л. Ю. Буданцев. СПб.: Марафон, 2012. 436 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛИТОСФЕРЫ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРНОЙ И ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ

*Самойлова О.М.*

Институт вулканологии и сейсмологии, Петропавловск-Камчатский, Россия,  
[olgasm415@mail.ru](mailto:olgasm415@mail.ru)

Аннотация. В настоящем исследовании рассмотрены магнитотеллурические зондирования (МТЗ), выполненные по профилю «Северный» вдоль северо-восточного побережья Камчатки общей протяженностью 350 км, и по профилю «Южный», протягивающемуся на 215 км на юго-восточном побережье региона. По экспериментальным материалам построены глубинные модели с наиболее вероятным распределением электропроводности и с учетом действия берегового эффекта.

Ключевые слова: магнитотеллурическое зондирование, геоэлектрические модели, береговой эффект.

## STUDYING OF LITHOSPHERE CONDUCTIVITY ON NORTH AND SOUTH KAMCHATKA EAST COAST

*Samoylova O.M.*

Institute of Volcanology and Seismology, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia,  
[olgasm415@mail.ru](mailto:olgasm415@mail.ru)

Abstract. The magnetotelluric data obtained from profiles «Severny» and «Yuzhny» was analyzed and interpreted. The first profile is situated along northeastern Kamchatka coast. Its length is 350 km. The second profile has length 215 km and it is situated on southeastern Kamchatka coast. Geoelectrical models with the most probable distribution of conductivity were obtained along the regional profiles. A coast effect was taken to account during models creation.

Key words: magnetotelluric sounding, geoelectrical models, coast effect.

В настоящее время одним из ведущих методов изучения глубинной электропроводности является метод МТЗ, основанный на фундаментальной теории и имеющий достаточно развитый математический аппарат для решения прямых и обратных задач. В рамках данной работы проведена интерпретация экспериментальных МТЗ, выполненных вдоль двух региональных профилей «Северный» и «Южный» на восточном побережье Камчатки. Районы исследования находятся в разных геологических условиях (рис. 1), и цель исследования заключается в изучении электропроводности как островной, так и материковой части восточной Камчатки, что необходимо для решения вопросов строения региона.

В связи с проведением МТЗ вблизи побережья Тихого океана и Берингова моря в процессе интерпретации экспериментальных материалов особое внимание уделялось

анализу и погашению берегового эффекта, искажающего кривые кажущегося сопротивления и фаз импеданса. Таким образом, геоэлектрические разрезы районов исследования получены при моделировании с учетом влияния морской воды. При этом удалось достичь удовлетворительной сходимости экспериментальных и модельных данных как в продольном (по простиранию региона), так и поперечном (вкрест простирания региона) направлениях.

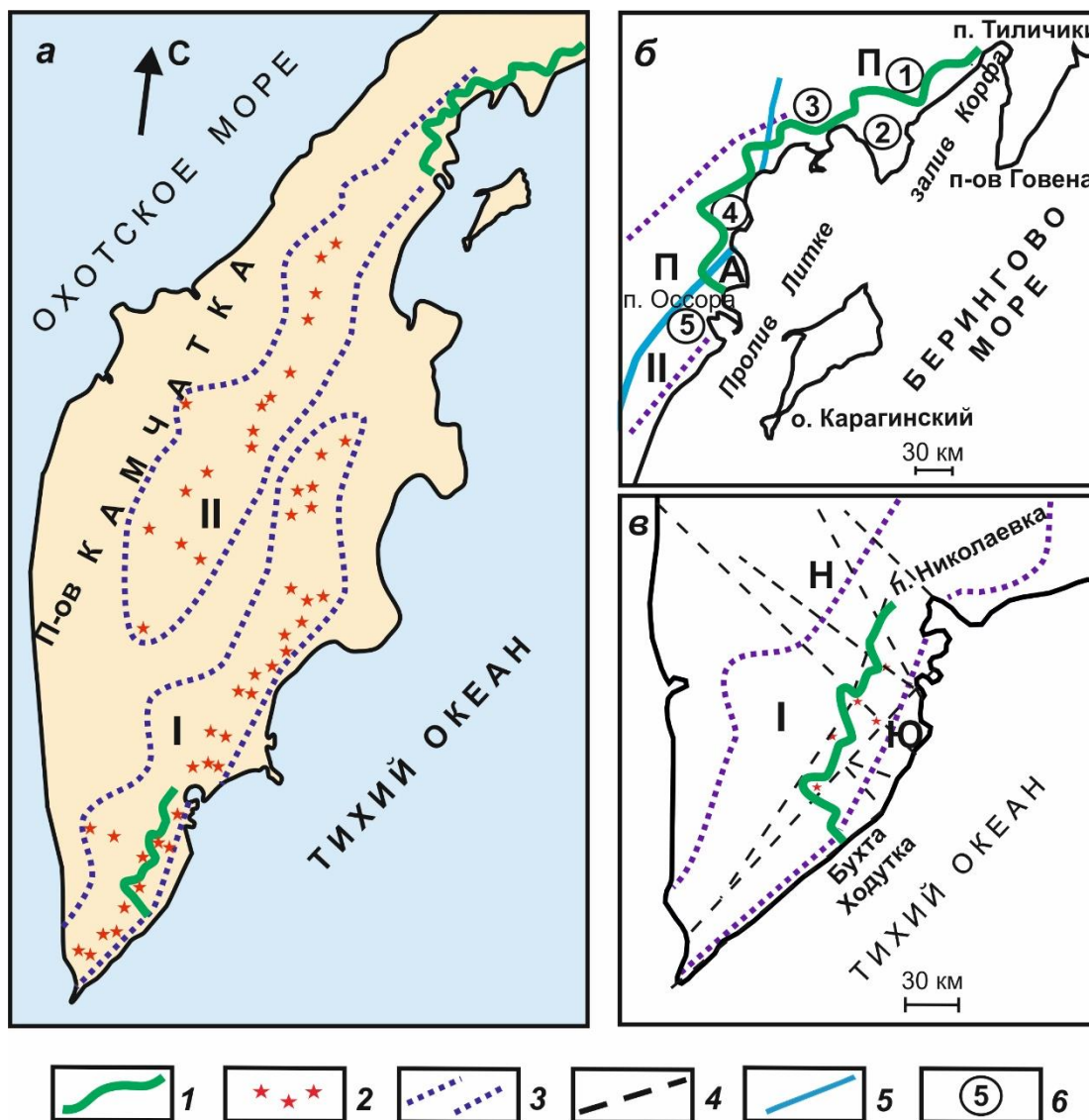


Рисунок 1 – Схема расположения вулканических поясов Камчатки (а); схемы расположения региональных профилей МТЗ «Северный» (б) и «Южный» (в), составленные по [1; 2]: 1 – профили МТЗ; 2 – вулканы; 3 – границы вулканических поясов – I – Восточно-Камчатского вулканического пояса и II – Центрально-Камчатского вулканического пояса; 4 – разрывные нарушения [3]; 5 – тектонические границы структурно-формационных зон, соответствующие глубинным разломам, выделенные по геологическим и геофизическим данным; б – структурные элементы второго порядка: 1 – Вывенская впадина, 2 – Ильпинское поднятие, 3 – Анапкинская впадина, 4 – Кичигинская впадина, 5 – Тымлатское поднятие; П – Ильпино-Литкенский прогиб; А – Лесновско-Ватынский антиклинорий, Н – Начикинская зона поперечных дислокаций; Ю – Южно-Камчатский антиклинорий.

При сопоставлении полученных геоэлектрических разрезов восточного побережья северной и южной Камчатки выявлены различия. Так северо-восточный район в верхней части разреза характеризуется меньшими значениями удельного электрического

сопротивления по сравнению с юго-восточным районом, сложенным высокоомными вулканогенными образованиями. Следует отметить, что изменение параметра сопротивления вдоль юго-восточного побережья Камчатки происходит резко, отражая блочное строение этого участка, в виде чередования областей высокой и низкой электропроводности. В обоих районах исследования выделен литосферный проводящий слой. Характерно, что проводящий горизонт северо-восточного побережья Камчатки обладает большей электропроводностью и залегает на больших глубинах, чем слой юго-восточного побережья.

Разработанные геоэлектрические модели литосферы восточного побережья северной и южной Камчатки будут положены в основу создания глубинных геофизических моделей с привлечением данных глубинных МТЗ, сейсмологии, теплового потока, поля силы тяжести, аномального магнитного поля и другой геолого-геофизической информации.

Автор выражает благодарность ООО «Северо-Запад» и ОАО «Камчатгеология» за предоставленные данные МТЗ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 16-05-00059*

#### **Литература:**

1. Априлков С.Е. Тектоника и история вулканизма Южной Камчатки. Геотектоника. 1971. № 2. С. 47–61.
2. Карта полезных ископаемых Камчатской области. Масштаб 1 : 500000. Листы: VII; Л. XI; Л. XIII. 1999 г.
3. Селиверстов Н.И. Геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский. КамГУ им. Витуса Беринга. 2009. 191 с.



## АНАЛИЗ ГРУПП ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ СРЕДНЕГО БАЙКАЛА ПО ДАННЫМ СЕЛЕНГИНСКОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

*Санжиева Д.П.-Д.<sup>1</sup>, Тубанов Ц.А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ,  
Россия, [sanzhieva@ginst.ru](mailto:sanzhieva@ginst.ru)

<sup>2</sup>Бурятский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Улан-Удэ, Россия

Аннотация. Рассматриваются результаты исследования сейсмичности по данным локальной сети сейсмостанций, расположенной в центральной части Байкальского рифта. Характерной чертой сейсмичности является наличие групп, роев землетрясений. Эпицентральная область Среднего Байкала районирована на три зоны, отличающиеся по характеру сейсмического режима. Определены особенности их сейсмического режима.

Ключевые слова: сейсмичность, Байкальский рифт, рои землетрясений, локальная сеть

## ANALYSIS OF EARTHQUAKE GROUPS OF THE MIDDLE BAIKAL TO LOCAL NETWORK OBSERVATIONS

*Sanzhieva D.P.-D.<sup>1</sup>, Tubanov Ts.A.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Russian Academy of Sciences Geological Institute of SB RAS, Ulan-Ude, Russia,  
[sanzhieva@ginst.ru](mailto:sanzhieva@ginst.ru)

<sup>2</sup> Buryat Regional Seismological Centre GS of RAS, Ulan-Ude, Russia

Abstract. Discusses the results of a study of seismicity according to the local network of seismic stations, located in the central part of the Baikal rift. A characteristic feature of seismicity is the presence of groups, swarms of earthquakes. The epicentral region of the Middle Baikal is divided into three zones, each distinguished by the nature of seismic regime. The features of their seismic regime are determined.

Key words: seismicity, Baikal rift, earthquake swarms, local network

Селенгинская локальная сеть начала свою работу в 1996г, когда были открыты сейсмостанции Улан-Удэ, Хурамша. На данный момент в ее состав входит 10 сейсмостанций, оснащенных цифровой аппаратурой работающих в непрерывном режиме. Также для сводной обработки используются данные с 5 станций Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН [1]. Организация локальной сети позволила расширить исследование сейсмичности центральной части Байкальского рифта в сторону более низких энергетических классов. Полученные данные уверенно свидетельствуют о существовании под центральной частью оз. Байкал сейсмогенного слоя на глубине 10-22 км [2]. Характерной чертой сейсмичности является наличие групп, роев землетрясений, сильные землетрясения сопровождаются афтершоками.

За 2001–2013 гг в пределах  $105,1^{\circ}$ – $109,1^{\circ}$  в.д. и  $51,5^{\circ}$ – $53,7^{\circ}$  с.ш. было зарегистрировано и обработано более 20 тысяч землетрясений, из которых больше 95% имеют энергетический класс  $K_p < 9$  и произошло всего два события с энергетическим классом  $K_p > 14$  (Максимихинское от 20.05.2008 и Туркинское от 16.07.2011). Исследуемая зона нами была условно разделена на три зоны – «танхойская», «среднебайкальская» и «ольхоно-святоноская». Такое разделение обусловлено как территориальным делением, так и различиями в характере сейсмичности. Линейные, вытянутые вдоль оз. Байкал пространственные группы эпицентров в среднебайкальской зоне (от устья р. Селенги до о. Ольхон), более рассеянный характер эпицентрального поля с изометричными скоплениями очагов землетрясений в ольхоно-святоносской зоне (от о. Ольхон до п-ова Святой Нос) [3] и относительно редкая сейсмичность в танхойской зоне, располагающаяся вдоль западного берега озера Байкал. Границы раздела между зонами достаточно условны, но приурочены к слабоактивным участкам. Наибольшее число землетрясений регистрируется в зимний период, исключения составляют весна 2008г и лето 2011г, что объясняется афтершоковыми активизациями, связанными с Максимихинским (20.05.2008г  $K=14,3$ ) и Туркинским землетрясениями (16.07.2011г  $K=14,5$ ).

Кроме пространственного распределения эпицентров, также можно выделить и пространственно-временные группы землетрясений разного характера. Их можно классифицировать: а) по скорости протекания процесса - медленно- и быстропротекающие – по количеству землетрясений, произошедших за сутки [4]; б) по количеству землетрясений в группе – дуплеты, триплеты и мультиплеты; в) по энергии землетрясений – роевые, в которых все землетрясения имеют примерно одинаковую энергию, форшоковые, когда одному-двум сильным землетрясениям предшествует рой более слабых землетрясений, отличающихся от основного толчка более чем на 1-2 класса, а также афтершоковые группы, когда рой более слабых землетрясений следует после сильного землетрясения.

Положение сейсмических групп контролируется областями наиболее плотного расположения эпицентров землетрясений. Зона роевой активизации сухопутной части Селенгинской дельты приурочена к пересечению Дельтового и Фофановского разломов. Наиболее активизированная роевая совокупность в акватории оз. Байкал находится в непосредственной близости от асейсмичной области залива Провал и контролируется пересечением протяженных Ольхонского и Святоносского разломов (разломных зон). В целом можно отметить, что общее положение роев и групп землетрясений более четко трассирует линейные структуры сейсмогенных разломов земной коры.

В среднебайкальской зоне за 2001-2013 гг было выделено 43 группы землетрясений, не считая дуплетов и триплетов. 31 группа включает до 20 событий, 5 групп – от 21 до 50 событий, 5 групп от 51 до 100 событий и 2 группы включает в себя более 100 событий. Доля событий, вошедших в выделенные кластеры составляет 10,5% (1275 против 12195) от всего количества землетрясений и, по нашему мнению, представляет сосредоточенную сейсмичность [5]. Из 25 землетрясений выше 10,5 класса, 12 событий входят в группы, из которых девять можно охарактеризовать как афтершоковые совокупности.

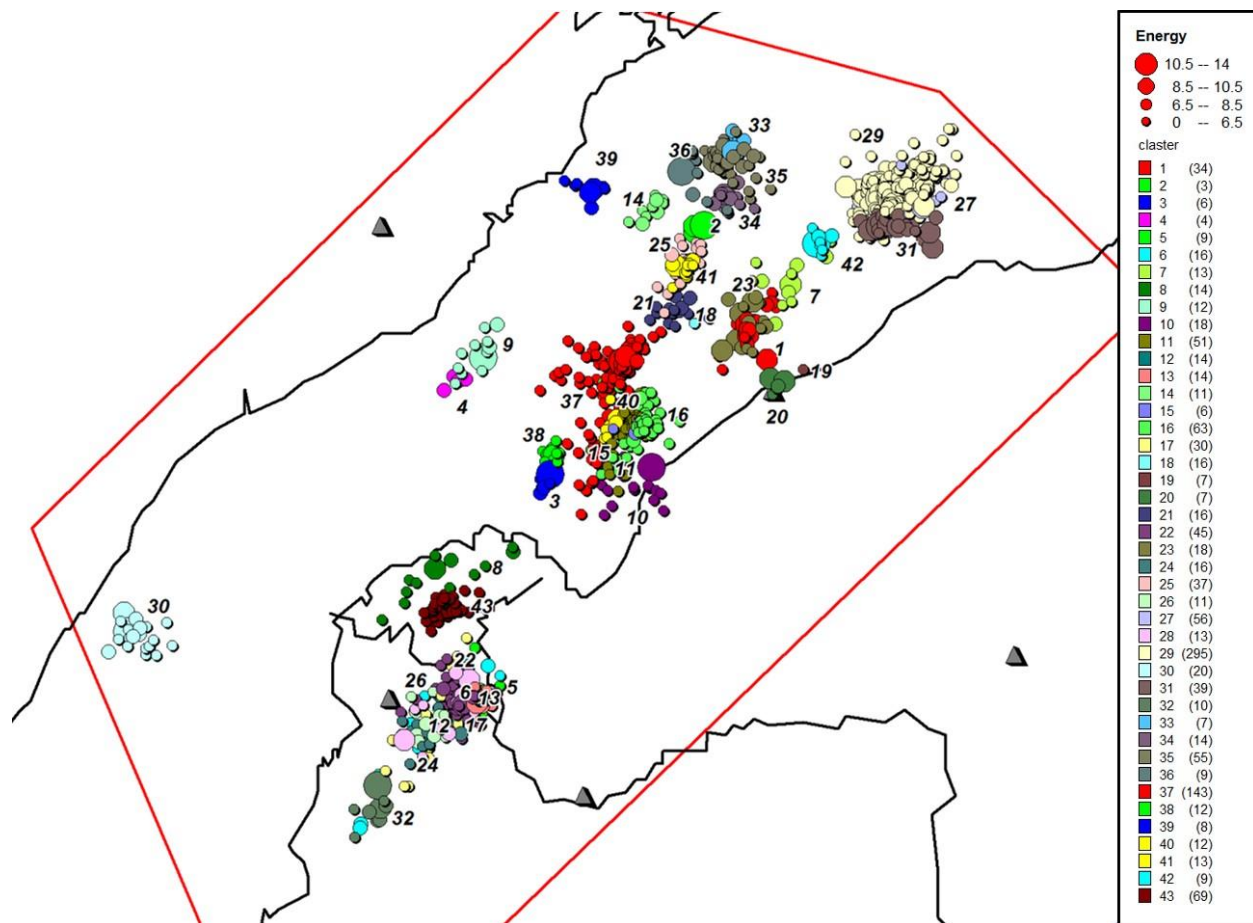


Рисунок 1 – Группы землетрясений за 2001-2013гг в среднебайкальской зоне.

Таким образом, с одной стороны, сильные события за многолетние периоды, концентрируясь в протяженные очаговые области, могут отражать сосредоточенную сейсмичность. С другой стороны, за более короткие периоды (год, меньше года) сильные землетрясения распределяются в пространстве случайным образом, что характерно более для рассеянной сейсмичности. Слабые землетрясения имеют тенденцию к группированию, образованию роев в ограниченных областях, при этом рассеиваясь по всей исследуемой площади. В целом, полученные данные свидетельствуют разномасштабном характере сосредоточенной и рассеянной сейсмичности.

#### Литература:

1. Цыдыпова Л.Р., Тубанов Ц.А., Предеин П.А., Санжиева Д.П.-Д. Селенгинская сеть сейсмологических и вибросейсмических наблюдений. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Восьмой международной сейсмологической школы, Обнинск: ГС РАН. 2013. С. 342–345.
2. Суворов В.Д., Тубанов Ц.А. Распределение очагов близких землетрясений в земной коре под центральным Байкалом. Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 8. С. 805–818.
3. Санжиева Д. П.-Д., Тубанов Ц. А. (2017): Пространственно-временная характеристика сейсмичности центральной части Байкальского рифта. Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике: Материалы IV Всероссийской молодежной научной конференции, Улан-Удэ: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_32765887\\_86799600.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_32765887_86799600.pdf)
4. Тубанов Ц.А., Санжиева Д. П.-Д. Особенности сейсмичности Байкала по данным локальной сети наблюдений. Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе: Материалы III Всероссийского совещания и II Всероссийской молодежной школы по современной геодинамике, Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2016. С. 202–203.
5. Арефьев С.С. Эпицентральные сейсмологические исследования. Москва. Академкнига. 2003. 375 с.

## ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КСЕНОЛИТОВ МЕТАБАЗИТОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ УДАЧНАЯ

*Сапегина А.В.<sup>1</sup>, Перчук А.Л.<sup>2</sup>, Сафонов О.Г.<sup>1</sup>, Япаскерт В.О.<sup>2</sup>,  
Шацкий В.С.<sup>3</sup>, Мальковец В.Г.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Институт экспериментальной минералогии РАН им. Д.С. Коржинского, Черноголовка,  
Россия

[ann-sapegina@yandex.ru](mailto:ann-sapegina@yandex.ru)

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>3</sup> Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

Аннотация. Образцы коровых ксенолитов metabазитов из кимберлитовой трубки Удачная имеют гранобластовую структуру и сложены гомогенными зёрнами плагиоклаза ( $X_{Ca} = 30$ ) и амфибола ( $X_{Mg} = 84-88$ ), а также зональными зёрнами граната ( $X_{Mg} = 31$  и  $X_{Ca} = 17$ ) и клинопироксена, содержащими магматические ядра ( $X_{Mg} = 68 - 82$ ,  $X_{Acm} = 8-10$ ) и метаморфические каймы ( $X_{Mg} = 70-86$ ,  $X_{Acm} = 8-10$ ). На основе изучения минеральных парагенезисов выделены три этапа формирования пород: магматическая (образования ядер клинопироксена), метаморфическая и кимберлитовая. С помощью метода моделирования фазовых равновесий установлены параметры пика метаморфизма – 600-620 °С и 8 кбар.

Ключевые слова: ксенолиты коровых metabазитов, нижняя кора, амфиболиты.

## FORMATION STAGES OF METABASIC XENOLITHS FROM THE UDACHNAYA KIMBERLITE PIPE

*Sapegina A.V.<sup>1</sup>, Perchuk A.L.<sup>2</sup>, Safonov O.G.<sup>1</sup>, Yapaskurt V.O.<sup>2</sup>, Shatsky V.S.<sup>3</sup>,  
Malkovets V.G.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> D.S. Korzhinsky Institute of Experimental Mineralogy, Chernogolovka, Russia

[ann-sapegina@yandex.ru](mailto:ann-sapegina@yandex.ru)

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

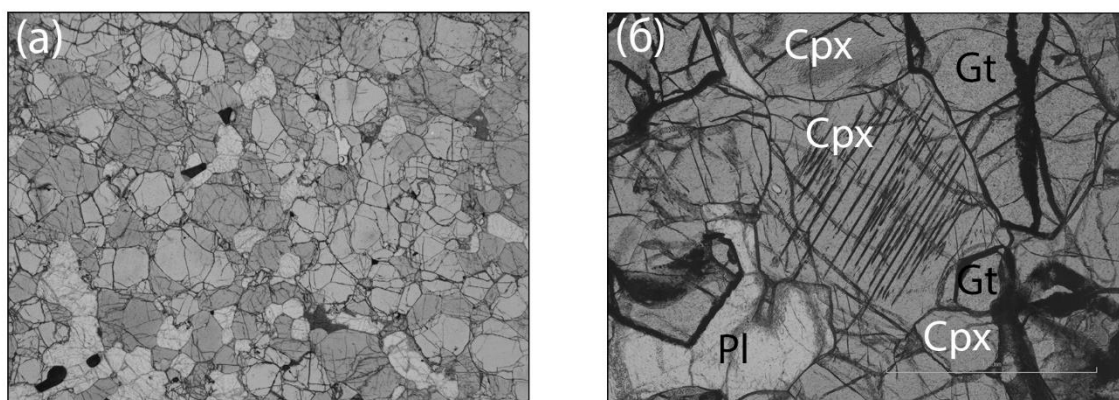
<sup>3</sup> V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

Abstract. Studied some samples of metabasic crustal xenoliths from the Udachnaya kimberlite pipe have granoblastic texture and composed of homogeneous plagioclase ( $X_{Ca} = 30$ ), amphibole ( $X_{Mg} = 84 - 88$ ) grains, and also of zonal grains of garnet ( $X_{Mg} = 31$  и  $X_{Ca} = 17$ ) and clinopyroxene, consisting of magmatic cores ( $X_{Mg} = 68 - 82$ ,  $X_{Acm} = 8-10$ ) and metamorphic rims ( $X_{Mg} = 70-86$ ,  $X_{Acm} = 8-10$ ). The xenoliths experienced three stages of evolution: magmatic (formation of clinopyroxene cores), metamorphic and kimberlitic recorded in different mineral parageneses. Phase equilibrium modeling reveals P-T parameters of metamorphic stage of 600-620 °C and 8 kbar.

Key words: metabasitic crust xenoliths, lower crust, amphibolites

Одним из ключевых объектов для изучения строения, образования и эволюции континентальной коры являются образцы нижнекоровых метабазитов, представленных ксенолитами в кимберлитовых магмах. В данной работе были изучены образцы ксенолитов из кимберлитовой трубки Удачная, расположенной в Далдын-Алакитском кимберлитовом поле Якутской провинции.

Все изученные породы обладают хорошо выраженной гранобластовой структурой (рис. 1а), которую слагают зёрна клинопироксена, граната, плагиоклаза, амфибола и, иногда, скаполита. В зёрнах клинопироксена можно выделить внутренние части (ядра) и каймы, различающиеся как структурно, так и химически (рис. 1б). Помимо главных минералов, в породах присутствует большое количество апатита, ильменита, титаномагнетита, сульфидов Fe, Cu, Ni, касситерита.



**Рисунок 1 - Особенности структур и минералогии метабазитов из ксенолитов. (а) - Общий вид гранобластовой структуры; (б) – Зональные зёрна клинопироксена с ламеллями распада в ядрах и гомогенными метаморфическими каймами:**

На основании структурных особенностей выделены три стадии формирования нижнекоровых метабазитов из образцов: магматическая, метаморфическая амфиболитовая и кимберлитовая.

Свидетельства магматической стадии записаны составами ядер зёрен клинопироксена ( $X_{Mg}$  варьирует от 68 до 82 в разных образцах,  $X_{Acм} = 8-10$  мол. %), содержащих ламели распада. Ламели выполнены ильменитом и ортопироксеном. В предыдущих исследованиях подобные структуры описывались в нижнекоровых метабазитах [1]. В них был выявлен инвертированный пижонит, что указывает на формирование зёрен пироксена при температурах выше  $1000^{\circ}C$ . Выделения сульфидов Fe, Cu, Ni округлой формы указывают на наличие капель сульфидного расплава в изначальной базальтовой магме.

На метаморфической стадии формируется парагенезис, представленный гранатом, плагиоклазом ( $X_{Ca} = 30$ ), амфиболом, скаполитом (сильвиалит-мейонитового ряда), а также внешними частями (каймами) зёрен клинопироксена. Зёрна граната обладают четкой зональностью по содержанию CaO и  $TiO_2$ : содержание CaO увеличивается от центра ядер до краевых частей на 0.4-0.5 % и сопровождается уменьшением содержания  $TiO_2$  на 0.1%. Метаморфические каймы клинопироксена характеризуются повышенной магниальностью ( $X_{Mg} = 70 - 86$ ,  $X_{Acм} = 8-10$ ) по сравнению с магматическими ядрами и не содержат структур распада. Амфибол принадлежит твёрдому раствору паргасит-гастингсит [2] и содержит порядка 5.58 – 6.10 мол. % Si,  $X_{Mg} = 84-88$ . Содержание Cl в амфиболе варьирует от 0.07 до 1.13 мас.%, а содержание  $SO_3$  – от 0.01 до 0.11 мас. %. К метаморфической ассоциации принадлежит также ортопироксен с содержанием  $Al_2O_3$  от

2.5 до 4.0 вес. %. В качестве аксессуарных и рудных фаз характерны такие минералы, как ильменит, титано-магнетит, хлор-апатит, рутил и т.д. Отмечается появление регрессивного амфибола, относящегося к паргаситовому члену твёрдого раствора паргасит-гастингсит [3]. Содержание FeO и TiO<sub>2</sub> в этих разностях резко возрастает на 1-2 мас. % TiO<sub>2</sub> и 2-3 мас. % FeO.

Для оценки P-T параметров метаморфических преобразований изученных образцов был использован метод моделирования фазовых равновесий в системе заданного валового состава (метод псевдосечений) с использованием программного комплекса Perple\_X [3]. Полученные параметры – 600-620°C и 8 кбар.

Стадия взаимодействия ксенолитов с кимберлитовым расплавом выражена в мелкозернистых агрегатах по границам зёрен граната и клинопироксена, состоящими из шпинели, слюд, вторичных силикатов, рудных минералов, карбонатов, флогопита, хлорита и др. В контакте с этими структурами наблюдается перекристаллизация клинопироксена и граната по трещинам, а также – образование сростаний ортопироксена и плагиоклаза на границах клинопироксена и амфибола с плагиоклазом. В данном парагенезисе присутствуют циркон, сфен и шриланкит Ti<sub>2</sub>ZrO<sub>6</sub>, бадделеит ZrO<sub>2</sub>.

Формирование метабазитов нижней коры, представленных в изученных образцах, связано, вероятнее всего, с плюм-тектоникой, проявившей себя в неоархее и приведшей к формированию андерплейта габброидов. Наличие ламелл распада в магматических ядрах клинопироксена свидетельствует в пользу изобарического охлаждения протолита от температур выше 1000°C. Дальнейшая раскристаллизация магмы и приток воды из остаточных расплавов привели к формированию основного амфиболитового парагенезиса. Фрагменты андерплейта были транспортированы на дневную поверхность кимберлитовыми лавами позднего девона в виде коровых ксенолитов.

*Работа выполнена при поддержке РНФ грант № 18-17-00206.*

#### **Литература:**

1. Шацкий В. С. и др. Строение и эволюция нижней коры Далдын-Алакитского района Якутской алмазоносной провинции {по данным изучения ксенолитов} // Геология и геофизика. Т. 46, №. 12, 2005, с. 1273-1289.
2. Leake B. et al. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names American Mineralogist // V. 89, 2004, p. 883–887.
3. Connolly J.A.D. Computation of phase equilibria by linear programming: A tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation. // Earth and Planetary Science Letters. V. 236, 2005, p. 524-541.

**О ГАЗОВОМ УГЛЕВОДОРОДНОМ ПОТЕНЦИАЛЕ РЕСПУБЛИКИ САХА  
(ЯКУТИЯ)***Севостьянова Р.Ф.*

Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, Россия

[rose\\_sevos@mail.ru](mailto:rose_sevos@mail.ru)

Аннотация. Приведены краткие сведения о территориях Западной Якутии с установленной и прогнозируемой нефтегазоносностью осадочного чехла. Дана краткая геологическая характеристика. Проанализирована газовая промышленность республики.

Ключевые слова: газ, нефть, антеклиза, месторождение.

**ABOUT GAS HYDROCARBON POTENTIAL OF THE REPUBLIC OF SAKHA  
(YAKUTIA)***Sevostyanova R.F.*

Institute of Oil and Gas Problems of the Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, Russia,

[rose\\_sevos@mail.ru](mailto:rose_sevos@mail.ru)

Abstract. Brief information is given on the territories of Western Yakutia with the established and predicted oil and gas content of the sedimentary cover. A brief geological description is given. The gas industry of the republic is analyzed.

Key words: gas, oil, anteclyse, field.

Исследуемая территория охватывает западную часть Республики Саха (Якутия), в настоящее время является одним из наиболее перспективных регионов на нефть и газ. В ее пределах выделяется несколько нефтегазоносных провинций и областей. Промышленная нефтегазоносность установлена в основном в Непско-Ботуобинской и Вилюйской НГО, а также в меньшей степени в прилегающих к ним Предпатомской и Предверхоянской НГО. На юго-западе республики продуктивен верхнедокембрийско-нижнепалеозойский комплекс осадочных образований, в бассейне р. Вилюй – пермско-мезозойский. Промышленные газовые и газоконденсатные месторождения приурочены к Хапчагайскому и Тюнгскому газоносным районам в Вилюйской синеклизе. Характеризуется сложным геологическим строением и весьма продолжительной историей геологического развития.

Геологический разрез представляют нижнепротерозойские образования кристаллического фундамента и рифейские, вендские, кембрийские, юрские, четвертичные отложения осадочного чехла. Основную роль в строении осадочного чехла играют терригенно-карбонатные отложения венда и кембрия. Нижняя часть осадочного чехла, залегающая под кембрийскими солями и включающая в себя вендский терригенный комплекс, практически повсеместно характеризуется разломно-блоковым строением [2]. Фактически все открытые и прогнозируемые залежи УВ закономерно приурочены к

ловушкам неантиклинального типа с разнообразными элементами тектонического и литологического экранирования. Интенсивная тектоническая дислоцированность, формирование самых разнообразных структурных форм ловушек и различных генезисов коллекторов, мощные регионально выдержанные слои галогенных образований, являющиеся наиболее надежными флюидоупорами, доступная глубина залегания залежей УВ признаки наиболее перспективной на газ по геологическим факторам.

Особенность большинства промышленных залежей газа – наличие в газе конденсата от десятков до 100-150 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Наибольшее количество конденсата отмечается для месторождений Хапчагайского поднятия. Здесь сверху вниз по разрезу конденсатность увеличивается, достигая максимума в пермских залежах. В пределах Ботубинского района количество конденсата обычно не превышает 30 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Следует отметить, что почти все газоконденсатные месторождения на юго-западе РС(Я) сопровождаются крупными нефтяными оторочками, содержащими здесь преобладающую часть разведанных запасов нефти.

Геохимическими исследованиями, выполненными в разные годы во многих академических и отраслевых научно-исследовательских институтах Российской Федерации (ИГ ЯФ СО АН СССР, ИПНГ СО РАН, СНИИГГиМС, ИНГГ СО РАН имени А.А. Трофимука, ВостСибНИИГГиМС, МГУ имени М.В. Ломоносова, РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, ИПНГ РАН, ВНИГРИ, ВНИГНИ, ИГиРГИ, ВНИИГаз и др.), установлено, что основные нефтегазопроизводящие толщи на юге Сибирской платформы приурочены к рифейскому структурно-вещественному мегакомплексу. Историко-генетические исследования, выполненные в разных коллективах в соответствии с осадочно-миграционной моделью образования нефти и газа, вполне однозначно показывают, что генерация УВ из этих отложений привела к появлению первых залежей нефти уже в среднем или позднем кембрии [1]. В дальнейшем значительная активизация тектонических и нефтегазогеологических процессов имела место на Непско-Ботубинской антеклизе и смежных территориях в среднем палеозое, в конце перми – начале триаса, в мезозое и кайнозое, в том числе на современном этапе. Это привело, соответственно, к переформированию прежних скоплений и образованию новых залежей нефти и газа [3].

В длительные периоды между фазами активизации вышеуказанных процессов миграция УВ и пополнение запасов ранее образованных залежей происходили в крайне замедленном темпе, нередко преобладали процессы разрушения первичных залежей, вплоть до перехода нефти в битумы или до ее временной консервации в вязком состоянии после ухода из разреза значительных объемов газа.

Крупнейшие запасы газа в составе имеющихся и прогнозируемых на территории Непско - Ботубинской антеклизы нефтегазоконденсатных месторождений и их современный облик в целом обусловлены, по всей видимости, активизацией процессов миграции и мощным подтоком углеводородных газов, синхронно происходящим в недрах в настоящее время.

Добыча природного газа и попутного конденсата осуществляется для обеспечения внутренних нужд республики в энергетическом сырье и в течение многих лет стабильная - на уровне 2,0 млрд.м<sup>3</sup> и до 100 тыс. тонн в год соответственно.

К настоящему моменту сырьевая база природного газа якутских месторождений составляет более 3060,0 млрд.м<sup>3</sup> по сумме категорий В<sub>1</sub>(С<sub>1</sub>) и В<sub>2</sub>(С<sub>2</sub>). Из них в распределенном фонде - порядка 2985,0 млрд.м<sup>3</sup>. Более 85% этих запасов в составе уникального Чайдинского (более 1 трлн.м<sup>3</sup>) и крупнейших Среднеботубинского, Тас-



Юряхского, Верхневилучанского и других месторождений сосредоточены в непосредственной близости от магистрального газопровода «Сила Сибири». Поэтому дальнейшее изучение УВ здесь весьма высоки перспективы для динамичного развития сырьевой базы природного газа.

**Литература:**

1. Анциферов А.С., Бакин В.Е., Варламов И.П. и др. Геология нефти и газа Сибирской платформы. М.: Недра, 1981.
2. Протопопов Ю.Х. Тектонические комплексы платформенного чехла. Препринт. Якутск: Издательство ЯНЦ СО РАН 1993. 40 с.
3. Ситников В.С., Жерновский В.П. О прогнозе зон нефтегазонакопления новообразованного типа на юго-востоке Сибирской платформы. Вестник Госкомгеологии РС(Я). Якутск. 2012. №1 С. 107-115.

## ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННЫХ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

*Селезнев А.А.<sup>1</sup>, Ярмошенко И.В.<sup>1</sup>, Малиновский Г.П.<sup>1</sup>, Илгашева Е.О.<sup>1</sup>, Киселева Д.В.<sup>2</sup>,  
Рянская А.С.<sup>2</sup>, Рудаков М.Е.<sup>1</sup>, Назаров Е.И.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия  
[sandrian@rambler.ru](mailto:sandrian@rambler.ru)

<sup>2</sup>Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург,  
Россия

Аннотация. Исследование направлено на выявление индикаторов геохимической трансформации городских ландшафтов, оценку ее степени в условиях антропогенной нагрузки и меняющегося климата. В основе исследования лежит гипотеза о том, что современные антропогенные отложения в городских ландшафтах отражают происходящие изменения геохимических условий окружающей среды в результате миграции и накопления элементов. Эколого-геохимические исследования на основе опробования современных антропогенных отложений проводятся в городах: Екатеринбург, Нижний Новгород, Ростов-на-Дону, Тюмень, Мурманск и Челябинск.

Ключевые слова: современное осадконакопление, грязевой осадок, минералы, металлы, урбанизированная среда,

## GEOCHEMICAL TRANSFORMATION OF URBAN LANDSCAPES IN THE CONTEXT OF CONTEMPORARY SEDIMENTATION PROCESSES

*Seleznev A.A.<sup>1</sup>, Yarmoshenko I.V.<sup>1</sup>, Malinovskiy G.P.<sup>1</sup>, Ilgasheva E.O.<sup>1</sup>, Kiseleva D.V.<sup>2</sup>,  
Ryanskaya A.S.<sup>2</sup>, Rudakov M.E.<sup>1</sup>, Nazarov E.I.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Industrial Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia, [sandrian@rambler.ru](mailto:sandrian@rambler.ru)

<sup>2</sup>Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The objective of the study is to identify indicators of complex geochemical transformation of the urban landscapes and to assess its degree in conditions of anthropogenic pressure and changing climate. The research is based on the hypothesis that the contemporary anthropogenic sediments formed in urban landscapes reflect changes in environmental and geochemical conditions occurring as a result of migration and accumulation of elements. The complex environmental and geochemical studies based on sampling the contemporary anthropogenic sediments are carried out in Russian cities: Ekaterinburg, Nizhny Novgorod, Rostov-on-Don, Tyumen, Murmansk and Chelyabinsk.

Key words: contemporary sedimentation, surface dirt sediment, minerals, metals, urban environment

Интенсивная урбанизация, увеличение числа автомобилей, рост промышленного производства сопровождаются интенсивным антропогенным воздействием на окружающую среду. Верхняя часть геологического разреза городских территорий, искусственно созданные городские ландшафты и их компоненты претерпевают постоянно происходящую геохимическую трансформацию, выражающуюся в изменении содержания микроэлементов и форм их нахождения. Актуальным является разработка универсальных, малозатратных и экспрессных методов оценки эколого-геохимического состояния урбанизированных территорий с целью оценки риска для населения, обусловленного воздействием загрязнения. Перспективным компонентом для проведения эколого-геохимической оценки урбанизированной среды являются современные антропогенные отложения [1-4].

Современное осадконакопление в городах происходит непрерывно и обусловлено естественными и антропогенными процессами и факторами: нарушения в планировке ландшафта, уборка территорий, нарушение стока атмосферных осадков, наличие понижений микрорельефа на территориях кварталов, эрозия почв и грунтов, выпадения из атмосферы. Пыль на урбанизированных территориях образуется круглый год.

Методы эколого-геохимических исследований урбанизированных территорий на основе опробования современных антропогенных отложений являются экспрессными, их применение не высокочрезмерно. Однако нет полного понимания, как их применять и унифицировать для территорий, на которых процессы современного седиментогенеза отличаются. Образование, перенос, накопление отложений и загрязнения различается в зависимости от сезонов года и метеорологических условий. Также механизмы осадконакопления могут различаться на территориях городов с разным геологическим строением, находящихся в разных природно-климатических и промышленных зонах.

Ставится задача выявить индикаторы комплексной геохимической трансформации городских ландшафтов и оценить ее степень в условиях возрастающей антропогенной нагрузки и меняющегося климата на территориях городов в разных природно-климатических, промышленных зонах, различающихся литогенным субстратом. В основе исследования лежит гипотеза о том, что современные антропогенные отложения, образующиеся в городских ландшафтах, отражают происходящие в окружающей среде изменения геохимических условий (в результате миграции и накопления элементов). Эколого-геохимические исследования на основе опробования современных антропогенных отложений проводятся на территориях городов: Нижний Новгород, Ростов-на-Дону, Тюмень, Мурманск и Челябинск.

Программа отбора проб компонентов окружающей среды, участвующих в формировании современных отложений реализуется по двум схемам: детальное обследование жилых кварталов города с целью определения механизмов образования и накопления осадка и поллютантов. Вторая схема – изучение формирования геохимических условий урбанизированной территории. По первой схеме в жилых кварталах два раза в год (в конце зимы и лета) отбираются пробы компонентов окружающей среды внутри и снаружи квартала. Проводится ландшафтное описание жилых кварталов и условий образования поверхностного рыхлого осадка и отложений в локальных понижениях микрорельефа [5]. По второй схеме на территории каждого города по нерегулярной сети отбирается 40 проб отложений из локальных понижений микрорельефа на жилые территории в жилых кварталах с многоэтажной жилой застройкой. Одна проба представляет сборную пробу отложений из понижений микрорельефа по 3-5 локализациям на территории квартала [6].

В отобранных пробах проводится гранулометрический анализ. В гранулометрических навесках определяется минеральный состав методами рентгенофазового и термического анализа. Проводится определение концентраций металлов (Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cr, Sb, Sn и др.) в отобранных пробах и полученных гранулометрических навесках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Определяются физико-химические свойства отобранных образцов: уровень кислотности, окисляемость и содержание органического вещества. Аналитическими методами восстанавливается техногенно измененный геохимический фон и динамика изменения геохимических условий на территориях городов на основе теории базисных концентраций элемента [7]. Эколого-геохимические индикаторы определяются как показатели изменения геохимических условий территорий в период хозяйственного освоения и урбанизации (современные типоморфная и антропогенная геохимические ассоциации металлов, распределение типоморфных металлов по минеральным ассоциациям, распределение антропогенных металлов по гранулометрическим фракциям, геохимический фон антропогенных металлов, корреляции между элементами в современных отложениях). Проводится оценка изменения эколого-геохимических индикаторов в период развития территории города.

Полученные результаты обеспечат совершенствование известных методов эколого-геохимических исследований для урбанизированных ландшафтов. Результаты исследования позволят решать принципиально новые задачи, связанные с оценкой, прогнозом формирования геохимических условий и определять вклад различных источников загрязнения на урбанизированной территории. Знание механизмов формирования и экологической роли современных антропогенных отложений на плотно населенных территориях позволит усовершенствовать методики для оценки экологического риска для населения.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-77-10024).*

#### **Литература:**

1. Касимов Н. С. Экогеохимия городских ландшафтов / Н. С. Касимов. М.: Изд-во Моск. гос. у-та, 1995. – 327 с.
2. Экология города / под ред. Н. С. Касимова. М. : Научный мир, 2004. – 624 с.
3. Wei B. Contamination level assessment of potential toxic metals in road dust deposited in different types of urban environment / B. Wei, F. Jiang, X. Li, S. Mu. Environmental Earth Sciences. 2010. Vol. 61. P. 1187-1196.
4. Murakami M. Identification of particles containing chromium and lead in road dust and soakaway sediment by electron probe microanalyser / M. Murakami, F. Nakajima, H. Furumai, B. Tomiyasu, M. Owari. Chemosphere. 2007. Vol. 67. Iss. 10. P. 2000-2010.
5. Баглаева Е. М. Функциональное зонирование микроландшафта жилых кварталов города / Е. М. Баглаева. Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2018. 1 (21). С. 97-106.
6. Селезнев А.А. Эколого-геохимическая оценка состояния урбанизированной среды на основе исследования отложений пониженных участков микрорельефа (на примере г. Екатеринбурга). [Текст]: дисс. ...канд. геол.-мин. наук: 25.00.36: защищена 26.03.2015: утв. 01.07.2015 / Селезнев Андриан Анатольевич. Екатеринбург. 2015. 141 с.
7. Seleznev A. A. Method for reconstructing the initial baseline relationship between potentially harmful element and conservative element concentrations in urban puddle sediment / A. A. Seleznev, I. V. Yarmoshenko, A. P. Sergeev. Geoderma. 2018. 326. P. 1-8.

**ПЕТРОЛОГИЯ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СИЕНИТОВ КОМПЛЕКСА  
МАДИАПАЛА, ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЗОНА КОМПЛЕКСА ЛИМПОПО, ЮАР**

*Селютина Н.Е., Сафонов О.Г.*

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия  
Институт экспериментальной минералогии им. академика Д.С. Коржинского РАН,  
Черноголовка, Россия  
[Nata-me98@mail.ru](mailto:Nata-me98@mail.ru)

Аннотация. Данное исследование посвящено выявлению P-T условий и флюидного режима формирования сиенитов массива Мадиапала, а также термодинамическому (посредством метода псевдосечений) обоснованию процесса их образования в ходе сиенитизации тоналитовых гнейсов.

Ключевые слова: сиенит, флюид, моделирование, Центральная зона комплекса Лимпопо

**PETROLOGY AND CONDITIONS OF FORMATION OF THE MADIAPALA SIENITE  
COMPLEX, CENTRAL ZONE OF THE LIMPOPO COMPLEX, SOUTH AFRICA**

*Selyutina N.E., Safonov O.G.*

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia  
Institute of Experimental Mineralogy RAS, Chernogolovka, Russia  
[Nata-me98@mail.ru](mailto:Nata-me98@mail.ru)

Abstract. This study is devoted to the identification of the P-T conditions and fluid regime of the syenite formation of the Madiapala complex, through the thermodynamic (pseudo-section method) substantiation of the formation process during the syenitization of tonalite gneisses.

Key words: syenite, fluid, modeling, Central Zone of the Limpopo complex

Сиенитовый массив Мадиапала расположен в западной части Центральной Зоны (ЦЗ) комплекса Лимпопо среди серии тоналит-трондьемитовых гнейсов Олдейз с возрастом 2610-2650 млн. лет. Согласно геохронологическим данным, полученным методом SHRIMP по соотношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  в 23 анализах сфенов [3], возраст самих сиенитов массива составляет  $2010.3 \pm 4.5$  млн лет. Этот возраст соответствует Палеопротерозойскому тектоно-термальному событию (D3/M3) в ЦЗ, которое характеризовалось мощной флюидной проработкой вдоль зон сдвигово-пластических деформаций (shear zones). М. Ригби с соавторами [2] с помощью метода псевдосечений (программный комплекс THERMOCALC) в системе  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{K}_2\text{O}-\text{FeO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{Fe}_2\text{O}_3$  (NCKFMASHTO) для ассоциаций сиенитов установили, что максимальные значения P-T параметров для этих пород составляли 6 кбар и 770°C. Эти данные были интерпретированы как условия метаморфизма ранее существовавших сиенитов в ходе метаморфического этапа D3/M3. Иную модель образования сиенитового массива в тоналит-трондьемитовых гнейсах Олдейз предлагает О.Г. Сафонов с соавторами [5, 6]. Она основана на экспериментах по

взаимодействию биотит-амфиболового тоналитового гнейса с флюидами  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-(\text{K}, \text{Na})\text{Cl}$  при 750 и 800°C и 5.5 кбар [4, 5]. Эти эксперименты демонстрируют, что определяющим фактором образования сиенитовой ассоциации за счет ассоциации исходных тоналитовых гнейсов является возрастание активности калия во флюиде, связанной с солевой составляющей флюида. Таким образом, сиениты этого массива могли быть продуктом процесса сиенитизации тоналитовых гнейсов, схожим с гранитизацией, но с участием богатых солевой составляющей водно-углекислых флюидов.

Согласно петрографическим данным самой ранней ассоциацией в сиенитах является ассоциация калиевый полевой шпат + клинопироксен + сфен ± апатит. Для того, чтобы оценить условия образования этой ассоциации и сравнить их с данными М. Ригби с соавторами [2], с помощью программного комплекса PERPLE\_X [1], версия 6.7.7 для Windows, для валовых химических составов сиенитов были рассчитаны диаграммы в координатах P-T, а также изоплеты магнезиальности и содержания Na в клинопироксене в ассоциации с щелочным полевым шпатом и сфеном. Условия образования первичной магматической сиенитовой ассоциации соответствуют температурному интервалу 930 - 960°C и давлениям 5.6 - 7.4 кбар. Оценки влияния активности  $\text{K}_2\text{O}$  на гнейсы Олдейз посредством расчета диаграмм (псевдосекций) в координатах  $\text{lg}(a_{\text{H}_2\text{O}}) - \text{lg}(a_{\text{K}_2\text{O}})$  показали, что преобразование ассоциации гнейса в сиенитовую ассоциацию возможно при постоянных P и T за счет увеличения активности  $\text{K}_2\text{O}$ .

Таким образом, формирование первичной сиенитовой ассоциации происходило при давлениях 6 - 7 кбар и температурах порядка 950°C в ходе проработки тоналитовых гнейсов Олдейз водно-углекисло-солевым флюидом, в котором ведущую роль играл солевой компонент, богатый калием. Образование же амфиболсодержащих ассоциаций, исследованных М. Ригби с соавторами [2], происходило на фоне остывания сиенитовой магмы. Этой стадии соответствовал рост активности  $\text{Na}_2\text{O}$ , что приводило к замещению ассоциации клинопироксена с калиевым полевым шпатом ассоциацией амфибола и альбита. Близкие значения давления указывают на то, что остывание сиенитовой магмы проходило на одном уровне глубинности в средней коре (18-20 км.).

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ №16-05-00266*

#### **Литература:**

1. Connolly J. A. D. Computation of phase equilibria by linear programming: a tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation. *Earth and Planetary Science Letters*. 2005. Т. 236. №. 1-2. – С. 524-541.
2. Rigby M., Mouri H., Brandl G. PT conditions and the origin of quartzo-feldspathic veins in metasyenites from the Central Zone of the Limpopo Belt, South Africa. *South African Journal of Geology*. 2008. Т. 111. №. 2-3. С. 313-332.
3. Rigby M. J., Armstrong R. A. SHRIMP dating of titanite from metasyenites in the Central Zone of the Limpopo Belt, South Africa. *Journal of African Earth Sciences*. 2011. Т. 59. №. 1. С. 149-154.
4. Safonov O. G., Kovaleva, E. I., Kosova, S. A., Rajesh, H. M., Belyanin, G. A., Golunova, M. A., & Van Reenen D. D. Experimental and petrological constraints on local-scale interaction of biotite-amphibole gneiss with  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-(\text{K}, \text{Na})\text{Cl}$  fluids at middle-crustal conditions: Example from the Limpopo Complex, South Africa. *Geoscience Frontiers*. 2012. Т. 3. №. 6. С. 829-841.
5. Safonov O. G., Aranovich L. Y. Alkali control of high-grade metamorphism and granitization. *Geoscience Frontiers*. 2014. Т. 5. №. 5. С. 711-727.
6. Safonov O. G., Kosova S. A., Van Reenen D. D. Interaction of Biotite–Amphibole Gneiss with  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-(\text{K}, \text{Na})\text{Cl}$  Fluids at 550 MPa and 750 and 800°C: Experimental Study and Applications to Dehydration and Partial Melting in the Middle Crust. *Journal of Petrology*. 2014. Т. 55. №. 12. С. 2419-2456.

**РАННИЙ ЭТАП ФОРМИРОВАНИЯ ОКЕАНИЧЕСКОЙ КОРЫ В УСЛОВИЯХ  
УГНЕТЕННОГО МАГМАТИЗМА НА ПРИМЕРЕ РАСКОЛА АВСТРАЛИИ И  
АНТАРКТИДЫ**

*Сергеева В.М., Лейченко Г. Л.*

ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

[wanda@list.ru](mailto:wanda@list.ru)

Институт Наук о Земле, Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Аккреция океанической коры на раннем этапе спрединга (83-46 млн лет назад) вдоль континентальных окраин Австралии и Антарктиды проходила дискретно и неравномерно. Результаты физического моделирования показали возможность возникновения перескоков оси спрединга на начальном этапе формирования Австрало-Антарктической котловины. Следствием перескоков может быть некорректное определение положения некоторых участков границы континент-океан и возрастов отдельных сегментов магнитных аномалий. Этим можно объяснить частичное несовпадение сопряженных границ континент-океан Австралии и Антарктиды. В настоящем исследовании мы рассматриваем возможные причины и механизмы возникновения перескоков оси спрединга.

Ключевые слова: перескоки оси спрединга, океаническая кора, физическое моделирование

**THE EARLY STAGE OF OCEANIC CRUST FORMATION UNDER CONDITIONS OF  
MAGMA-POOR SPREADING ON THE EXAMPLE OF THE  
AUSTRALIA/ANTARCTICA BREAK-UP**

*Sergeeva V.M., Leitchenkov G.L.*

FSBI "VNIIOkeangeologia", St. Petersburg, Russia, [wanda@list.ru](mailto:wanda@list.ru)

Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Abstract. The accretion of the oceanic crust at the early stage of spreading (83-46 million years ago) along the continental margins of Australia and Antarctica was discrete and uneven. The results of physical simulation showed the occurrence of spreading axis jumping during the initial stage of the formation of the Australian — Antarctic Basin. A possible consequence of jumping may be an incorrect determination of the position of some of the segments of the magnetic anomalies. It can explain the partial mismatch of the conjugated continent-ocean boundaries of Australia and Antarctica. In this study we consider the possible causes and mechanisms for the occurrence of jumping of the spreading axis.

Key words: spreading axis jumping, oceanic crust, physical simulation

Примерно 83 млн лет назад начался спрединг океанического дна, разделивший некогда единые Австралию и Антарктиду. Спредингу предшествовал длительный период рифтогенеза продолжительностью 70-80 млн лет. Изначально спрединг в юго-восточной части Индоокеанского хребта (ЮВИХ) характеризовался ультрамедленными скоростями, крайне угнетенной магматической активностью и нестабильной динамикой раскрытия океанического пространства.

Одним из следствий неустойчивого и неравномерного характера формирования океанической котловины на ранних этапах является несовпадение сопряженных границ континент-океан, установленных для Южной Австралии и Восточной Антарктиды (рис. 1). На рис. 1 показаны три наиболее известные палеорекострукции дораскольного взаиморасположения Австралии и Антарктиды. Каждая из этих моделей имеет общий недостаток - «зазоры» океанической коры позднемелового возраста внутри австрало-антарктического континента. Очевидно, что причина, по которой разные исследователи независимо друг от друга сталкиваются с одной и той же проблемой, должна заключаться в первоначальной некорректности используемых данных. Мы предположили [1], что определения положения границ континент-океан для отдельных сегментов, а также отдельные датировки возрастов магнитных аномалий могли быть ошибочными. Некоторые трудности в определении истинных номеров отдельных участков магнитных аномалий могли возникнуть из-за сложных геодинамических процессов, последствия которых не были учтены на этапе интерпретации магнитометрических данных.

К таким выводам мы пришли, проанализировав информацию о морфологии океанического фундамента вдоль австралийской и антарктической континентальных окраин, содержащуюся в сейсмических профилях МОВ ОГТ [4, 5]. Сейсмические материалы были сопоставлены с опубликованными данными магнитометрии, на основе которых была произведена оценка скоростей полуспрединга [7]. Благодаря имеющимся геофизическим сведениям нам удалось задать параметры для проведения серии опытов по физическому моделированию [1], поставленную в лаборатории экспериментальной геодинамики Музея Землеведения МГУ. Методика опытов дает возможность моделировать процессы спрединга и изучать характер формирующегося в результате рельефа океанического фундамента.

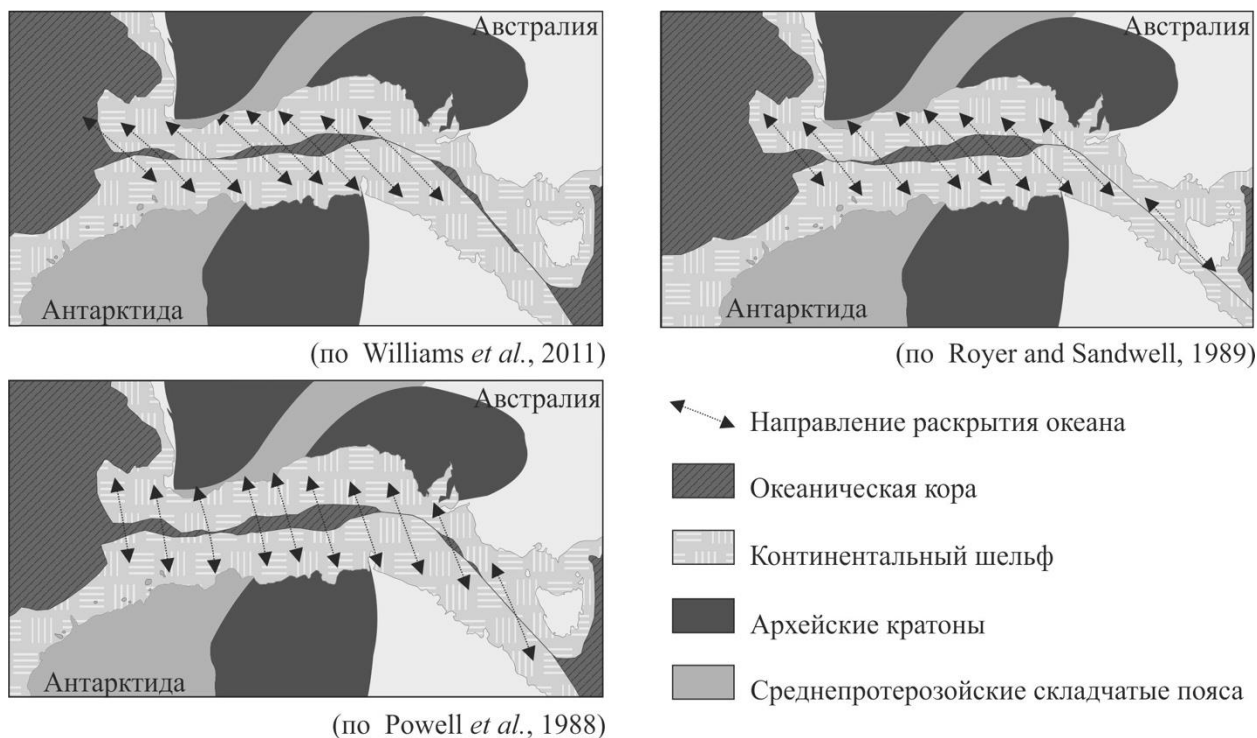
В ходе проведенных модельных опытов [1] наблюдалось формирование на ранних этапах растяжения нескольких сегментов оси спрединга, которые соединяются друг с другом нетрансформными смещениями. По мере растяжения во всех экспериментах серии происходили перескоки отдельных сегментов (преимущественно по направлению от континентальной окраины) и их последующее объединение в непрерывную единую ось. На данный момент нет никаких свидетельств, которые бы отрицали возможность перескоков оси спрединга на начальном этапе формирования Австрало-Антарктической котловины. Если такие процессы действительно происходили в геологическом прошлом, тогда возникает необходимость пересмотреть датировки отдельных сегментов наиболее древних магнитных аномалий ЮВИХ и уточнить положение границ континент-океан.

Особенности конструкции установки, на которой моделировались перескоки оси спрединга, позволяли наблюдать геодинамические изменения только в плане, но не в разрезе. Однако, как развивались эти изменения в разрезе можно представить с помощью мысленного эксперимента. Представленная модель, основанная на таком мысленном эксперименте, рассматривает эволюцию литосферы в ходе длительного рифтогенеза и последующего неравномерного и ультрамедленного спрединга, предполагаемых для



раскола Австралии и Антарктиды. Полученные результаты позволяют проанализировать механизмы формирования перескоков оси спрединга, реализующихся на нижних уровнях литосферы.

Таким образом, наше исследование рассматривает на примере Австрало-Антарктической котловины перескоки осей спрединга на ранних этапах формирования океана, разбирает механизмы этого явления, а также его влияние на истинную последовательность номеров магнитных аномалий, которое необходимо учитывать при интерпретации данных магнитометрии.



**Рисунок 1 – Варианты взаиморасположения Австралии и Антарктиды перед началом спрединга 83 млн лет назад.**

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФ 16-17-10139*

#### Литература:

1. Дубинин Е.П., Лейченко Г.Л., Грохольский А.Л., Сергеева В.М., Агранов Г.Д. Изучение особенностей структурообразования в ранний период разделения Австралии и Антарктиды на основе физического моделирования. *Физика Земли*. 2018 (в печати).
2. Powell, C.M.A., Roots, S., and Veevers, J. Pre-breakup continental extension in East Gondwanaland and the early opening of the eastern Indian Ocean. *Tectonophysics*. 1988. V. 155. P. 261-283.
3. Royer, J.Y., Sandwell, D.T. Evolution of the eastern Indian Ocean since the Late Cretaceous: Constraints from Geosat altimetry. *Journal of Geophysical Research*. 1989. V. 94. P. 13755-13782.
4. Sayers J., Symonds P., Direen N.G., Bernardel G., 2001. Nature of the continent-ocean transition on the nonvolcanic rifted margin of the central Great Australian Bight // In: *Non-Volcanic Rifting of Continental Margins: A Comparison of Evidence from Land and Sea* (Wilson R.C.L., Whitmarsh R.B., Taylor B. and Froitzheim N., eds). *Geol. Soc. London Spec. Publ.* 2001. V. 187. P. 51–77.
5. Stagg *et al.*, 2004. Geological framework of the continental margin in the region of the Australian Antarctic Territory. *Geoscience Australia Record* 2004/05.
6. Williams, S.E., Whittaker, J.M., Müller, R.D. Full-fit, palinspastic reconstruction of the conjugate Australian-Antarctic margins. *Tectonics*. 2011. V. 30. P. TC6012.
7. Tikku, A.A., Cande, S.C. On the fit of Broken Ridge and Kerguelen Plateau. *Earth and Planetary Science Letters*. 2000. V. 180. P. 117-132.

## ФИЛЬТРАЦИЯ ДАННЫХ ПОВЕРХНОСТНОГО МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СТОКВЕЛЛА

*Сердюков А.С.<sup>1</sup>, Азаров А.В.<sup>2</sup>, Гапеев Д.Н.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

[AleksanderSerdyukov@yandex.ru](mailto:AleksanderSerdyukov@yandex.ru)

<sup>2</sup> Институт горного дела, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup> АО «Технологии обратных задач», Россия

Аннотация. Рассматривается проблема подавления шумов в данных поверхностного микросейсмического мониторинга гидравлического разрыва пласта. Существенная часть шумов это поверхностные волны от оборудования, транспорта и т.п. Предлагается метод фильтрации подобных помех с использованием частотно-временного представления сейсмограмм на основе преобразования Стоквелла и алгоритма автоматического выделения порога. Новый метод позволяет подавить помехи с минимальным искажением полезных сигналов (микросейсмические события импульсного типа). Другими преимуществами предлагаемого метода является автоматизация и вычислительная эффективность процедуры фильтрации.

Ключевые слова: сейсморазведка, поверхностный микросейсмический мониторинг, фильтрация, частотно-временное представление. Преобразование Стоквелла.

## THE S-TRANSFORM BASED FILTRATION OF THE SURFACE MICROSEISMIC MONITORING DATA

*Serdyukov A.S.<sup>1</sup>, Azarov A.V.<sup>2</sup>, Gapeev D.N.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia,

[AleksanderSerdyukov@yandex.ru](mailto:AleksanderSerdyukov@yandex.ru)

<sup>2</sup>Institute of Mining, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup> Inverse problem LTD, Russia

Abstract. The problem of noise suppression in the surface microseismic monitoring data is considered. A significant part of the noise is surface waves from equipment, transport, etc. We propose denoising procedure, which is based on a time-frequency representation of seismograms using the Stockwell transform and an algorithm of automatic adaptive thresholding. The new method allows to suppress noise with minimal distortion of useful signals (microseismic events of impulse type). Other advantages of the proposed method are the automation and computational efficiency of the filtration procedure.

Key words: seismic exploration, surface microseismic monitoring, spectral processing, frequency-time representation,

Микросейсмический мониторинг (МСМ) является распространенным методом дистанционного контроля гидравлического разрыва пласта. Используются два типа системы наблюдений: скважинные и наземные (поверхностные) [1]. Скважинные системы наблюдения обеспечивают более высокое отношение сигнал/шум. Недостатком скважинных систем наблюдения является ограниченная пространственная апертура системы наблюдения, не позволяющая, например, осуществлять определение механизмов микросейсмических событий которые используются для последующей геомеханической интерпретации результатов МСМ. При поверхностном МСМ возможно использовать значительно большее количество датчиков. За счет расширения пространственной апертуры повышается точность определения горизонтальных координат микросейсмических событий, что важно для исследования направления распространения трещины ГРП. Так же, по данным поверхностного МСМ возможно определение механизмов событий. Проблемой поверхностного МСМ является низкое отношение сигнал/помеха. Значительная часть шумов имеет техногенную природу. Прежде всего, это поверхностные волны, возникающие в результате работы оборудования в районе устья скважины. Для того чтобы подавить эти волны часто выбирается система наблюдения типа «звезды». Приемники расставляются по лучам, расходящимся от устья скважины в различных направлениях [2]. Для подавления поверхностных волн используется f-k анализ. Такая геометрия наблюдений не всегда возможна в силу сложного рельефа местности и не всегда оптимальна для решения задачи локации микросейсмических источников. Кроме этого, помимо оборудования в устье скважины, существуют и другие источники помех – например автомобили и т.п.

Техногенные помехи, как правило, продолжительны по времени, а их частотный спектр сосредоточен в окрестности отдельных частот. Полезный сигнал же, напротив, представляет собой короткие по времени импульсы с широким временным спектром. Поэтому для их разделения предлагается анализировать частотно-временные представления сейсмограмм.

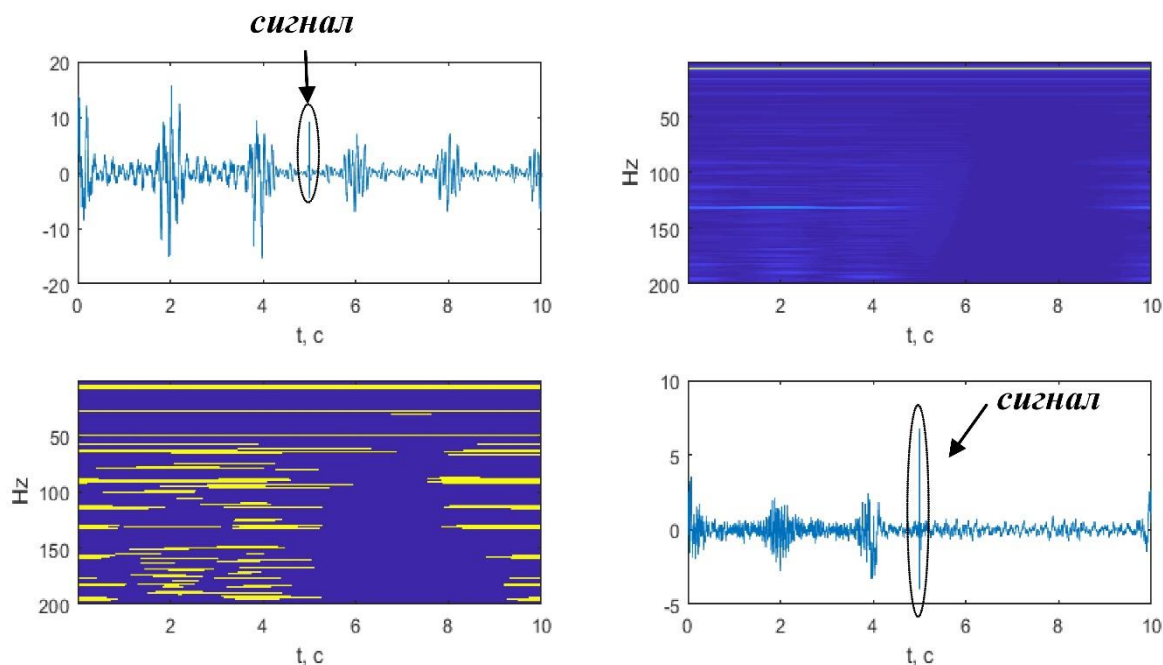
Предлагаемый алгоритм состоит из двух этапов. На первом шаге к сейсмической трассе  $h(t)$  применяется обобщенное преобразование Стоквелла [3]:

$$S_g [h(t)](\tau, f, \sigma) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t) \frac{|f|}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(\tau-t)^2 f^2}{2\sigma^2}} e^{-i2\pi ft} dt,$$

где  $\tau$  и  $f$  время и частота, а  $\sigma$  дополнительный параметр, характеризующий ширину вэйвлета (который выполняет роль временного окна частотно-временного анализа). За счет уменьшения  $\sigma$  на итоговой спектрограмме усиливаются амплитуды квазигармонических продолжительных по времени сигналов. Преимуществами использования S-преобразования, по сравнению со стандартным подходом частотно-временного анализа на основе оконного преобразования Фурье, является адаптивное разрешение время-частота (такое же, как при Вэйвлет преобразовании) и обратимость S- преобразования. Заметим, что вычисление S-преобразования проводится на основе быстрого преобразования Фурье.

На втором этапе алгоритма происходит выделение областей спектрограммы подлежащих удалению. При этом используется алгоритм обработки изображения – адаптивный способ определения порога [4].

Результат применения предлагаемого метод фильтрации продемонстрирован на рисунке 1. Синтетические данные представляют собой суперпозицию продолжительных квазигармонических (гармоники с медленно меняющейся частотой) шумов и «полезного» сигнала, представляющий собой импульс Риккера с доминирующей частотой 100Hz. Как видно из рисунка 1 этот сигнал удастся значительно усилить.



**Рисунок 1 –Результаты фильтрации синтетических данных МСМ. Слева сверху – синтетические данные (сигнал и шум состоящий из суперпозиции квазигармонических функций), справа сверху – спектрограмма, слева внизу – показаны области которые исключаются входе фильтрации (автоматическая процедура на основе адаптивного способа выбора порога). Справа внизу - отфильтрованные данные.**

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Российского Научного Фонда (РНФ) № 18-77-00043*

#### **Литература:**

1. McClellan J. H. et al. Array Processing in Microseismic Monitoring: Detection, Enhancement, and Localization of Induced Seismicity. IEEE Signal Processing Magazine. 2018. Т. 35. №. 2. С. 99-111.
2. Duncan Peter M., Eisner L. Reservoir characterization using surface microseismic monitoring. Geophysics. 2010. Т. 75. №. 5. С. 139-146.
3. Stockwell R. G., Mansinha L., Lowe R. P. Localization of the complex spectrum: the S transform. IEEE transactions on signal processing. 1996. Т. 44. №. 4. С. 998-1001.
4. Cai T., Zhu J. Adaptive selection of optimal decomposition level in threshold de-noising algorithm based on wavelet. Control and decision. 2006. Т. 21. №. 2. С. 217-222.

## ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ХРОМШПИНЕЛИДОВ В АЛМАЗАХ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ ЯКУТИИ

*Серебрянников А.О., Логвинова А.М.*

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия,  
[aos\\_97@ngs.ru](mailto:aos_97@ngs.ru)  
Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,  
Новосибирск, Россия

Аннотация. Впервые проведены систематические исследования содержания элементов-примесей (Ti, Ni, V, Zn) в хромшпинелидах из алмазов пяти кимберлитовых трубок разных алмазоносных районов Якутии (Мир, Удачная, Айхал, Сытыканская, Комсомольская). Методами сканирующей микроскопии и микрозондового анализа было изучено 167 включений, статистически выявлено, что хромшпинели в алмазах из тр. Комсомольская отличаются пониженным содержанием V, в тр. Мир и Айхал для некоторых включений отмечено повышенное содержание Ti. Хромшпинелиды, наряду с пиропом, являются важными минералами-спутниками алмаза, и полученные результаты являются весьма актуальными при поиске алмазов в аллювиальных отложениях, а также для выяснения их генезиса.

Ключевые слова: кимберлит, алмаз, включение, хромшпинелид.

## COMPOSITIONAL FEATURES OF CHROMSPINELLID INCLUSIONS IN DIAMONDS FROM YAKUTIAN KIMBERLITES

*Serebriannikov A.O., Logvinova A.M.*

V.S. Sobolev institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia  
[aos\\_97@ngs.ru](mailto:aos_97@ngs.ru)  
Novosibirsk National Research State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. For the first time have been made systematic studies of the content of impurity elements (Ti, Ni, V, Zn) in chromspinelldes from diamonds of five kimberlite pipes of various diamondiferous regions of Yakutia (Mir, Udachnaya, Aikhal, Sytikanskaya, Komsomolskaya). With the use of scanning microscopy and microprobe analysis, 167 inclusions were studied, it was found statistically that chromspinelldes in diamonds from the Komsomolskaya pipe are distinguished by a lower content of V, in the Mir and Aikhal pipes, for some inclusions, an increased Ti content is noted. Chromspinelldes, along with pyrope, are important minerals-satellites of diamond, and the results obtained are very relevant for the search for diamonds in alluvial deposits, as well as for elucidating their genesis.

Key words: kimberlite, diamond, inclusion, chromspinelldes.

Хромит является одним из важнейших минералов-спутников алмаза. Он встречается как в кимберлитовых и лампроитовых телах (в виде вкрапленников в основной массе кимберлита, а также в ксеногенном мантийном материале), так и в россыпных месторождениях алмаза. Кроме того именно хромит установлен в качестве наиболее распространённого типа включений в алмазе. Изучению типоморфизма хромшпинелидов, ассоциирующих с алмазом, посвящено большое количество публикаций, в которых приведены основные особенности состава хромитов так называемой “алмазной” ассоциации: высокая хромистость ( $Cr/Cr+Al > 80\%$ ) наряду с пониженным содержанием  $TiO_2$  (менее 0,7 вес.%), сравнительно узкий интервал железистости, а также незначительная роль окисного железа [1, 2, 3]. Определена чёткая корреляция между содержащимися в кимберлитовых телах хромшпинелидами подобного состава с их алмазоносностью [1]. Их относят к гарцбургит-дунитовому типу парагенезиса. Таким образом, исследование хромшпинелидов из алмазов разных кимберлитовых трубок Якутии по-прежнему актуально.

Целью настоящей работы является выявление типоморфных особенностей хромшпинелидов в алмазах из разных алмазоносных районов Якутии. В данной работе нами исследованы такие включения в алмазах из 5 кимберлитовых трубок: Мир (Мало-Ботуобинский район); Удачная (Далдынский район); Айхал, Сытыканская, Комсомольская (Алакит-Мархинский район). Включения хромшпинелидов в алмазах встречаются как одиночными, так и группами, часто в ассоциации с пиропом, оливином, хромдиоксидом, сульфидами (Рис. 1). Методами сканирующей микроскопии и микрозондового анализа на рентгеновском микроанализаторе JXA-8100 Jeol (Япония), изучен химический состав 167 хромшпинелидов в алмазах из указанных выше трубок. Основное внимание было уделено содержанию элементов-примесей (Ti, V, Zn, Ni), в связи с полным отсутствием данных по количеству входящих в состав хромшпинелидов V и Zn. По предварительным результатам впервые было зафиксировано, что хромшпинели из алмазов тр. Комсомольская характеризуются пониженным содержанием  $V_2O_5$ , в тр. Мир и Айхал для этих включений отмечено в ряде случаев повышенное содержание  $TiO_2$ , а в тр. Сытыканская они более магнезиальны. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о различии составов хромшпинелидов в алмазах из разных кимберлитовых трубок Якутии и могут быть актуальны при проведении поисковых работ на алмазы, а также выяснения их генезиса.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект 18-45-140027)*

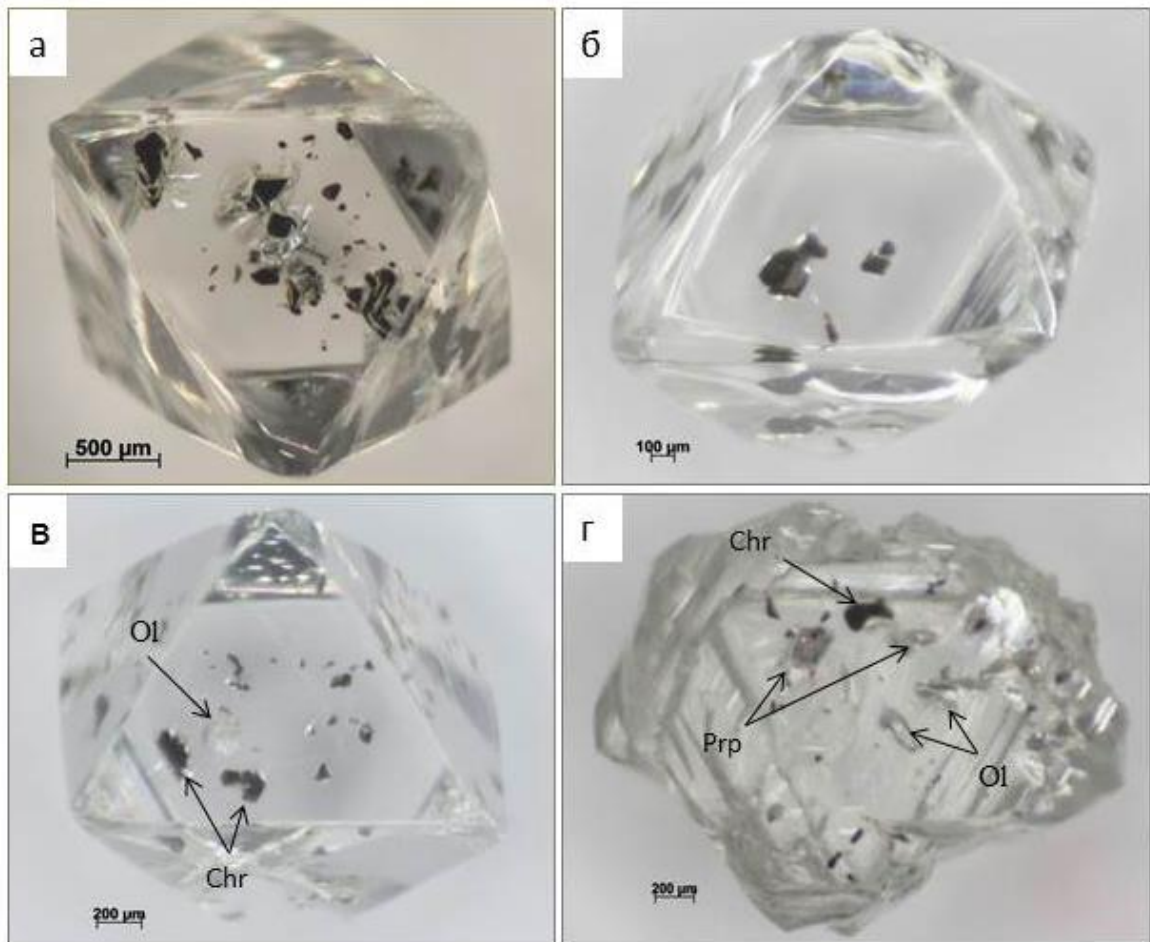


Рисунок 1 - Фотографии алмазов с включениями хромита (Chr), оливина (Ol) и пироба (Prp).

#### Литература:

1. Соболев Н.В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Изд-во «Наука», 1974, с.264.
2. Соболев Н.В., Похиленко Н.П., Лаврентьев Ю.Г., Усова Л.В. Особенности состава хромшпинелидов из алмазов и кимберлитов Якутии. Геология и геофизика. 1975. № 11, с. 7-24.
3. Meyer H.O. & Tsai H-M. The nature and significance of mineral inclusions in natural diamond: a review. Minerals Sci. Eng. 1976, v.8 (4). P.242- 260.

**РУДНО-ФОРМАЦИОННЫЕ ТИПЫ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИАРГУНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ**

*Серавина Т.В., Богославец Н.Н., Алеко С.В., Петухов А.А.*

ФГБУ Центральный научно-исследовательский геологический институт цветных и благородных металлов, Москва, Россия,  
[tanyaseravina@gmail.com](mailto:tanyaseravina@gmail.com)

Аннотация. В пределах Приаргунской МЗ локализованы месторождения в вулканогенных ассоциациях (VHMS) - колчеданно-полиметаллический (Нойон-Тологойский) формационный тип (средне-верхнеюрские терригенно-вулканогенные отложения) и в осадочных толщах (SEDEX) - свинцово-цинково-колчеданный (Приаргунский) формационный тип (венд-кембрийские карбонатно-терригенные отложения). В зависимости от изменения щелочности вулканитов выделяются минеральные типы месторождений. С вулканизмом калиевого ряда связаны месторождения серебро-свинцово-цинкового минерального типа, а кали-натрового – золото-серебро-полиметаллические.

Ключевые слова: Приаргунская минерагеническая зона, колчеданно-полиметаллические месторождения, формационные типы.

**ORE-FORMATION TYPES OF PYRITE-POLYMETALLIC DEPOSITS OF PRIARGUNSKAYA MINERAGENIC ZONE**

*Seravina T.V., Bogoslavets N.N., Aleko S.V., Petuhov A.A.*

FSBI Central Research Geological Prospecting Institute of Non-Ferrous and Precious Metals,  
Moscow, Russia  
[tanyaseravina@gmail.com](mailto:tanyaseravina@gmail.com)

Abstract. Within the Priargunskaya MZ, deposits in volcanogenic associations (VHMS) - pyrite-polymetallic (Nojon-Tologoj) formational type (Vendian-Cambrian carbonate-terrigenous rocks) are localized and in the sedimentary strata (SEDEX) - lead-zinc-pyrite (Priargunskij) formation type (Middle-Upper Jurassic terrigenous-volcanogenic rocks). Depending on the change in alkalinity of volcanites, mineral types of deposits are distinguished. Silver-lead-zinc mineral type of deposits are associated with potassium volcanism, and with potassium-sodium volcanism - gold-silver-polymetallic type of deposits.

Key words: Priargunskaya mineragenic zone, pyrite-polymetallic deposits, formation types.

Одним из наиболее перспективных регионов РФ по развитию минерально-сырьевой базы свинца и цинка является Приаргунская минерагеническая зона (Забайкальский край). В пределах Приаргунской МЗ локализованы полиметаллические и колчеданно-полиметаллические месторождения в вулканогенных ассоциациях (VHMS) и в осадочных толщах (SEDEX).



Месторождения в вулканогенных ассоциациях (VHMS). Формационный тип – колчеданно-полиметаллический в осадочно-вулканогенных породах. К данному типу отнесены полиметаллические месторождения в средне-верхнеюрских терригенно-вулканогенных отложениях (Нойон-Тологойский тип), относящиеся к вулканогенно-кремнисто-терригенной формации. На основе сопоставления обобщенных колонок рудных районов рассматриваемая формация подразделяется на три субформации (снизу-вверх): базальт-(андезит)-дацитовую углерод-кремнисто-терригенную, базальт-андезит-дацитовую и вулканогенно-терригенную. Для всех субформаций характерна фациальная изменчивость, заключающаяся в смене вулканогенных отложений терригенными, часто на коротких расстояниях. Соотношение вулканогенной и терригенной составляющей в их пределах колеблется, от преобладания вулканитов до подчиненного их количества. Что касается самих вулканогенных пород, то также наблюдается резкая изменчивость в соотношении кислых средних и основных пород. Вулканизм в регионе имел циклический характер. В настоящее время можно выделить до трех циклов: основные—средние—кислые вулканогенные отложения с постепенными переходами друг в друга.

Золото-серебро-полиметаллические или колчеданно-полиметаллические рудные тела представлены стратифицированными и штокверковыми жильными зонами и локализованы в вулканотектонических депрессионных структурах мульдообразной формы с пологими бортами. Рудные тела контролируются синвулканическими нарушениями и с ними связанными зонами трещиноватости. Субсогласные зоны контролируют пологозалегающие стратифицированные рудные тела, а крутопадающие – секущие напластование штокверковые зоны. Соотношение в составе формации кремнисто-терригенных и вулканогенных отложения определяется с одной стороны близостью вулканопаратов (субвулканических отложений – относящихся к жерловым фациям вулканизма), а с другой, самим характером и интенсивностью вулканической активности в пределах рудных полей и месторождений. Отложения формации относятся к четырем фаціальным зонам: жерловой, прижерловой, промежуточной и удаленной [2].

В зависимости от изменения щелочности вулканитов выделяются минеральные типы месторождений. С вулканизмом калиевого ряда связаны месторождения серебро-свинцово-цинкового минерального типа (Нойон-Тологой, Талман, Кодак), а кали-натрового – золото-серебро-полиметаллические (Ново-Широкинское, Чашинское и др.). Минеральный состав руд [4,5] характеризуется большим разнообразием. Выделяются следующие минеральные типы руд, обуславливающие вертикальную зональность рудных залежей: галенитовый, галенит-сфалеритовый, сфалерит-пиритовый, пирит-арсенопирит-галенит-сфалеритовый с сульфосолями свинца и серебра, арсенопирит-пиритовый. Главными рудными минералами являются: пирит, сфалерит, галенит,; второстепенными и редкими — буланжерит, джемсонит, арсенопирит, тетраэдрит, марказит, халькопирит, бурнонит, касситерит и самородные серебро, висмут и золото, молибденит, станин, киноварь.

Месторождения в осадочных толщах (SEDEX). Формационный тип – свинцово-цинково-колчеданный в терригенно-карбонатных породах - Приаргунский (Нерчинско-Заводской). Руды приурочены к карбонатно-терригенной формации венда-нижнего кембрия, которая подразделяется на две субформации: нижнюю – углеродисто-карбонатно-терригенную (V), и верхнюю – углеродисто-терригенно-карбонатную (С<sub>1-2</sub>).

Углеродисто-карбонатно-терригенная субформация сложена углеродисто-глинистыми, кварцево-слюдистыми алевролитами, метаморфизованными песчаниками и

алевролитами или ритмичной пачкой, состоящей из чередования терригенных и карбонатных отложений.

Углеродисто-терригенно-карбонатная субформация является наиболее продуктивной для оруденения, сосредоточив в себе более 90% запасов свинца и цинка месторождений Приаргунского типа, и представлена переслаивающимися пачками водорослевых и кремнистых доломитов и хемогенных известняков с прослоями глинистых сланцев и алевролитов, линзами осадочных карбонатных брекчий, реже – конгломератов. В средней части разреза отмечается флишеидная толща, сложенная глинистыми сланцами, алевролитами и песчаниками с прослоями известняков, доломитов кремнистых пород и туфопесчаников.

В пределах формации выделяются минеральные типы месторождений – существенно цинковый, существенно свинцовый и свинцово-цинковый, образующие вертикально-латеральные ряды, связанные с фаціальными особенностями рудовмещающего разреза.

Углеродисто-карбонатно-терригенная субформация включает в себя существенно цинковый тип с соотношением  $Pb:Zn=1,0:(2,2-4,0)$ . Эталонными являются месторождения Савинское 5 и Ивановское. В различных рудных районах присутствуют более мелкие месторождения и рудопроявления свинцово-цинкового типа (Кличкинское и др.).

В углеродисто-терригенно-карбонатной субформации выделяются два преобладающих минеральных типа: существенно свинцовый и свинцово-цинковый. В разных рудных районах существенно свинцовый тип (Кадаинское, Акатуевское и др.) с соотношением  $Pb:Zn=(2,0-13,0):1,0$  локализуется в породах нижнего кембрия и преобладает над месторождениями и рудопроявлениями свинцово-цинкового типа (Покровское и др.). Месторождения данного типа характеризуются высокими содержаниями золота и серебра. Наиболее богатыми объектами являются Акатуевское ( $Au: 2-2,5$  г/т;  $Ag: 243$  г/т) и Ируновское ( $Au: 1,03$  г/т,  $Ag: 182,8$  г/т). Выше по разрезу субформации выделяется свинцово-цинковый тип с примерно равным содержанием свинца и цинка (Михайловское, Воздвиженское и др.).

Серебро-свинцово-цинковые руды месторождений описаны многими исследователями [1 3 и др.]. Руды рассматриваемых месторождений имеют близкий минеральный состав. В то же время, отмечаются большие вариации содержаний главных и второстепенных минералов. В числе главных рудных минералов на всех месторождениях отмечаются пирит, галенит, сфалерит. В рудах ряда месторождения широкое развитие имеет также марказит, буланжерит, геокронит и арсенопирит. К второстепенным и редким минералам относятся касситерит, станнин, блеклая руда, пирротин, бурнонит, джемсонит, плагионит, антимонит, халькопирит, прустит, пираргирит.

#### **Литература:**

1. Добровольская М.Г., Шадлун Т.Н. Минеральные ассоциации и условия формирования свинцово-цинковых руд. М. Наука. 1974. 240 с.
2. Кузнецов В.В., Брель А.И., Богославец Н.Н., Елшина С.Л., Кузнецова Т.П., Серавина Т.В. Металлогения Приаргунской структурно-формационной зоны. Отечественная геология. 2018. № 2. С. 32-43.
3. Кузнецов К.Ф., Мейтув Г.М. Геохимия редких элементов в свинцово-цинковых месторождениях Восточного Забайкалья. М. Наука. 1967. 246 с.
4. Кузнецова Т.П. Минеральное разнообразие серебро-полиметаллических руд месторождения Нойон-Тологой в Восточном Забайкалье. Минеральное разнообразие исследование и сохранение. - София, 2015.
5. Сердюк. Л.В. Метасоматические и рудные формации Южного Приаргунья. Дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.11: Иркутск. 2003. 226 с.

## ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ БАЙКИТСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ

*Серов В.В.*

Новосибирский филиал ФГБУ «ВНИГНИ», Новосибирск, Россия,  
[serov@vnigni.ru](mailto:serov@vnigni.ru)

Аннотация. На основании анализа результатов производственных отчетов и опубликованных работ рассмотрены основные периоды изучения Байкитской нефтегазоносной области и вклад различных геолого-геофизических методов в исследование строения и перспектив нефтегазоносности территории.

Ключевые слова: Байкитская НГО; геолого-геофизические методы; сейсморазведка; бурение

### MAIN STAGES OF STUDYING THE TERRITORY OF THE BAYKIT PETROLEUM REGION

*Serov V.V.*

Novosibirsk branch FGBU «VNIGNI», Novosibirsk, Russia, [serov@vnigni.ru](mailto:serov@vnigni.ru)

Abstract. The history of the geological structure study of the Baykit oil and gas bearing area is considered. The main idea of the article is to show the contribution of various geological and geophysical methods to geological exploration of the area. The main stages and results of the exploration are given in the paper. Particular attention is placed on the optimal set of methods applied for the considered territory.

Key words: Baykit oil and gas bearing area; geological and geophysical methods; seismic survey; drilling

Байкитская нефтегазоносная область (НГО) входит в состав Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции и находится на западе Сибирской платформы. Основные запасы крупнейших Куюмбинского и Юрубчено-Тохомского нефтегазоконденсатных месторождений сосредоточены в древнем рифейском резервуаре. На сегодняшний день результаты многолетних исследований отображены в более чем 700 производственных отчетах и многочисленных опубликованных работах. Реализация программы нефтепроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» и запуск в 2017 году магистрального нефтепровода «Куюмба-Тайшет» привлекают к изучению территории повышенное внимание. Рассмотрены основные этапы изучения НГО и вклад геолого-геофизических методов в исследование строения территории.

В истории дореволюционного изучения строения Восточной Сибири выделяется несколько этапов, начиная с путешествия Д.Г. Мессершмидта в начале 18 века, когда были собраны первые сведения о геологии территории. Основной транспортной магистралью

долгие годы служила речная сеть, по этой причине основная часть исследований проводилась вдоль водотоков и на незначительном удалении от них. Поиски были направлены на месторождения золота, железных руд, соли. Возросший интерес к нефти в начале 20 века привел к включению в область интересов геологов-нефтяников и Сибирскую платформу. Академик А.Д.Архангельский в работе «Где и как искать нефтеносные области в СССР» (1929 г.) [2] на основе общегеологических предпосылок впервые поставил вопрос о возможной нефтегазонасности нижнепалеозойских отложений Сибирской платформы.

Геологоразведочные работы на углеводороды в Восточной Сибири были начаты в первой половине 30-х годов и проводились на территориях, оцененных как наиболее перспективные. На Сибирской платформе такими были признаны Байкальский грабен, Вилюйская гемисинеклиза и Минусинская впадина, область современной Байкитской НГО к ним не относилась. К недостаткам нефтегазопроисковых работ тех лет относят недостаточность маршрутно-рекогносцировочных работ, направленных на выявление и подготовку новых площадей, слабую обоснованность мест заложения скважин (отсутствие хорошо обоснованных прогнозных направлений приводило к заложению первых глубоких скважин по методу «дикой кошки»).

Внедрение стадийности проведения ГРП (последовательность ГРП предложена В.М. Крейтером в 1935 г.), при которой начало каждой стадии зависит от результатов предыдущей, привела к началу планомерного изучения и рассматриваемой территории.

На основании обнаруженных во второй половине 30-х годов битумопроявлений на левом берегу р. Нижняя Тунгуска и выявленной Сухо-Тунгусская антиклинали был выделен «Туруханский нефтеносный район».

В 1964 г. с целью оценки перспектив нефтеносности бассейна среднего течения реки Подкаменной Тунгуски была начата структурно-геологическая съемка, с помощью которой были закартированы первые локальные структуры, составившие фонд подготовленных объектов. Значительный вклад внесло структурное бурение, направленное на подготовку структур под глубокое бурение.

На начальной стадии региональных геофизических исследований основными источниками информации служили мелкомасштабные площадные аэромагнитные и гравиметрические съемки, дополненные редкими маршрутами сейсмических и электроразведочных работ (с 1963 года) методами МТП, МТЗ, КМТП, ЗСП, ТТ. Разработанная методика сейсмических зондирований хорошо зарекомендовала себя при исследовании геологического строения труднодоступных территорий.

Первые работы МОВ на рассматриваемой территории проведены в 1969 году с целью изучения глубинного строения Вельминской впадины. В 1971 году в результате проведения профильных работ МОВ в междуречье Ангары и Подкаменной Тунгуски была выделена Байкитская мульда. Профильные и площадные исследования ГСЗ, профильные МОВ, а впоследствии сейморазведка по технологии МОГТ заняли ведущие позиции в поиске и подготовке структур под бурение и в изучении глубинного строения платформы.

Сложность геологического строения и орографических условий Лено-Тунгусской НГП повлияла на внесение корректировок в методики геологоразведочных работ, применяемых на других территориях, и выбор оптимального комплекса методов.

В августе 1972 г. бурением параметрической скважины К-1 начались работы на Куюмбинской площади, в которой из отложений рифея были получены первые в мире притоки нефти и газа из рифейских пород. После бурения скважины К-4, вскрывшей в 1975 г. фундамент, была выделена Байкитская антеклиза [1].

Геохимические исследования использовались как прямые методы поисков месторождений нефти и газа. Результаты работ позволили составить представление о характере распределения и составе газов в приповерхностных отложениях и водоисточниках. В различных районах Байкитской антеклизы выявлялись аномальные зоны, в части из них нефтегазоносность позднее была доказана.

В 80-е годы в региональный этап был включен комплекс: аэромагнитная и гравиметрическая съемки; сейсморазведка МОВ с однократными и многократными перекрытиями МОГТ, ТСЗ МПВ, КМПВ, МПП; электроразведка МТЗ, ЗСБ, ТТ; параметрическое бурение с отбором керна и комплексом ГИС. Для изучения надпорядковых структуры эффективно применялись точечные сейсмические зондирования.

После внедрения технологии МОГТ объем сейсморазведочных работ и глубокого бурения резко увеличивается. В период с 1980 по 1990 гг. было отработано более 25000 км сейсмических профилей. Проведенные в последние два десятилетия геофизические работы в Лено-Тунгусской провинции и бурение скважин позволили получить большой объем новых данных. К настоящему времени на территории Байкитской НГО пробурено более 250 скважин. Плотность бурения составляет 5,5 м/км<sup>2</sup>. Отработано более 68,5 тыс. пог.км. сейсмопрофилей. Плотность сейсмических исследований составляет 0,59 км/км<sup>2</sup>. Изученность территории НГО геофизическими методами и бурением неравномерная.

С 1995 года на Байкитской антеклизе в пределах Юрубченского месторождения начались опытно-производственные работы по методике трехмерных наблюдений. К настоящему времени на Куюмбинской, Юрубченской, Оморинской, Кординской и Придутьской площадях выполнены сейсморазведочные работы 3Д.

На сегодняшний день доказано существование единой системы рифейских прогибов, протягивающихся под чехлом венд-фанерозойских отложений западной части Сибирской платформы и разделенных протяженными выступами кристаллического фундамента (Филипцов Ю.А., 2015). Примером построения такой модели может послужить результат работы А.И. Варламова с соавторами [3], которыми рассмотрены особенности развития Сибирской платформы в протерозое-палеозое и мезозое-кайнозое. С позиций тектонического развития земной коры выявлены зоны нефтегазоаккумуляции в рифейском и венд-кембрийском комплексах.

В последнее время проводится комплексная аэрогеофизическая съемка, включающая магнитные, гамма-спектрометрические и геохимические исследования, выполняются значительные объемы работ МОГТ-3Д. Актуальны вопросы повышения информативности и достоверности результатов геофизических данных (в первую очередь сейсморазведочных) с целью прогнозирования сложнопостроенных коллекторов. Совершенствуется технология проводки скважин и вскрытия перспективных интервалов.

#### **Литература:**

1. Анциферов А.С., Бакин В.Е., Варламов И.П. и др. Геология нефти и газа Сибирской платформы. М. Недра. 1981. 552 с.
2. Архангельский А.Д. Где и как искать новые нефтеносные области в СССР? Нефтяное хозяйство. 1929. № 6. С. 791–796.
3. Варламов А.И., Ефимов А.С., Конторович А.Э. и др. Особенности развития земной коры Сибирской платформы в раннем и позднем неогене в связи с прогнозированием нефтегазоносности. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2010. № 2. С. 3–12.

**ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ РЕЛЬЕФА ОКРАИННОЙ ЧАСТИ БАКЧАРСКОГО БОЛОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ГЕОРАДИЛОКАЦИИ***Синюткина А.А.*

Сибирский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Томск, Россия, [ankalaeva@yandex.ru](mailto:ankalaeva@yandex.ru)

Аннотация. В статье представлены результаты георадиолокационных исследований и нивелирной съемки поверхности, проведенных в пределах окраинной части Бакчарского болотного массива с целью оценки трансформации рельефа поверхности в результате торфонакопления. Выявлены участки с экстремальным значением трансформации уклонов поверхности с 5 % до 0,1 %, характерные для границы леса и болота, а также участки с инверсией уклонов поверхности и минерального дна болота в пределах сосново-кустарничково-сфагновых микроландшафтов. Выделена зона интенсивной гидроморфной трансформации прилегающих к болоту территорий протяженностью 600 м и более.

Ключевые слова: заболачивание, лесоболотный экотон, уклон поверхности, Васюганское болото

**THE RELIEF TRANSFORMATION ESTIMATION OF THE BAKCHAR BOG MARGINAL PARTS USING GROUND-PENETRATING RADAR DATA***Sinyutkina A.A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Siberian Research Institute of Agricultural and Peat – branch of Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Biotechnologies, Tomsk, Russia, [ankalaeva@yandex.ru](mailto:ankalaeva@yandex.ru)

Abstract. The article presents the results of georadar studies and surface leveling survey conducted within the marginal part of the Bakchar bog in order to evaluate the transformation of the surface relief as a result of peat accumulation. Areas with extreme values of transformation of surface slopes from 5% to 0.1% are identified. It is corresponded to the border of forest and mire and areas with inversion of surface slopes and mineral bottom of mire within pine-shrub-sphagnum microlandscapes. A zone of intensive hydromorphic transformation of territories adjoining the mire with a length of 600 m and more is identified.

Key words: paludification, forest and mire ecotone, surface slope, Vasyugan Mire

Тренд заболачивания прилегающих к болоту территорий определяется комплексом внешних факторов, одним из которых является геоморфологическое строение территории. Развитие процесса заболачивания и торфонакопления приводит к изменению исходной поверхности, что часто способствует активизации гидроморфной трансформации геосистем, находящихся в зоне влияния болотных массивов. Особенно актуальной проблема гидроморфной трансформации территорий является для подзоны южной тайги Западной Сибири, которая относится к зоне умеренно прогрессирующего заболачивания.

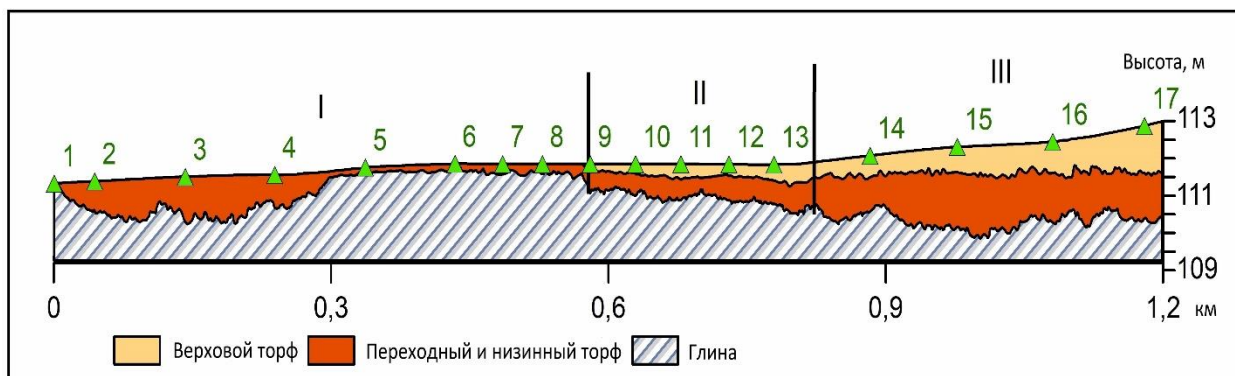
Процесс заболачивания наиболее активен на периферии болотных массивов, особенно в условиях плоского рельефа [1].

Целью работы является оценка трансформации поверхности в результате аккумуляции торфа на примере Бакчарского болотного массива (северо-восточная часть Большого Васюганского болота, подзона южной тайги). В рамках данного исследования основной массив данных о мощности и строении торфяной залежи получен с использованием метода георадиолокации. Георадарная съемка проведена в пределах западного склона Бакчарского болотного массива (N56°58' E82°36'). Изучаемая территория включает типичные сосново-кустарничково-сфагновое, сосново-кустарничковое осоково-сфагновое верховые болота и заболоченные леса с березой, осиной, кедром и елью. В растительности сосново-кустарничково-сфагнового болота доминируют *Pinus silvestris*, *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre* и *Sphagnum fuscum*. Для сосново-кустарничкового осоково-сфагнового болота характерны *Pinus silvestris*, *Betula pubescens*, *Pinus sibirica*, *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Carex rostrata*, *Eriophorum vaginatum* и *Sphagnum angustifolium*. Верховое болото окружают заболоченные леса с преобладанием *Pinus sibirica*, *Betula pubescens*, *Picea obovata*, *Populus tremula*, *Rosa acicularis*, *Ledum palustre*, *Carex cespitosa*, *Calla palustris*, *Menyanthes trifoliata*, *Sphagnum angustifolium* и *Bryidae*. Заболоченные леса и болота характеризуются расчлененным микрорельефом с моховыми подушками, травяными кочками и понижениями.

Георадарная съемка проведена в 2017-2018 гг. в зимний период. Общая протяженность георадарных профилей составила 2,3 км. Зондирование торфяной залежи проведено георадаром ОКО-2 в комплекте с экранированным антенным блоком (частота зондирования 250 МГц) и датчиком перемещения. Шаг зондирования составил 5 см, развертка по глубине 100-200 нс, что соответствовало глубине зондирования 2-4 м [2]. В летний период проведены контактное зондирование торфяной залежи на опорных точках с шагом 50-100 м, а также нивелирная съемка поверхности заболоченного леса и болота вдоль линий георадарных профилей. В результате контактных измерений проведена валидация данных георадиолокации, получены высотные отметки опорных точек георадарных профилей.

Данные георадарного зондирования и нивелирной съемки использованы для расчета морфометрических параметров минерального дна болота как показателей исходных условий заболачивания территории. Получены профили поверхности и минерального дна болота и прилегающих к нему территорий (рисунок 1). Минеральное дно болота характеризуется наличием двух понижений с перепадом высот до 1,5-2 м. Общий уклон направлен в сторону центра болотного массива. Анализ данных показал значительную трансформацию поверхности в результате процесса торфонакопления. В таблице 1 приведены значения уклонов поверхности и минерального дна отдельных микроландшафтов.

В пределах участка с интенсивной аккумуляцией верхового сфагнового торфа, соответствующего сосново-кустарничково-сфагновому микроландшафту, отмечена инверсия уклонов минерального дна и современной поверхности и, как следствие, изменение направления поверхностного стока. На начальной стадии развития процесса заболачивания сток воды был направлен от окраинной части к центру болотного массива.



**Рисунок 1 – Стратиграфический профиль торфяной залежи окраинной части Бакчарского болота: I – заболоченный лес; II – сосново-кустарничковое осоково-сфагновое болото; III – сосново-кустарничково-сфагновое болото. 1-17 – точки контактного зондирования**

**Таблица 1. Сравнение уклонов поверхности и минерального дна окраинной части Бакчарского болота**

Участок	Уклон минерального дна, %	Уклон поверхности, %
Заболоченный лес	1-1,5	0,1
Граница заболоченного леса и болота	5	плоская поверхность
Сосново-кустарничковое осоково-сфагновое верховое болото	0,4	плоская поверхность
Сосново-кустарничково-сфагновое верховое болото	-0,02	0,17

В настоящее время сток воды осуществляется на территорию, прилегающую к болотному массиву, что приводит к усилению ее гидроморфной трансформации и накоплению слоя древесного торфа мощностью до 1,5 м в пределах лесной части лесоболотного экотона. Использование данных георадиолокации с высоким пространственным разрешением позволило выделить участок с экстремальным значением трансформации уклонов поверхности с 5 % до 0,1 %, соответствующий границе болота и заболоченного леса, а в пределах самого заболоченного леса произошло выравнивание поверхности с 1,5 до 0,1 %.

Таким образом, в результате георадарного и контактного зондирования, нивелирной съемки поверхности получены новые данные о мощности торфяных отложений и форме минерального дна окраинной части Бакчарского болота. Наличие депрессий минерального дна за пределами основного контура болотного массива, инверсия уклонов в пределах болотной части рассматриваемого профиля и выравнивание поверхности в лесной части приводит к расширению зоны гидроморфной трансформации лесов, прилегающих к болоту, достигающей 600 м и более.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00387*

**Литература:**



1. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветова Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула: Гриф. 2001. 584 с.
2. Синюткина А.А., Рочев В.В. Интерпретация данных георадиолокационной съемки снежного покрова и торфяной залежи в пределах болот и лесоболотных экотонов. Материалы Международной конференции и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды Enviromis-2018. Томск: Издательство Томского ЦНТИ. 2018. С. 399-401.

## СПОСОБ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Смирнов Ю.Д. , Сучкова М.В.*

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

[cjgreykot@gmail.com](mailto:cjgreykot@gmail.com)

Аннотация. В работе дана оценка возможности полезного использования золы сжигания осадка сточных вод с учетом степени опасности ее загрязнения тяжелыми металлами. Произведен анализ содержания тяжелых металлов в золе и расчет класса опасности отхода, подтвержденный методом биотестирования. В качестве способа снижения содержания тяжелых металлов в золе выбран метод фиторемедиации. Полученные данные позволяют говорить о возможности использования отхода в процессе технической рекультивации и в качестве компонента при строительстве.

Ключевые слова: биотестирование; водоочистка; зола сжигания осадка сточных вод; тяжелые металлы; фиторемедиация почв.

## METHOD OF LAND RECULTIVATION USING WASTES OF URBAN WASTEWATER TREATMENT PLANTS

*Smirnov Yu.D., Suchkova M.V.*

Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia

[cjgreykot@gmail.com](mailto:cjgreykot@gmail.com)

Abstract. The article provides an assessment of the possibility of using ashes of sewage sludge incineration as a useful component considering the danger of heavy metal contamination. The analysis of the heavy metal content in the ash and the calculation of the hazard class of the waste are carried out using the method of biotesting. The phytoremediation method was selected for reducing of heavy metal contamination in the ash.

Key words: biotesting; water treatment; ashes of sewage sludge incineration; heavy metals; phytoremediation of soils.

Одной из наиболее актуальных проблем для таких крупных мегаполисов, как Санкт-Петербург, является вопрос обезвреживания и утилизации постоянно растущего количества отходов в условиях ограниченной вместимости объектов их размещения. Так, в настоящее время с целью снижения объемов образования отходов ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» использует сжигание осадков сточных вод в печах кипящего слоя, однако объемы получаемой золы все еще достаточно велики. Возможные пути ее утилизации: использование в сельском хозяйстве, в процессах рекультивации нарушенных земель или в качестве компонента в строительных материалах. Однако при воздействии на отход кислой среды возможен переход тяжелых металлов в более растворимую форму и их миграция в окружающую среду. Так, вследствие повышенного содержания тяжелых металлов в золе

сжигания осадка сточных вод ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», надзорные органы в настоящее время запрещают ее полезное использование, несмотря на установленный IV класс опасности отхода.

Работа посвящена решению актуальной **проблемы** утилизации золы сжигания осадка сточных вод городских канализационных очистных сооружений с перспективой использования отхода в народном хозяйстве. **Цель** работы – разработка способа рекультивации нарушенных земель с использованием отходов городских очистных сооружений. **Объектом** исследования является зола сжигания осадков сточных вод Юго-Западных очистных сооружений ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», **предмет** исследования – возможность использования золы в качестве полезного компонента.

**Актуальность** исследования состоит в том, что в настоящее время ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» активно заинтересован в решении вопроса утилизации золы. В результате деятельности трех заводов сжигания осадка сточных вод в городе образуется около 50 000 т/год золы, которая в полном объеме вывозится на полигон складирования осадков сточных вод «Северный», что приводит к превышению ПДК пыли в воздухе его санитарно-защитной зоны; кроме того, при постоянных темпах роста получаемого количества отхода наблюдается дефицит свободных площадей для организации мест его хранения (объем заполнения полигона «Северный» составляет более 91 процента от проектной мощности). Прекращение вывоза золы на полигон и возможная утилизация уже складированного отхода позволит не только освободить часть площадей объекта, но и снизить негативное воздействие объекта на окружающую среду в будущем. Утилизация же золы на практике возможна лишь после принятия мер по снижению содержания в ней тяжелых металлов.

**Научной новизной** работы является разработка органоминеральной смеси на основе золы сжигания осадка сточных вод ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга с учетом возможности ее дальнейшего использования при проведении рекультивационных работ.

Работа выполняется с использованием комплекса методов исследований, включающего системный анализ проблемы на основе исследований российских и зарубежных ученых, патентно-информационный анализ, лабораторные методы изучения состава и свойств золы сжигания осадка сточных вод. Проект реализован на базе Центра коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета.

Для оценки степени загрязненности золы тяжелыми металлами необходимо установить их содержание в пробе и соответствие нормативам качества. На основе полученных методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре модели ААС-7000 производства компании Shimadzu (Япония) (в соответствии с методикой [3]) данных зафиксированы превышения соответствующих нормативов для следующих металлов: Zn (7,9 ОДК), Pb (6,3 ПДК), Cu (3,7 ОДК). По итогам исследований было подтверждено отнесение отхода к IV классу опасности при помощи программного обеспечения «Расчет класса опасности отходов 2.0» (с) ИНТЕГРАЛ 2001-2003 в соответствии с [5]. Результаты биотестирования водной вытяжки отхода по методике [4] подтверждают отнесение золы к IV классу опасности согласно [5].

Наиболее перспективные способы удаления тяжелых металлов из золы сжигания относятся к биологической очистке почв и подразумевают проведение фиторемедиации загрязненных площадей с использованием растений, способных к аккумуляции тяжелых металлов.

В соответствии с [2] производился расчет допустимых доз внесения металлов в почву Ленинградской области, исходя из их содержания в золе сжигания. Из полученных расчетных данных следует, что содержание тяжелых металлов в пахотном горизонте почвы при внесении полезного компонента не будет превышать значений нормативно допустимых показателей из расчета 28,53 т золы/га в год.

На основе литературных данных в качестве растения-аккумулятора тяжелых металлов выбран Клевер луговой (лат. *Trifolium pratense*) семейства Бобовые. Данный вид клевера также является сидератом, что позволит дополнительно укреплять и обогащать азотистыми соединениями почвогрунт. Исходя из расчетных данных допустимых доз внесения исследуемых материалов, были приготовлены модельные образцы и произведен посев семян клевера лугового в емкости размером 80x90x90 мм, масса исходной почвы в каждом образце 100 г. В ходе эксперимента было высажено 25 семян на каждый модельный образец.

На третьи сутки после посева наблюдался всход семян. Окончательная лабораторная всхожесть в контрольном образце составила 88 %, всхожесть в остальных образцах (кроме образца с дозой 20 мг золы) на 4-12% выше. Наилучшая динамика всхожести наблюдается у модельных образцов с дозами золы 5 и 10 г, при этом образец с дозой золы 10 г достиг 100% всхожести на 5 сутки проращивания, а образец с дозой 5 г – на 6 сутки. Другие модельные образцы не достигли 100% всхожести. На протяжении вегетационного периода клевера производился контроль кислотности почвы модельных образцов в соответствии с методикой [1]. При внесении добавок в почву происходило увеличение значений рН солевой вытяжки до 2 ед. рН относительно контрольного образца сравнения (почва Ленинградской области имеет 5,03 ед. рН) при этом увеличение рН напрямую зависит от дозы внесенного компонента. Полученные в ходе эксперимента данные о росте и развитии растений говорят о положительном эффекте при внесении полезного компонента в почвогрунт.

Зола сжигания осадка может быть использована как полезный компонент почвосмеси в качестве удобрений II группы: для рекультивации нарушенных земель и откосов автодорог, полигонов твердых коммунальных отходов. В перспективе использование продукции обладает как значительным ресурсосберегающим эффектом – за счет снижения объемов исходного грунта, требующегося для процессов рекультивации, и утилизации отхода, так и экономическим эффектом, поскольку стоимость почвосмеси с использованием отхода значительно ниже рыночной стоимости грунта.

#### Литература:

1. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО
2. ГОСТ Р 54651-2011 Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия
3. М-МВИ-80-2008 Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии
4. ПНД Ф Т 14.1:2:4.10-04 Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления
5. Приказ от 4 декабря 2014 года N 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду»

## КОНОДОНТЫ ПОГРАНИЧНЫХ ЖИВЕТСКО-ФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В РАЗРЕЗЕ ПО РУЧ. ИЗЪЯЕЛЬ (ЮЖНАЯ ЧАСТЬ ГРЯДЫ ЧЕРНЫШЕВА)

*Соболева М.А.*

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН им Н.П. Юшкина, Сыктывкар, Россия

[matusha.888@mail.ru](mailto:matusha.888@mail.ru)

Аннотация. Приведены предварительные результаты биостратиграфического изучения живетско-франских отложений в разрезе по руч. Изъяель (южная часть гряды Чернышева). На основании литологического состава отложения расчленены на кедзыдшорскую и воротскую свиты. В составе кедзыдшорской свиты выделены четыре карбонатно-глинистые пачки. К воротской свите отнесены карбонатные отложения пятой пачки. Первое появление конодонтов рода *Ancyrodella* в разрезе по руч. Изъяель установлено внутри кедзыдшорской свиты, где вероятно проходит граница между живетским и франским ярусами.

Ключевые слова: конодонты, живет, фран, руч. Изъяель, южная часть гряды Чернышева.

## CONODONTS OF GIVETIAN-FRASNIAN DEPOSITS IN IZ`YAYOL RIVER SECTION (SOUTHERN PART OF THE CHERNYSHEV RIDGE)

*Soboleva M.A.*

Institute of Geology, Komi SC, UB RAS, Syktyvkar, Russia, [matusha.888@mail.ru](mailto:matusha.888@mail.ru)

Abstract. Preliminary results of biostratigraphic study of Givetian-Frasnian deposits in Iz`yayol river section (southern part of the Chernyshev Ridge) are presented. Deposits are divided into Kedzydshor and Vorota formations on the basis of lithological composition. In the composition Kedzydshor formation is divided into four carbonate-clay packs. Carbonate deposits of the fifth pack are related to the Vorota formation. The first appearance of conodont of the genus *Ancyrodella* in in Iz`yayol river section is established inside the Kedzydshor formation, where probably there is a boundary between the Givetian and Frasnian stages.

Key words: conodonts, Givetian, Frasnian, Iz`yayol river section, southern part of the Chernyshev Ridge.

Гряда Чернышева представляет собой линейную сложно построенную чешуйчато-надвиговую структуру, которая протягивается вдоль западной границы Косью-Роговской впадины. Её протяжённость составляет более 400 км, а максимальная ширина доходит до 40 км. Южная часть гряды Чернышева, имеющая субмеридиональное простирание, расположена на непосредственном продолжении структур западного склона Уральской складчатой области [2].

Южная часть гряды Чернышева характеризуется распространением депрессионного типа разреза в пределах Елецкой СФЗ. По палеофациальным реконструкциям на этот район

приходятся наиболее полные стратиграфические интервалы разреза среднего-верхнего девона, которые важны для понимания динамики развития осадочного бассейна и обитавшей в нем биоты. Пограничные средне-верхнедевонские или живетско-франские отложения вскрываются отдельными выходами и представлены преимущественно карбонатно-глинистыми фациями. Разрез по правому берегу р. Шарью между скалами «Нижние Ворота» и «Средние Ворота» является наиболее известным на данной территории. Первые геологические исследования средне-верхнедевонских отложений на р. Шарью были проведены Г.А. Черновым. Позднее, разрез детально изучался А.И. Першиной, В.С. Цыганко и А.Б. Юдиной [1, 3–5]. На основании литологического состава пограничные средне-верхнедевонские отложения на р. Шарью расчленены на кедзыдшорскую (карбонатно-глинистую) и воротскую (глинисто-кремнисто-карбонатную) свиты [4]. Детальное расчленение разреза стало возможным благодаря использованию конодонтов А.Б. Юдиной при стратиграфических исследованиях. Результаты изучения конодонтов были неоднократно опубликованы А.Б. Юдиной, а также представлены в ее кандидатской диссертации [5]. Необходимо отметить, что именно исследования А.И. Першиной, В.С. Цыганко и А.Б. Юдиной являются основополагающими до сих пор.

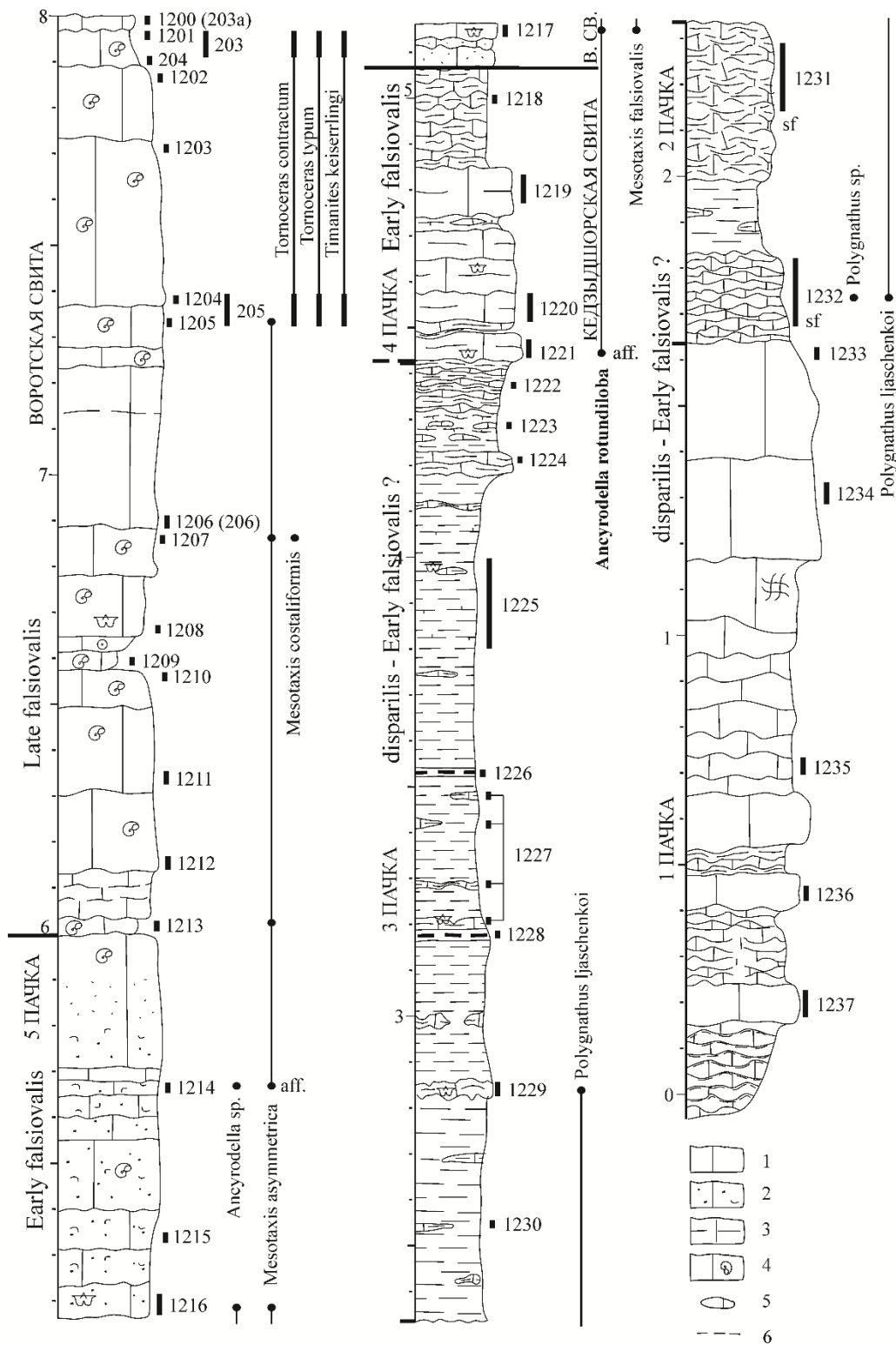
Несмотря на относительно хорошую изученность рассматриваемого района, публикации по другим не менее значимым разрезам практически отсутствуют. Схожий по своему фациальному облику разрез находится по правому берегу руч. Изъяель, в 15 км вверх по течению от места слияния с р. Косью (обн. П), изучение которого играет важную роль для восстановления полноты геологической летописи в период заложения крупных доманикоидных впадин на крае шельфа.

В 2015 г. автором совместно с Д.Б. Соболевым проведено послойное литологическое описание пограничных отложений кедзыдшорской и воротской свит по руч. Изъяель с детальным отбором проб на микрофауну (конодонты, остракоды), а также на литологический и изотопно-геохимический анализы. Всего отобрано более 40 образцов из 8 м разреза. Полученные первые результаты изучения конодонтов определило стратиграфический объем изученного разреза как живетско (?) – франский. Детальная литологическая колонка с распространением конодонтов представлена на рис. 1.

Кедзыдшорская свита представлена четырьмя пачками разреза и вскрывает карбонатно-глинистую последовательность отложений. Первая пачка (ок. 1,7 м, неполная мощность) сложена преимущественно массивными, темно-серыми, мелкозернистыми, комковато-слоистыми известняками с брахиоподами и члениками криноидей. Вторая пачка (ок. 0,7 м) представлена переслаиванием темно-серых, мелкозернистых, комковато-линзовиднослоистых, глинистых известняков и зеленовато-серых аргиллитов с редкими конодонтами *Polygnathus ljaschenkoi* Ovnatanova и *Polygnathus* sp. Третья пачка (ок. 2,1 м) сложена зеленовато-серыми аргиллитами с редкими линзами и линзовидными прослоями глинистых известняков с брахиоподами и конодонтами *Polygnathus ljaschenkoi* Ovnatanova. Предположительно этот интервал отвечает верхней части живетского яруса и условно сопоставляется с зонами *disparilis*-*Early falsiovalis*.

Четвертая пачка кедзыдшорской свиты (ок. 0,6 м) представлена зеленовато-серыми, микрозернистыми, глинистыми, комковато-линзовиднослоистыми известняками с брахиоподами и конодонтами *Ancyrodella rotundiloba* (Bryant). Данный интервал разреза соответствует нижней части франского яруса и сопоставляется с подзоной *Early falsiovalis*, о чем свидетельствуют находки конодонтов.

Воротская часть разреза преимущественно карбонатная. Пятая пачка (ок. 3 м,



**Рисунок 1 – Литолого-стратиграфическая колонка разреза по руч. Изъяель (литологическая колонка к.г.-м.н. Д. Б. Соболева, Институт геологии Коми НЦ УрО РАН)**  
 1 – известняк, 2 – органогенно-обломочный известняк, 3 – глинистый известняк, 4 – органогенный известняк, 5 – линзы известняков, 6 – аргиллиты.

неполная мощность) представлена выходами темно-серых, мелкозернистых, органогенно-обломочных известняков. Органические остатки представлены брахиоподами, амmonoидеями *Timanites keiserlingi* Miller et Warren, *Tornoceras typum* Sandberger et Sandberger, *Tornoceras contractum* Glenister (определения А.А. Зубова, Институт геологии

Коми НЦ УрО РАН) и конодонтами *Ancyrodella rotundiloba* (Bryant), *Ancyrodella* sp., *Mesotaxis falsiovalis* Sandberg, Ziegler et Bultynk, *Mesotaxis asymmetrica* Bischoff et Ziegler, *Mesotaxis costaliformis* Ji. На основании появления индекс-вида *Mesotaxis asymmetrica* Bischoff et Ziegler в слое с обр. 1213 проходит предполагаемая граница подзон Early falsiovalis-Late falsiovalis франского яруса.

Таким образом, проведено предварительное биостратиграфическое расчленение живетско-франских отложений в разрезе по руч. Изъяель (южная часть гряды Чернышева). Первое появление конодонтов рода *Ancyrodella* в разрезе установлено внутри кедзыдшорской свиты, где вероятно проходит граница живетского и франского ярусов. Однако, на данном этапе изучения конодонтов, точное ее установление не представляется возможным. Несомненно, этот пограничный интервал разреза вызывает огромный интерес исследователей, однако необходим более комплексный подход к обоснованию уровня границы между живетским и франским ярусами.

#### **Литература:**

1. Першина А.И. Силурийские и девонские отложения гряды Чернышева. Ленинград. АН СССР. 1962. 122 с.
2. Тимонин Н.И. Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. Екатеринбург. УрО РАН. 1998. 240 с.
3. Цыганко В.С. Девон западного склона севера Урала и Пай-Хоя (стратиграфия, принципы расчленения, корреляция). Екатеринбург. УрО РАН. 2011. 356 с.
4. Цыганко В.С., Першина А.И., Юдина А.Б. К стратиграфии девона гряды Чернышева. Труды ИГ Коми фил. АН СССР. 1985. С. 17–26.
5. Юдина А.Б. Биостратиграфия и конодонты верхнего девона гряды Чернышева и Приполярного Урала. Автореферат дисс. к. г.-м. н. Сыктывкар. 1999. 18 с.



**РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИЛИКАТНЫХ ФАЗ С  
ПРИМЕСЬЮ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ P-T УСЛОВИЙ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ**

*Соколова Т.С., Дорогокупец П.И.*

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия,

[sokolovats@crust.irk.ru](mailto:sokolovats@crust.irk.ru)

Аннотация. Рассмотрены уравнения состояния ряда магнезиальных силикатов и корунда, построенные с использованием единого формализма на основе свободной энергии Гельмгольца. Рассчитаны их термодинамические свойства в широком интервале температур и давлений. Полученные результаты сопоставлены с экспериментальными данными. На основе полученных данных для конечных миналов, определены свойства мантийных силикатных смесей с примесью алюминия, согласно его содержанию в смеси. Вопрос влияния алюминия на мантийные фазы обсуждается.

Ключевые слова: термодинамика, уравнение состояния, мантия, силикат, алюминий

**CALCULATION OF THERMODYNAMIC PROPERTIES OF SILICATE PHASES  
WITH IMPURITY OF ALUMINIUM FOR P-T CONDITIONS OF UPPER MANTLE**

*Sokolova T.S., Dorogokupets P.I.*

Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia,

[sokolovats@crust.irk.ru](mailto:sokolovats@crust.irk.ru)

Abstract. The equations of state of magnesium silicates and corundum are considered using modified formalism based on the free Helmholtz energy. The thermodynamic properties are calculated in a wide range of temperatures and pressures. The results are compared with experimental data. The properties of mantle silicate mixtures with impurity of aluminum, according to its content in the mixtures, are obtained by using data for end-members of minerals. The effect of aluminum on the mantle mineral phases is discussed.

Key words: thermodynamics, equation of state, mantle, silicate, aluminium

Ранее нами были построены уравнения состояния и рассчитаны термодинамические свойства ряда мантийных силикатов с Mg-миналами для широкой области температур и давлений [1, 2]. Однако для моделирования реального состава земной мантии использование полученных данных оказывается недостаточным, поскольку вещество мантии имеет не исключительно чистый состав, а представляет собой все же некую силикатную смесь с примесными элементами. Установлено, что даже небольшая концентрация примесных элементов оказывает свое влияние на свойства и структуру важнейших мантийных минералов (таких как оливин, пироксен и гранат), что может приводить к смещению границ фазовых переходов на глубине. Наиболее распространенными примесными элементами в составе мантийных пород являются

алюминий и хром. Содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в породах верхней мантии оценивается в пределах 0.3–4 вес. % [3, 4]. Таким образом, целью настоящих исследований является расчет свойств мантийных силикатных фаз с примесью алюминия до 4 вес. %.

Термодинамические свойства мантийных Mg-силикатов (форстерита, клино- и ортопироксена) и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  были рассчитаны нами на основе построения уравнений состояния минералов из свободной энергии Гельмгольца, согласно формализму из [1, 2, 5]. Общая схема расчета выглядит следующим образом. Свободную энергию Гельмгольца представляем, как сумму холодной и тепловой части и дополнительного вклада, связанного с влиянием внутренней ангармоничности, согласно [6]:

$$F(V, T) = U_0 + F_{298}(V) + F_{th}(V, T) + F_{anh}(V, T), \quad (1)$$

где  $U_0$  – отсчетная энергия,  $F_{298}(V)$  – потенциальная (или холодная) часть свободной энергии на отсчетной изотерме при  $T_0 = 298.15$  К, которая зависит только от объема,  $F_{th}(V, T)$  – тепловая часть свободной энергии Гельмгольца, которая зависит от объема и температуры,  $F_{anh}(V, T)$  – вклад внутренней ангармоничности в свободную энергию, который также зависит от объема и температуры.

Потенциальную часть свободной энергии в ур. (1) определяем с помощью уравнения Кунца [7]:

$$F_{298}(V) = \int_{V_0}^V P_{298}(V) = \int_{V_0}^V 3K_0 X^{-k} (1 - X) \exp[\eta(1 - X)], \quad (2)$$

где  $X = (V/V_0)^{1/3}$ ,  $\eta = 1.5K' - k + 0.5$ ,  $k$  – дополнительный параметр.

Для расчета тепловой части свободной энергии при температурах выше комнатной и более точного расчета стандартной энтропии используем модель Эйнштейна с двумя характеристическими температурами  $\Theta_1$  и  $\Theta_2$ , а вклад внутренней ангармоничности представляем классическим уравнением, тогда:

$$F_{th}(V, T) + F_{anh}(V, T) = \sum_{i=1,2} m_i R T \ln \left( 1 - \exp \frac{-\Theta_i}{T} \right) + \left( -\frac{3}{2} n R a_0 x^m T^2 \right), \quad (3)$$

где  $\Theta_i$  – характеристическая температура Эйнштейна, которая зависят только от объема ( $i = 1, 2$ ),  $x = V/V_0$ ,  $m_1 + m_2 = 3n$ ,  $n$  – число атомов в химической формуле соединения,  $a_0$  – параметр внутренней ангармоничности,  $m$  – ангармонический аналог параметра Грюнайзена,  $R$  – газовая постоянная.

Таким образом, все составляющие ур. (1) определены. Тепловые термодинамические функции (энтропия, теплоемкость, модули сжатия, термическое расширение и др.) рассчитываются напрямую из ур. (3) [1, 2]. Нам удалось в рамках единого формализма построить уравнения состояния ряда Mg-силикатов и корунда. Параметры уравнений состояния определяются путем одновременной обработки экспериментальных данных и  $P$ - $V$ - $T$  измерений для минералов. Расчет свойств силикатных смесей с примесью алюминия происходит из полученных данных для конечных минералов, согласно пропорции молекулярных масс веществ в смеси. Отметим, что присутствие  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в составе Mg-силикатных фаз приводит к увеличению объема и уменьшению плотности и модулей сжатия силикатов в зависимости от концентрации алюминия. Результаты расчета будут обсуждаться в докладе.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-17-10180) и Минобрнауки РФ (проект № МК-3520.2018.5).*

### Литература:

1. Дорогокупец П.И., Дымшиц А.М., Соколова Т.С., Данилов Б.С., Литасов К.Д. Уравнения состояния форстерита, вадслеита, рингвудита, акимотоита,  $MgSiO_3$ -перовскита и постперовскита и фазовая диаграмма системы  $Mg_2SiO_4$  при давлениях до 130 ГПа. Геология и Геофизика. 2015. Т. 56. № 1–2. С. 224–246.
2. Sokolova T.S., Dorogokupets P.I., Litasov K.D., Danilov B.S., Dymshits A.M. Spreadsheets to calculate P-V-T relations, thermodynamic and thermoelastic properties of silicates in the  $MgSiO_3$ – $MgO$  system. High Pressure Research. 2018. V. 38. No 3. P. 193–211.
3. Пушаровский Ю.М., Пушаровский Д.Ю. Геология мантии Земли. Москва. ГЕОС. 2010. 140 с.
4. Сироткина Е.А., Бобров А.В. Минералы хрома в мантии Земли. Москва. ГЕОС. 2017. 160 с.
5. Dorogokupets P.I., Sokolova T.S., Dymshits A.M., Litasov K.D. Thermodynamic properties of rock-forming oxides,  $\alpha-Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $\alpha-Fe_2O_3$ , and  $Fe_3O_4$  at high temperatures and pressures. Geodynamics & Tectonophysics. 2016. V. 7. No 3. P. 459–478.
6. Жарков В.Н., Калинин В.А. Уравнения состояния твердых тел при высоких давлениях и температурах. Москва. Наука. 1968. 311 с.
7. Kunc K., Loa I., Syassen K. Equation of state and phonon frequency calculations of diamond at high pressures. Physics Review B. 2003. V. 68. P. 094107.

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АНТРОПОГЕННЫХ КАРБОНАТОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)

*Соктоев Б.Р.<sup>1</sup>, Фархутдинов И.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, [bulatsoktoev@gmail.com](mailto:bulatsoktoev@gmail.com)

<sup>2</sup> Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты изучения элементного состава антропогенных карбонатных отложений, отобранных в населенных пунктах Республики Башкортостан. Определена их геохимическая специализация по сравнению с фоновыми показателями и другими регионами, выделены особенности пространственного распределения 28 химических элементов.

Ключевые слова: антропогенные карбонатные отложения, геохимия, Республика Башкортостан

## GEOCHEMICAL FEATURES OF ANTHROPOGENIC CARBONATES (THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN CASE)

*Soktoev B.R.<sup>1</sup>, Farkhutdinov I.M.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, [bulatsoktoev@gmail.com](mailto:bulatsoktoev@gmail.com)

<sup>2</sup> Bashkir State University, Ufa, Russia, [iskhakgeo@gmail.com](mailto:iskhakgeo@gmail.com)

Abstract. The article presents data on element composition of anthropogenic carbonates sampled in settlements of the Republic of Bashkortostan. We estimated their geochemical specifics in comparison with background values and other regions, as well as features of 28 chemical elements spatial distribution.

Key words: anthropogenic carbonates, geochemistry, the Republic of Bashkortostan

Республика Башкортостан – субъект Российской Федерации, площадью 142947 км<sup>2</sup> и населением более 4 млн. человек. Для региона характерны разнообразные природные условия и высокий уровень антропогенной нагрузки. Разнообразие природных условий обусловлено сложным геологическим строением на стыке двух крупных геологических структур: Восточно-европейской платформы и Уральских гор. Данное обстоятельство способствует развитию структурно-формационных зон с различной геохимической специализацией слагающих пород и, соответственно, различными металлогеническими особенностями. Башкирия является одним из лидеров в стране по нефтепереработке. Кроме того, в республике издавна развита горнодобывающая и нефтегазодобывающая промышленность. Все это способствует формированию техногенных геохимических полей в компонентах природной среды.

В данной работе представлены результаты изучения карбонатных отложений, образующихся в антропогенных условиях, – нестандартной для эколого-геохимических исследований среды, которая, тем не менее, обладает большой информативностью при оценке качества воды, используемой для питьевых целей, а также эколого-геохимической обстановки территории [1-3]. Ранее полученные данные по элементному составу данных образований показывают влияние на формирование их химического состава природных (месторождения, рудопроявления и т.д.) и техногенных (промышленные предприятия, урбанизированные территории и т.д.) источников.

В основу статьи положены данные по элементному составу 467 проб, отобранных в 253 населенных пунктах на территории Республики Башкортостан в 2016-2018 гг. Элементный состав изучен методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ядерно-геохимическая лаборатория Международного инновационного научно-образовательного центра (МИНОЦ) «Урановая геология» Национального исследовательского Томского политехнического университета, аналитики – А.Ф. Судыко, Л.В. Богутская). Анализ полученных данных включал статистическую обработку, расчет коэффициентов концентрации относительно фоновых показателей: кларка осадочных карбонатных пород [4] и накипи из вод оз. Байкал, полученной авторами, построение карт пространственного распределения химических элементов.

Полученные результаты позволяют выделить уже традиционную ведущую группу элементов, средние концентрации которых превышают 100 мг/кг: Na, Ca, Fe, Zn, Sr, Ba.

Сравнительный анализ средних концентраций 28 химических элементов в антропогенных карбонатных отложениях с имеющимися данными по другим регионам показывает, что в целом для территории Башкирии характерны пониженные содержания практически всех элементов. Исключение составляет лишь Ag (средняя концентрация – 3,2 мг/кг) с превышением фоновых показателей в 59 и 47 раз.

Дальнейшая статистическая обработка с применением методов парной и множественной корреляции показывает наличие тесно взаимосвязанной группы химических элементов – (Sc, REE, Ta, Hf, Th), к которым тяготеют Fe, Co, Cr, Rb, Cs – вероятно, отражающая преимущественный вклад геологической составляющей в формирование химического состава антропогенных карбонатов.

Существенной особенностью проб из Республики Башкортостан являются слабые корреляционные связи Ca с другими химическими элементами: для сравнения во всех предыдущих исследованиях данный элемент характеризуется отрицательной корреляционной связью с большинством изученных химических элементов. Также необходимо отметить отсутствие корреляционной связи Ca с геохимически родственными Sr, Ba, Zn. Эти результаты сильно отличаются от ранее проведенных исследований на других территориях, что ставит вопрос о выявлении возможных факторов, способствующих формированию такой нестандартной геохимической специализации.

В пространственном распределении 28 химических элементов выделяются следующие особенности: 1. приуроченность повышенных концентраций к равнинной части характерна для Na, Cr, As, Br, Sr, Ag, Ba; 2. к горной части тяготеют ореолы повышенных содержаний Au, Sc, Zn, Cs, Eu, Yb; 3. мозаичный характер пространственного распределения имеют Ca, Fe, Co, Rb, Sb, La, Ce, Nd, Sm, Tb, Lu, Hf, Ta, Th, U.

Таким образом, первые результаты по изучению антропогенных карбонатных отложений на территории Республики Башкортостан показывают, что региональной геохимической специализацией является Ag, средняя концентрация которого превышает

фоновые показатели в десятки раз. В пространственном распределении химических элементов наблюдается дифференциация на 3 группы: 1. приуроченные к горной части республики, 2. к равнинной, 3. мозаичный характер.

#### **Литература:**

1. Арынова Ш.Ж. Элементный состав солевых образований из природных пресных вод как индикатор экологической безопасности водопользования: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2017. 22 с.
2. Монголина Т.А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2011. 21 с.
3. Соктоев Б.Р. Геохимия карбонатной составляющей природных пресных вод и ее индикаторное значение в эколого-геохимических и прогнозно-металлогенических исследованиях (на примере Байкальского региона): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2015. 22 с.
4. Григорьев Н. А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры / Н. А. Григорьев. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 383 с.

**ВОЗРАСТ И СТРОЕНИЕ ЦИРКОНОВ ИЗ КВАРЦ-АЛЬБИТОВЫХ  
МЕТАСОМАТИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАР-ТОЛГОЙ, ЗАПАДНАЯ  
МОНГОЛИЯ**

*Соловьев К.А., Шелепаев Р.А.*

Новосибирской государственной университет, Новосибирск, Россия

[kostyasolovyov54@gmail.com](mailto:kostyasolovyov54@gmail.com)

Институт геологии и минералогии, Новосибирск, Россия

Аннотация. В работе приводятся сведения о составе, внутренней структуре, возрасте цирконов из кварц-альбитовых метасоматитов месторождения РЗЭ Шар-Толгой, Западная Монголия (Озерная зона). Полученная информация позволяет предположить гидротермальный генезис цирконов. Впервые полученные датировки U-Pb-Th методом выявляют связь пород месторождения Шар-Толгой с Хан-Хухэйским щелочным комплексом.

Ключевые слова: цирконы, кварц-альбитовые метасоматиты, U-Pb-Th метод

**AGE AND STRUCTURE OF ZIRCONS FROM METASOMATIC QUARTZ-ALBITE  
ROCKS OF SHAR-TOLGOI DEPOSIT, WESTERN MONGOLIA**

*Solovev K.A., Shelepaev R.A.*

Novosibirsk state university, Novosibirsk, Russia

[kostyasolovyov54@gmail.com](mailto:kostyasolovyov54@gmail.com)

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia

Abstract. We have investigated compositions, internal structures, ages and inclusions of zircons from metasomatic quartz-albite rocks of Shar-Tolgoi REE deposit, The Western Mongolia (Lake zone). In results, we have determined genesis of zircons and conjunction between Shar-Tolgoi rocks and Khan-Khuhei magmatic complex.

Key words: zircons, metasomatic quartz-albite rocks, U-Pb-Th method

На сегодняшний день известно много месторождений и рудопроявлений редкоземельных и редких элементов в Западно-Монгольской провинции щелочных пород. В частности, в Озерной зоне провинции разведано месторождение РЗЭ Шар-Толгой. С геологической точки зрения месторождение представляет собой два тела экструзивной брекчии, включающей в себя сиениты и диориты. По трещинам в брекчиях развиты кварц-альбитовые породы из которых были выделены цирконы для дальнейшего исследования [1]. Экструзивная брекчия заключена в породы Хяргиснурского диорит-тоналит-гранодиоритового массива ( $495 \pm 6$  млн лет), в составе которой не были обнаружены подобные или щелочные породы [4]. В настоящее время в Озерной зоне Западной Монголии выделяются три магматических комплекса, с которыми потенциально могут

быть связано формирование месторождение Шар-Толгой: 1) Халдзан-Бурегтейский комплекс щелочных гранитоидов (391-394 млн лет) [2], 2) Хан-Хухэйский комплекс щелочных габброидов, нефелиновых сиенитов и щелочных гранитоидов (319-342 млн лет) [3], 3) Шибэйнгольский габбро-монзонит-граносиенитовый комплекс (214.3±3.4 млн лет) [5]. В связи с разным возрастом комплексов возникает вопрос о принадлежности пород месторождения к одному из комплексов.

Цирконы представлены непрозрачными коричневыми идиоморфными кристаллами дипирамидального габитуса (развиты формы [100] и [101],  $K_{удл.}=1-1.5$ ) с ровными ребрами и гранями.

На BSE-фотографиях в цирконах выделяется до трех зон. Внутренняя зона содержит очень много различных включений, в то время как во внешних зонах их количество значительно уменьшается. Во второй зоне наблюдается выраженная ростовая зональность. В некоторых кристаллах выделяется третья зона. Она развита вдоль границ кристаллов и имеет более темный цвет и неровные границы со второй зоной. Зоны имеют доменное строение: наблюдаются как более темные, так и более светлые участки. Ростовая зональность разрывается светлыми или темными доменами. Вокруг каждого включения наблюдаются тонкая зональность в цирконе: она состоит из тонких кривых различающиеся по яркости и имеющие форму включения. CL-фотографии дают инвертированную картину внутреннего строения цирконов: на CL-снимках более темным участкам соответствуют более светлые участки на BSE-снимках. В первой и второй зоне, а также вокруг некоторых включений в третьей зоне наблюдается голубое и сиреневое свечение на CL-фотографиях (рисунок 1) [6, 7].

Цирконы содержат большое количество Y: в среднем по всем анализам  $0.3\pm 0.2$  мас. %, в отдельных точках до  $1.0\pm 0.2$  мас. %. Три выделенные зоны содержат разную сумму редких элементов (РЭ) (Hf, Y, Yb, Er, Th, Dy, Gd): в первой зоне ΣРЭ в среднем  $1.9\pm 0.2$  мас. %, во второй  $2.6\pm 0.2$  мас. %, в третьей  $1.7\pm 0.2$  мас. %. Яркость доменов и зональности на BSE-фотографиях закономерно меняется с содержанием урана: более темным участкам соответствует большее содержание урана [6, 7]. Сиреневые участки на CL-фотографиях содержат Hf  $>1.4\pm 0.2$  мас. %, в то время как в голубых, зеленых и черных участках Hf  $<1.4\pm 0.2$  мас. %.

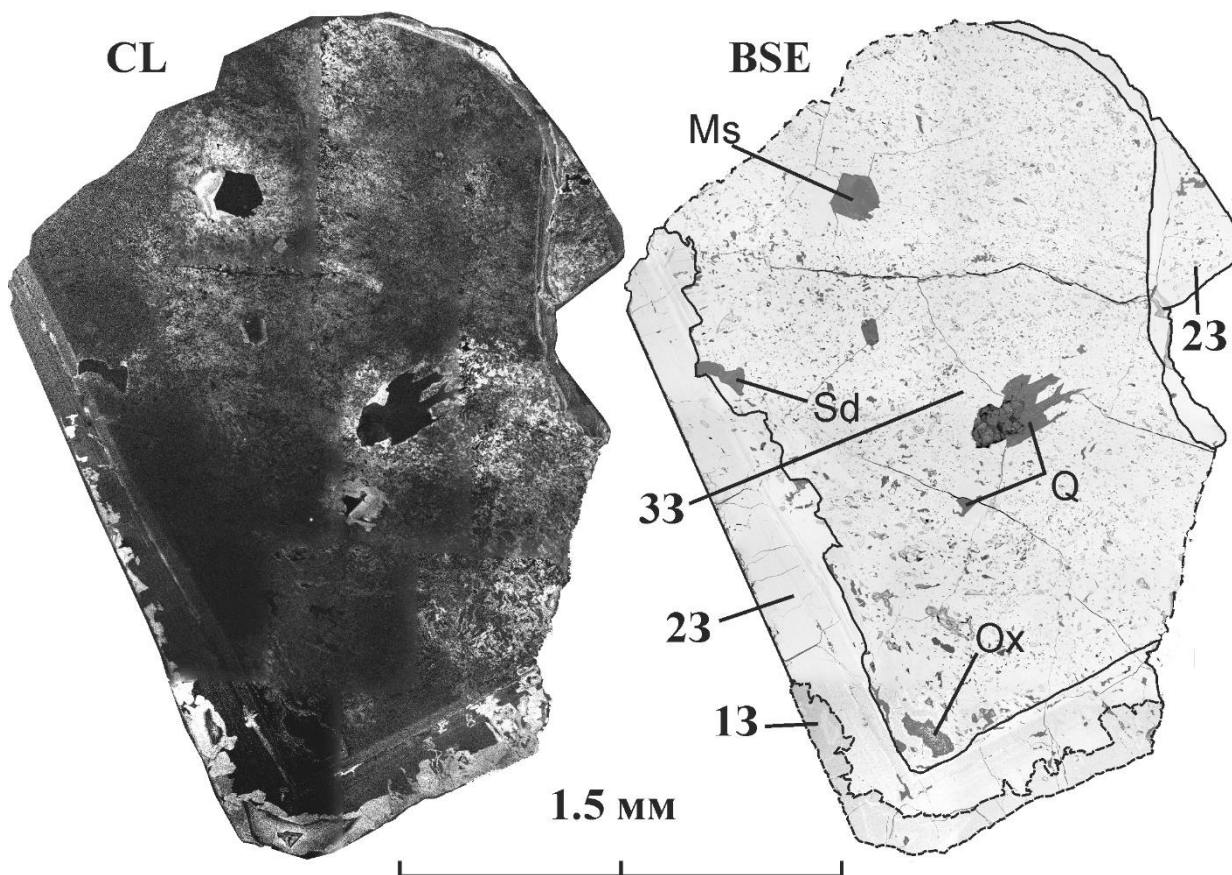
Включения в цирконах представлены смешанными оксидами Fe и Al, сидеритом, кварцем, мусковитом, плагиоклазом, калиевым полевым шпатом, касситеритом, торинитом, черчитом  $((Y_{0.85}Dy_{0.05}Er_{0.04}Yb_{0.04}Gd_{0.02})_{\Sigma=1}PO_4 \times H_2O)$ .

U-Pb изотопные исследования выполнены для 23 точек из краевых и центральных частей двух кристаллов (LA-ICP-MS), размером в поперечнике 2 и 5 мм соответственно, которые имеют согласованные изотопные соотношения и близкий возраст. Средневзвешенный возраст по изотопному отношению  $^{207}Pb/^{235}U$  для первого кристалла  $306.9\pm 2.4$  млн. лет ( $2\sigma$ , MSWD (конкордии) = 0.32, P (конкордии) = 0.57), для второго  $308.7\pm 2.3$  млн лет ( $2\sigma$ , MSWD (конкордии) = 0.041, P (конкордии) = 0.84).

Принимая во внимание выше перечисленные факты можно заключить о гидротермальном генезисе цирконов. Это подтверждается: а) большим содержанием РЭ и особенно Y, б) гидротермальными включениями в цирконах, в) областями растворения и перекристаллизации [6, 7]. Гидротермальный генезис в свою очередь позволяет интерпретировать возраст цирконов как возраст образования кварц-альбитовых пород и связанных с ними пород экструзивной брекчии. Полученный возраст ( $306.9\pm 2.4$  или



308.7±2.3 млн. лет) свидетельствует, что данные метасоматические породы и породы экструзивной брекчии близки к возрасту формирования Хан-Хухэйского комплекса.



**Рисунок 5 - Изображения гипидиоморфного кристалла циркона сделанные в режиме катодолуминесценции (CL, слева) и обратно рассеянных электронов (BSE, справа) на электронном сканирующем микроскопе JSM 6510 LV. На BSE-изображении кривыми показаны зоны циркона (13, 23, 33, описание зон смотри в тексте). Даны подписи включений.**

*Работа выполнена в рамках реализации программы фундаментальных исследований ИГМ СО РАН (базовый проект № 0330-2016-0003), при финансовой поддержке РФФИ (гранты 16-05-00980, 17-05-00825).*

#### **Литература:**

1. Андреев Г.В., Рипп Г.С., Шаракшинов А.О., Минин А.Д. Редкометалльная минерализация щелочных гранитоидов Западной Монголии. Улан-Удэ. БНЦ СО РАН. 1994. 137 с.
2. Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Сальникова Е.Б., Карташов П.М., Ковач В.П., Козаков И.К., Козловский А.М., Котов А.Б., Пономарчук В.А., Листратова Е.Н., Яковлева С.З. Халдзан-Бурегтейский массив щелочных и редкометалльных магматических пород: строение, геохронология и геодинамическое положение в Каледонидах Западной Монголии. Петрология. 2004. Т. 12. № 5. С. 467-494.
3. Поляков Г.В., Изох А.Э., Вишневский А.В., Травин А.В. Новые данные о составе и возрасте пикритоидных и щелочно-базитовых комплексов Северо-Монгольского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса. Доклады Академии Наук. 2010. Т. 433. № 1. С. 67-71.
4. Руднев С.Н. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озерной зоны Западной Монголии: дис. на соиск. учен. степ. докт. геол. - мин. наук (25.00.04) / Руднев Сергей Николаевич; ИГМ СО РАН. Новосибирск. 2010. 521 с.
5. Шелепов Я.Ю. Позднетриасовый внутриплитный магматизм Озерной зоны Западной Монголии. В кн.: МНСК-2016. Новосибирск: Новосибирский гос. университет. 2016. С. 72.
6. Corfu F., Hanchar J.M., Hoskin P-W.O., Kinny P. Atlas of Zircon Textures. Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 2003. V. 53. № 1. P. 469-500.
7. Hoskin P-W.O., Schaltegger U. The Composition of Zircon and Igneous and Metamorphic Petrogenesis. Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 2003. V. 53. № 1. P. 27-62.

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ И ФУНКЦИЙ  
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В ЗАДАЧЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАРОТАЖА ЧЕРЕЗ  
ОБСАДНУЮ КОЛОННУ**

*Сосновцев К.А.*

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия,

[k.sosnovtsev@g.nsu.ru](mailto:k.sosnovtsev@g.nsu.ru)

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

Аннотация. Работа посвящена численному моделированию сигналов и функций чувствительности к параметрам среды для электромагнитных зондов с тороидальными катушками в задаче каротажа через обсадную колонну. По результатам моделирования проведен анализ зависимостей сигналов и функций их чувствительности от модельных параметров. Выполненная работа и полученные зависимости указывают на потенциальную возможность применения зондов с тороидальными катушками для задач каротажа через обсадную колонну.

Ключевые слова: тороидальные катушки, электромагнитный каротаж через обсадную колонну

**NUMERICAL MODELLING OF SIGNALS AND SENSITIVITY FUNCTIONS IN THE  
TASK OF ELECTROMAGNETIC LOGGING THROUGH CASING**

*Sosnovtsev C.A.*

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [k.sosnovtsev@g.nsu.ru](mailto:k.sosnovtsev@g.nsu.ru)

Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

Abstract. This research is about numerical modelling of signals and functions of sensitivity to environment parameters for electromagnetic logging tool with toroidal coils in the problem of electromagnetic logging through casing. The analysis of dependences on signals and functions of their sensitivity to model parameters is carried out. The carried-out work and the received dependences indicate a potential possibility of using tools with toroidal coils for logging through casing.

Key words: toroidal coils, electromagnetic logging through casing

Впервые электромагнитный метод каротажа через обсадную колонну (ЭКК) предложен Альпиным Л.М. в 1939 году, в котором для измерений используется четырехэлектродный зонд с гальваническим источником поля [1]. Дальнейшее развитие метода Альпина проведено такими известными учеными как Кауфман А.А., Рыхлинский Н.И. и другими [2, 3]. Позднее, в 1989 году предложен метод электромагнитного каротажа через обсадную колонну, использующий индуктивные катушки [4]. В настоящее время оба метода совершенствуются и используются в различных модификациях крупными

нефтепромысловыми компаниями. Известны результаты исследований, посвященных разработке зондов с тороидальными катушками для каротажа скважин в открытом стволе [5, 6, 7, 8], предназначенных, в том числе, для определения электрической анизотропии горных пород [9, 10]. В рамках данной работы выполняется исследование возможности применения зондов с тороидальными катушками для задачи каротажа через обсадную колонну на основе численного моделирования сигналов и функций их чувствительности в рамках слоисто-однородной модели среды.

Используется цилиндрически-слоистая среда, в которой скважинный прибор размещен вдоль оси обсаженной скважины. Прибор представляет собой генераторную и приемную катушки, расстояние между которыми  $l$  изменяется от 0.5 до 10 м, расположенные на металлическом немагнитном корпусе радиусом  $r_0 = 0.051$  м с удельным электрическим сопротивлением (УЭС)  $\rho_0 = 10^{-6}$  Ом·м и относительной магнитной проницаемостью (ОМП)  $\mu_0$ , равной 1 о.е. Расчеты выполнены на оперативной частоте  $f$  от 10 до 100 Гц. Модель среды описывает скважину в однородном пласте, включающей обсаженную стальную колонну. Обсадная колонна имеет радиус  $r_k = 0.118$  м и толщину  $d = 1$  см с УЭС  $\rho_k = 10^{-6}$  Ом·м и ОМП  $\mu_k$  от 1 до 100 о.е. Скважина заполнена буровым раствором с УЭС  $\rho_p = 2$  Ом·м. В расчетах значение УЭС пласта  $\rho_{\Pi}$  меняется от 1 до 1000 Ом·м.

Выполняется численное моделирование сигналов, возбуждаемых тороидальной катушкой, и функций их чувствительности к параметрам модели и проводится их сопоставительный анализ. Изучены зависимости действительной части вертикальной компоненты плотности тока на корпусе прибора  $Re(J_z)$  от оперативной частоты  $f$  источника, УЭС геологической среды  $\rho_{\Pi}$ , длины зонда  $l$  и ОМП колонны  $\mu_k$ . Проведен анализ функций чувствительности сигналов (их билогарифмической производной) к изменению УЭС пласта  $\rho_{\Pi}$  для различных величин  $\mu_k$ , а так же анализ функций чувствительности сигналов к изменению ОМП колонны  $\mu_k$  для различных значений УЭС пласта  $\rho_{\Pi}$ . На рисунке 1 показаны результаты моделирования.

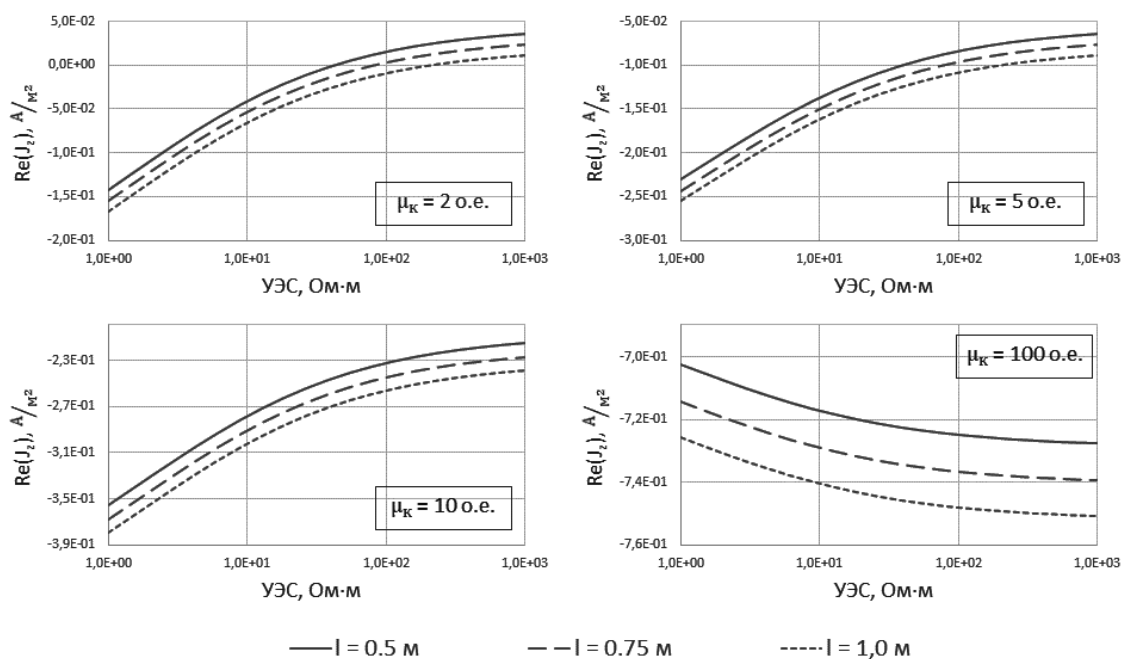


Рисунок 1 - Электромагнитные сигналы в зависимости от УЭС пласта и ОМП обсадной колонны при различных длинах зонда.

Анализ действительной части вертикальной компоненты плотности тока на корпусе прибора  $Re(J_z)$  в зависимости от УЭС пласта  $\rho_{\text{п}}$ , изменяющегося от 1 до 1000 Ом·м, длины зонда  $l$ , равной 0.5, 0.75, и 1 метр, и ОМП обсадной колонны  $\mu_{\text{к}}$ , принимающей значения от 2 до 100 о.е., показывает, что при увеличении длин зонда регистрируемый сигнал по модулю увеличивается, а при увеличении УЭС пласта  $\rho_{\text{п}}$  и ОМП обсадной колонны  $\mu_{\text{к}}$  регистрируемый сигнал уменьшается. Анализ функций чувствительности сигнала к изменению УЭС пласта  $\rho_{\text{п}}$  и ОМП колонны  $\mu_{\text{к}}$  показал, что регистрируемый сигнал зависит от УЭС породы так же хорошо, как и от ОМП колонны – при этом максимальная чувствительность к  $\rho_{\text{п}}$  и минимальная чувствительность к  $\mu_{\text{к}}$  наблюдается в диапазоне  $\rho_{\text{п}}$  от 1 до 100 Ом·м и  $\mu_{\text{к}}$  от 1 до 10 о.е.

Таким образом, полученные в результате численного моделирования зависимости демонстрируют, что регистрируемый на корпусе зонда сигнал зависит от УЭС среды в широком диапазоне значений модельных параметров. В дальнейшем представляются необходимыми исследования, связанные с изучением амплитудно-фазовых характеристик сигналов и выбором оптимальной конфигурации зондирующей установки, для подтверждения возможности использования зондов с тороидальными катушками при решении задач каротажа через обсадную колонну.

*Научный руководитель: д.ф.-м.н. Глинских Вячеслав Николаевич*

#### **Литература:**

1. Альпин Л.М. Дивергентный каротаж. Прикладная геофизика. 1962. С. 192.
2. Рыхлинский Н.И. Способ дивергентного каротажа скважин. Пат. СССР 333514. Бюллетень изобретений. 1972. № 11.
3. Kaufman A.A. Conductivity determination in a formation having a cased well : пат. 4796186 США. 1989.
4. Vail W.B. Methods and apparatus for measurement of electronic properties of geological formations through borehole casing : пат. 4882542 США. 1989.
5. Эпов М.И., Глинских В.Н., Еремин В.Н., и др. (2016). Электромагнитный зонд для каротажа в нефтегазовых скважинах. Пат. Рос. Федерация № 2583867.
6. Эпов М.И., Еремин В.Н., Петров А.Н., и др. (2016) Устройство для генерации электромагнитного поля тороидальной катушкой в геологической среде. Пат. Рос. Федерация № 2579177.
7. Эпов М.И., Еремин В.Н., Петров А.Н., и др. (2016). Устройство для регистрации характеристик электромагнитного поля с использованием тороидальных катушек. Пат. Рос. Федерация № 2578774.
8. Эпов М.И., Еремин В.Н., Петров А.Н., и др. (2016). Электромагнитный зонд для каротажа в нефтегазовых скважинах. Пат. Рос. Федерация № 97539.
9. Эпов М.И., Глинских В.Н., Никитенко М.Н. (2014). Способ измерения удельной электропроводности и электрической макроанизотропии горных пород. Пат. Рос. Федерация № 2525149.
10. Эпов М.И., Еремин В.Н., Манштейн А.К., и др. (2014). Устройство для измерения удельной электропроводности и электрической макроанизотропии горных пород. Пат. Рос. Федерация № 2528276.

**МИНЕРАЛЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ ИЗ ХРОМИТИТОВ ЗОНАЛЬНЫХ  
КЛИНОПИРОКСЕНИТ-ДУНИТОВЫХ МАССИВОВ СРЕДНЕГО И СЕВЕРНОГО  
УРАЛА (НОВЫЕ ДАННЫЕ)**

*Степанов С.Ю.<sup>1</sup>, Паламарчук Р.С.<sup>2</sup>, Шарпёнок Л.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого, Екатеринбург, Россия,

[Stepanov-1@yandex.ru](mailto:Stepanov-1@yandex.ru)

<sup>2</sup>Всероссийский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В работе приводятся новые данные о силикатных включениях в минералах платиновой группы (МПП) и наиболее поздней минеральной ассоциации платиноидов. Полученные результаты способствуют пониманию генетических процессов, происходивших как на самых ранних этапах, так и на заключительной стадии позднего этапа формирования платиноидного оруденения в клинопироксенит-дунитовых массивах Урала.

Ключевые слова: минералы платиновой группы, зональные клинопироксенит-дунитовые массивы, Урал.

**PLATINUM GROUP MINERALS FROM CHROMITITES OF ZONAL  
CLINOPYROXENITE-DUNITE MASSIFS OF THE MIDDLE AND NORTHERN  
URALS (NEW DATA)**

*Stepanov S. Yu<sup>1</sup>, Palamarchuk R. S.<sup>2</sup>, Sharpenok L.N.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Yekaterinburg, Russia,

[Stepanov-1@yandex.ru](mailto:Stepanov-1@yandex.ru)

<sup>2</sup>A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia

Abstract. New data on silicate inclusions in platinum group minerals (PGM) and the latest PGM association are given in the paper. These data contribute to the understanding of genetic processes that occurred both at the earliest stages and at the final stage of the formation of platinum mineralization in the clinopyroxenite-dunite massifs of the Urals.

Key words: platinum group minerals, zonal clinopyroxenite-dunite massifs, the Urals.

История исследования коренного платиноидного оруденения в клинопироксенит-дунитовых массивах Урала насчитывает практически 130 лет. За эти годы был накоплен уникальный материал, послуживший основой для различных генетических построений. Тем не менее, вопрос происхождения платиноидной минерализации, сопряжённой с хромититовыми обособлениями в дунитах, в настоящее время по-прежнему остаётся предметом широкой научной дискуссии. На ранних этапах исследований платиноидного оруденения была выявлена тесная взаимосвязь рудообразования с позднемагматическими процессами [1, 2], завершающими магматический этап формирования дунитовых тел. В

дальнейшем преобладающая роль магматических процессов в формировании оруденения была поставлена под сомнение и возникли модели, обуславливающие генетическую связь хромит-платинового оруденения с перекристаллизацией дунитов [3] и с низкотемпературными метасоматическими процессами [6]. Новый этап исследований, связанный с активными геологоразведочными работами на рудную платину в дунитах Светлоборского и Каменушенского массивов позволил на основании анализа обширного материала вернуться к магматической модели формирования платиноидного оруденения в дунитах и хромититах [7].

По нашим представлениям, для решения генетических проблем платиноидного оруденения в дунитах и хромититах клинопироксенит-дунитовых массивов, определяющим является анализ как можно большего количества каменного материала и его изучение с применением современных аналитических методов. В соответствии с этими авторами были исследованы минералы платиновой группы (МПП) из хромититов зональных массивов Среднего (Нижнетагильский, Светлоборский, Вересовоборский и Каменушенский массивы) и Северного (дунитовые тела: Сосновское, Юдинское, Иовское и массив Жёлтой сопки) Урала. Основным методом исследования поверхностей индивидов и агрегатов МПП, извлечённых из хромититов и дунитов, а также изучения их внутреннего строения стала растровая электронная микроскопия. Состав минералов был определён с помощью рентгеноспектрального микроанализа с ЭДС и волновыми детекторами.

Анализ совокупности минералов платиновой группы, выявленных в хромититах и дунитах позволил установить, что их формирование произошло в два этапа. Разделение процесса минерагенеза на этапы обусловлено существованием различных процессов, которые сформировали индивиды и агрегаты МПП. Так, на первом этапе в результате кристаллизации силикатных и, вероятно, оксидных расплавов были сформированы минералы первично-магматического парагенезиса: Pt-Fe твёрдые растворы ряда  $Pt_2Fe - Pt_3Fe$ , эрликманит-лаурит, кашинит-бауит, Os-Ir-(Ru) интерметаллиды, Ir-Rh тиошпинели. На втором этапе, в ходе постмагматических или позднемагматических процессов, минералы магматического парагенезиса были замещены новообразованными минералами. В первую стадию этого этапа первичные Pt-Fe твёрдые растворы были замещены минералами группы тетраферроплатины. Во вторую стадию минералы группы тетраферроплатины были частично замещены сульфидами, сульфоарсенидами, плюмбидами и меркуридами элементов платиновой группы. В целом установленный порядок минералообразования согласуется с результатами ранее проведённых исследований. Однако установлен целый ряд ранее не известных фактов.

Прежде всего, для понимания генезиса МПП необходимо обратить внимание на их взаимоотношения с силикатными минералами. Этому направлению исследований при изучении Уральских объектов было уделено незначительное внимание. Так, только для Нижнетагильского массива [8] приведено описание силикатных включений в минералах платиновой группы. В результате исследования МПП из Сосновского дунитового тела были установлены включения амфибола и оливина. Для них характерно нахождение в виде хорошо огранённых, сформированных ранее основного объёма Pt-Fe минералов. Состав амфибола занимает промежуточное положение между магнезиогастингситом и магнезиогорнблендитом, а оливин отвечает формуле  $(Mg_{1.90}Fe_{0.10})_2(SiO_4)$ . Состав амфибола из включений аналогичен составу порообразующего амфибола из перидотитов, горнблендитов и исситов, обнаруженных в Светлоборском и Каменушенском массивах. Оливин, заключённый в изоферроплатину, по содержанию и характеру распределения

элементов примесей и, прежде всего, CaO и NiO аналогичен оливинам из дунитов большинства зональных клинопироксенит-дунитовых массивов [4].

Исследованию Pt-Fe интерметаллидов [5], первично-магматических включений в них [6, 7] и, отчасти, изучению вторичных минералов уделено существенное внимание. В то же время, характер распространения и особенности проявления наиболее поздних минералов изучены далеко не в полной мере. В результате проведённых исследований было установлено, что пластинки самородного или иридистого осмия замещаются гексаферрумом, зачастую с сохранением первичных кристаллографических форм. Минералы ряда кашинит–баунит замещаются мелко-, тонкозернистым губчатым агрегатом Pt-Fe минералов. В трещинах или краевых частях зёрен Pt-Fe минералов, агрегатов туламинита, тетраферроплатины и ферроникельплатины обнаружены сульфиды (куперит, ферродсит), антимониды (стибиопалладинит), сульфоарсениды (ирарсит, холлингвортит, осарсит, руарсит), сульфоантимониды (толовкит), плюмбиды (звягинцевит, родплюмсит), меркуриды (потарит) элементов платиновой группы, в редких случаях содержащие также теллур и висмут. Особенно широко эти минералы распространены в Pt-Fe минералах из хромититов Вересовоборского массива, а также из россыпи р. Вересовка.

Совокупность полученных новых материалов, включая, прежде всего результаты изучения силикатных включений в Pt-Fe интерметаллидах, а также новые результаты о наиболее поздних минералах платиновой группы, способствуют усовершенствованию общей схемы минерагенеза в хромит-платиновых рудных системах. Так, присутствие в изоферроплатине оливина и амфибола, по составу отвечающих аналогичным минералам из магматитов, свидетельствует в пользу первично-магматического происхождения преобладающего количества Pt-Fe интерметаллидов. Широкое распространение минералов, концентрирующих элементы (As, Hg, Sb, Tl, Cd) – нетипичные для ультраосновных и основных пород, свидетельствует о сложном и многократном преобразовании дунитов зональных комплексов в ходе становления Уральской складчатой области.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00151/18*

#### **Литература:**

1. Бетехтин А.Г. Платина и другие минералы платиновой группы. Москва: Издательство академии наук СССР. 1935. 148 с.
2. Заварицкий А.Н. Коренные месторождения платины на Урале. Л.: Изд-во Геологического комитета, 1928. 56 с.
3. Иванов О.К. Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 1997. 488 с.
4. Ланда Э.А., Марковский А.Б., Сидоров Е.Г., Толмачёва Е.В. Об особенностях состава оливинов из дунитов зональных массивов Корякии и Камчатки // Записки ВМО, 2001. №1. С. 60–66.
5. Малич К.Н., Степанов С.Ю., Баданина И.Ю., Хиллер В.В. Коренная платиноидная минерализация зональных клинопироксенит-дунитовых массивов Среднего Урала. Доклады Академии наук, 2017. Т. 476. № 4. С. 440-444.
6. Пушкарев Е.В., Аникина Е.В., Гарути Дж., Заккарини Ф. Хром-платиновое оруденение нижнетагильского типа на Урале: Структурно-вещественная характеристика и проблема генезиса. Литосфера. 2007. № 3. С. 28-65.
7. Толстых Н.Д., Телегин Ю.М., Козлов А.П. Коренная платина Светлоборского и Каменушенского массивов Платиноносного пояса Урала. Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 6. С. 775–793.
8. Johan Z. Platinum-group minerals from placers related to the Nizhni Tagil (Middle Urals, Russia) Uralian-Alaskan-type ultramafic complex: ore-mineralogy and study of silicate inclusions in (Pt, Fe) alloys. Mineralogy and Petrology, 2006. V. 87. P. 1–30.

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЧИСТКИ КАРЬЕРНЫХ И ДРЕНАЖНЫХ ВОД ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА В ОТРАБОТАННЫХ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ**

*Студенок А.Г., Студенок Г.А.*

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», Екатеринбург, Россия  
[genand@mail.ru](mailto:genand@mail.ru)

Аннотация. Применение промышленных взрывчатых веществ на основе аммиачной селитры (порэмит, гранэмит, игданит и другие) на большинстве крупных горных предприятий неизбежно приводит к загрязнению их карьерных и (или) дренажных вод соединениями азота (ионы аммония, нитрита и нитрата), что обуславливает необходимость очистки данных вод перед их сбросом в водные объекты. В статье рассмотрены геоэкологические, гидрогеологические и инженерно-геологические аспекты очистки карьерных и дренажных вод горных предприятий от соединений азота в отработанных открытых горных выработках.

Ключевые слова: геоэкология, инженерные изыскания, очистка

**GEOECOLOGICAL, HYDROGEOLOGICAL AND ENGINEERING-GEOLOGICAL ASPECTS OF NITROGEN COMPOUNDS REMOVAL FROM THE QUARRY AND DRAINAGE WATERS OF THE MINING ENTERPRISES IN THE EXHAUSTED EXCAVATIONS**

*Studenok A.G., Studenok G.A.*

The Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia  
[genand@mail.ru](mailto:genand@mail.ru)

Abstract. The application of industrial explosive agents based on ammonium nitrate (poremite, granemite, igdanite and others) on the most large enterprises contaminate their quarry and (or) drainage waters with nitrogen compounds (ammonium ion, nitrite ion and nitrate ion) inevitable. This is leading to the necessity of their cleaning before discharging into water bodies. There are considered geoecological, hydrogeological and engineering-geological aspects of nitrogen compounds removal from the quarry and drainage waters of the mining enterprises in the exhausted quarries.

Key words: geoecology, engineering surveys, cleaning

Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества в настоящее время получили широкое распространение в горной промышленности, что обусловлено доступностью и невысокой стоимостью исходного сырья для производства данных типов взрывчатых веществ.



Основной компонент аммиачно-селитренных взрывчатых веществ представлен аммиачной селитрой (нитрат аммония)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , при взрывном разложении которого образуются только газообразные вещества (пары воды, оксиды азота и молекулярный азот).

Аммиачная селитра  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и продукты ее взрывного разложения (оксиды азота  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ) являются хорошо растворимыми веществами, что способствует их поступлению в карьерные воды в виде аммонийного азота ( $\text{NH}_4^+$ ), нитритного азота ( $\text{NO}_2^-$ ) и нитратного азота ( $\text{NO}_3^-$ ).

Необходимость соответствовать жестким требованиям природоохранного законодательства [1,2] в части содержания соединений азота в сбрасываемых в природные водные объекты карьерных дренажных водах представляет для горных предприятий техническую и экологическую проблему, а невыполнение этих требований ведет к многомиллионным платежам за загрязнение водных ресурсов. Все это остро ставит перед горными предприятиями вопрос о поисках и применении и экономически приемлемых и экологически эффективных методов очистки сбрасываемых карьерных вод от соединений азота.

В 2014 г. на крупном горном предприятии Урала были проведены экспериментальные исследования по выдержке карьерных вод действующего карьера в частично затопленной отработанной открытой горной выработке, находящейся в непосредственной близости от действующего карьера с целью определения возможности естественного микробиологического преобразования (нитрификации) аммонийного и нитритного азота в представленных условиях, давшие положительный результат (эффективность очистки 84-95%) [3]. Очистка продолжается по настоящее время.

Предварительно был проведен комплекс инженерных изысканий (геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований) с целью выявления возможных ограничений для использования отработанной горной выработки для очистки загрязненных вод.

Было выявлено следующее:

- Содержание металлов и показатель рН в водах, ранее накопленных и поступающих естественным путем (подземные воды и атмосферные осадки) в отработанную горную выработку находится на уровне, не препятствующем протеканию процесса микробиологического преобразования (нитрификации): показатель рН от слабокислого до слабощелочного, концентрация ионов металлов в пределах ПДК;
- Свободный объем для заполнения карьерными водами обеспечивает необходимое время выдержки для достижения требуемой эффективности очистки с учетом установленной для конкретных условий скорости процесса естественного микробиологического преобразования (нитрификации), составившего для исследованной горной выработки  $0,26 \text{ г}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$ . Время выдержки ограничивается предельной отметкой уровня воды;
- Геомеханические свойства пород горной выработки обеспечивают отсутствие активизации оползневых явлений при заполнении отработанной горной выработки карьерными водами (коэффициент запаса устойчивости откосов бортов и внутренних отвалов  $n > 1,2$ );
- Предельный уровень заполнения карьерными водами отработанной открытой горной выработки должен обеспечивать отсутствие негативного влияния на гидрогеологическую и гидрохимическую обстановку прилегающей территории [4].

### **Литература:**

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03 июня 2006 года №74-ФЗ (с изменениями и дополнениями).
2. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения".
3. А. В. Хохряков, А. М. Ольховский, Г. А. Студенок. Использование отработанных горных выработок для очистки карьерных вод от соединений азота. Известия Уральского государственного горного университета. №3(47), 2017, с. 48-52.
4. Г. А. Студенок. Геоэкологическое обоснование технологии очистки дренажных вод горного предприятия от соединений азота в отработанной горной выработке. «Известия вузов. Горный журнал», № 3, 2018, с. 32-39.

## ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

*Суло Е.В.*

Гомельский государственный университет им Ф. Скорины, Гомель, Республика Беларусь  
[candy96@list.ru](mailto:candy96@list.ru)

Аннотация. Целью работы являлась оценка степени загрязнения подземных вод в зоне действия Гомельского химического завода. Для оценки степени загрязнения подземных вод были проанализированы данные со скважин локального мониторинга, расположенных в зоне отвалов фосфогипса с глубинами залегания 0,95 м, 1,58 м, 3,24 м, и 4,27 м. Степень загрязнения подземных вод определялась по формуле расчетного коэффициента загрязнения. Было выявлено, что с глубиной степень загрязнения подземных вод снижается и что под отвалами фосфогипса произошла трансформация химического состава воды. Также можно отметить, что характерна общая тенденция снижения содержания загрязняющих веществ в подземных водах по мере удаления от источника загрязнения – отвалов фосфогипса.

Ключевые слова: подземные воды, химическая промышленность, загрязнение.

## EVALUATION OF IMPACT OF CHEMICAL INDUSTRY ENTERPRISES ON THE STATE OF UNDERGROUND WATER

*Suslo E.V.*

Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Republic of Belarus  
[candy96@list.ru](mailto:candy96@list.ru)

Abstract. The purpose of the work was to assess the degree of groundwater contamination in the coverage area of the Gomel Chemical Plant. To assess the degree of groundwater contamination, data from local monitoring wells located in the phosphogypsum dump zone with depths of 0.95 m, 1.58 m, 3.24 m, and 4.27 m were analyzed. The degree of pollution of groundwater was determined by the formula of the calculated pollution factor. It was revealed that the degree of groundwater pollution decreases with depth, and that under the phosphogypsum dumps, the chemical composition of the water has changed. It can also be noted that the general trend is a decrease in the content of pollutants in groundwaters as they move away from the source of pollution - dumps of phosphogypsum.

Key words: groundwater, chemical industry, pollution.

В последние десятилетия техногенное воздействие на поверхностные и подземные воды постоянно усиливается. В настоящее время в наибольших масштабах проявляется такой вид воздействия на подземную гидросферу, как промышленное загрязнение. В отличие от сельскохозяйственного и коммунально-бытового загрязнений, которые

охватывают весьма обширные площади (пахотные земли, приусадебные участки, селитебные территории), промышленное загрязнение проявляется, в основном, на локальных участках, однако по многим компонентам загрязнения оно своей интенсивностью их превосходит. [1].

Основными источниками загрязнения подземных вод в химической промышленности являются отвалы фосфогипса, хранилища и стокоотводящая система жидких отходов производства, проливы под цехами с мокрым производством. Загрязняющими факторами являются также инфильтрация поверхностных вод из мест накопления в замкнутых понижениях рельефа и дымовые выбросы. Загрязнение подземных вод представляет опасность как для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, так и для подземных коммуникаций и фундаментов зданий [2].

Степень загрязнения подземных вод в зоне отвалов фосфогипса на глубине 0,95 м относится к категории «весьма грязная», а на глубинах 1,58 – 4,27 м относятся к категории «слабо-загрязненная». Концентрации фосфора фосфатного в подземных водах с глубиной залегания 0,95 м превышают значения ПДК более чем в 2000 раз, а концентрации азота аммонийного – в 40 раз. Воды с глубиной залегания 1,58 м, характеризуются превышением концентрации азота аммонийного в 4 раза, а сульфатов – в 2 раза. Скважины локального мониторинга с глубинами 3,24 м и 4,27 м расположены в юго-западном направлении от складирования отвалов фосфогипса и характеризуются незначительными превышениями в концентрациях сульфатов и азота аммонийного. По другим компонентам превышений ПДК не отмечалось.

Можно сделать вывод, что в зоне отвалов и их периферии сульфат-ион, фосфор фосфатный и азот аммонийный формируют устойчивое во времени загрязнение грунтового водоносного горизонта и что с глубиной степень загрязнения вод снижается. Степень загрязнения вод в скважине с глубиной залегания 0,95 м намного выше, чем в скважинах с глубинами 3,24 м и 4,27 м. Для снижения негативного воздействия необходимо осуществлять постоянный мониторинг подземных вод с целью анализа и контроля распространения загрязнения, а также осуществлять развитие сети пунктов наблюдений за водными объектами в окрестностях предприятия.

#### **Литература:**

1. Кудельский, А. В. Подземные воды Беларуси как источник жизнеобеспечения и технологических проблем / А. В. Кудельский, В. И. Пашкевич. Природопользование: экология, экономика, технологии: материалы Междунар. научн. конф., г. Минск, 6–8 октября 2010 г. / Нац. акад. Наук Беларуси [и др.]; редкол.: В. С. Хомич [и др.]. Минск: Минсктиппроект. 2010. С. 146.
2. Коцур, В. В. Гидрогеохимия зоны интенсивного водообмена территории Гомельского химического завода / В. В. Коцур. Літасфера. 2000. № 13. С. 93–94.

## ТРАНСГРАНИЧНЫЕ РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МЕЖДУРЕЧЬЯ ТАЛАС-АССА

*Тажиев С.Р.*

Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М.Ахмедсафина, Алматы, Казахстан,  
[sula\\_tashiev@mail.ru](mailto:sula_tashiev@mail.ru)

Аннотация. В данном тезисе представлены результаты оценки гидрогеологических условий трансграничных подземных вод междуречья Талас-Асса, которые разделяются границей Казахстана и Кыргызстана. По результатам выполненных работ произведен сбор, анализ и обобщение результатов предшествующих исследований, которые позволили охарактеризовать гидрогеологические условия трансграничных подземных вод, выделить основные трансграничные водоносные горизонты и комплексы, дать их качественную и количественную характеристику.

Ключевые слова: междуречье Талас-Асса, трансграничный бассейн, водоносные аллювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения, месторождение подземных вод.

## TRANSBOUNDARY RESOURCES OF UNDERGROUND WATER BETWEEN TALAS-ASSA RIVERS

*Tazhiev S.R.*

Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Ahmedsafin, Almaty,  
Kazakhstan, [sula\\_tashiev@mail.ru](mailto:sula_tashiev@mail.ru)

Abstract. This thesis presents the results of an assessment of the hydrogeological conditions of transboundary groundwaters between the Talas-Assa rivers, which are separated by the border of Kazakhstan and Kyrgyzstan. The results of previous studies were collected, analyzed and summarized based on the results of the work performed, which allowed to characterize the hydrogeological conditions of transboundary groundwater, identify the main transboundary aquifers and complexes, and give their qualitative and quantitative characteristics.

Key words: Talas-Assa interfluve, transboundary basin, aquiferous alluvial and alluvial-proluvial deposits, groundwater deposit.

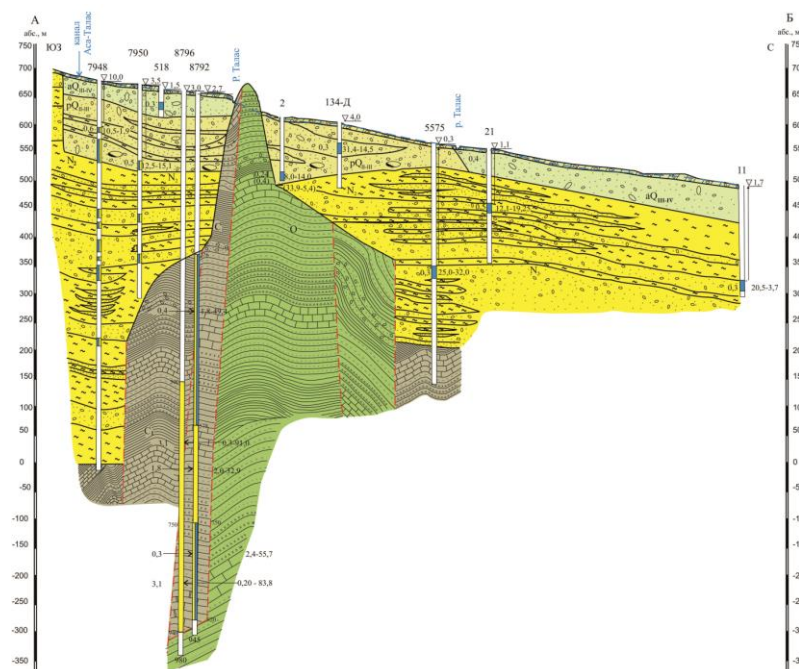
Междуречье рек Талас-Асса приурочено к Северо-Таласскому трансграничному артезианскому бассейну в пределах в межгорной Таласской впадины [1]. Его площадь в пределах Казахстана 672 км<sup>2</sup>, а в Кыргызстане – 410 км<sup>2</sup>. Протяженность в пределах междуречья 58 км. Рельеф междуречья разнообразен, выделяются: аккумулятивный рельеф включает в себя пойму, первую, вторую и третью надпойменные террасы рек Талас и Асса и слаборасчленённую равнину верхнечетвертичного возраста; аккумулятивно-эрозионный рельеф включает всхолмленную равнину средне-верхнечетвертичного и среднечетвертичного возрастов, предгорные шлейфы конусов выноса и полого наклонную

равнину нижнечетвертичного возраста; эрозионный останцовый и эрозионно-тектонический рельеф низкогорья и среднегорья.

В предгорьях Киргизского хребта равнина изрезана неглубокими саями с пологими склонами, что придает поверхности волнистый характер. Конусы выноса сливаются в единый предгорный шельф. Ширина предгорной равнины к северу от Киргизского хребта до 8 км. Абсолютные отметки колеблются от 640 до 1000 м. К северу предгорная равнина переходит в аллювиальную равнину.

Гидрографическая сеть территории представлена реками Талас и Асса и реками типа Карасу [2]. Река Талас берёт начало в седловине, между Таласским Алатау и Киргизским хребтом. Длина реки 340 км. Водосборная площадь находится в пределах Киргизского хребта и составляет около 9000 км<sup>2</sup>. Питание реки происходит за счёт таяния высокогорных снежников, ледников и подземных вод. Среднегодовой расход 29,6 м<sup>3</sup>/с. Река Асса имеет хорошо разработанную современную долину шириной до 1,5 – 2,0 км, ширина русла 20-50 м, длина реки 317 км. Средний годовой расход за многолетие составляет 13,1 м<sup>3</sup>/с. Реки типа "Карасу" образуются исключительно за счёт выклинивания подземных вод [3].

Водоносный среднечетвертичный-современный аллювиальный горизонт пользуется наибольшим площадным распространением в пределах Северо-Таласской долины. Глубина залегания уровня воды в пределах межгорной долины колеблется от 0,06м до 25,0м. На равнинной части (к северу от гор Улькен-Бурул и Киргизского хребта) грунтовые воды залегают на глубинах 0,9- 8,8м. В предгорьях горизонт сложен галечниками и валунно-галечниками. К северу в равнинной части впадины большее значение приобретают песчаные, гравийно-песчаные разности пород. Мощность горизонта в верховье составляет 98 м, а в низовье. до 20-30 м. Характерной особенностью является наличие благоприятных условий для формирования подземных вод (рис. 1).



**Рисунок 1 - Схематический гидрогеологический разрез междуречья Талас-Асса**

Водообильность пород находится в тесной зависимости от гранулометрического состава, литологических особенностей аллювиального горизонта и характера заполнения. В целом, среднечетвертичный аллювиальный горизонт междуречья обладает высокой водообильностью. Дебиты большинства скважин, пробуренных на разведочных створах и детальных участках, составляет 45-80 л/с. Подземные воды питаются за счет фильтрации

поверхностных вод рек Асса и Талас в количестве  $10,4 \text{ м}^3/\text{с}$  и инфильтрации атмосферных осадков и поливных вод –  $5,7 \text{ м}^3/\text{с}$ , в сумме –  $16,1 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиально-пролювиальный горизонт пользуется значительным распространением к югу от гор Кызыл-Адыр. Сложен горизонт в большинстве случаев валунно-гравийно-галечниками с песчано-глинистым заполнителем, с маломощными прослоями суглинков и глин. Мощность водоносного горизонта не выдержана. В долине р. Асса мощность горизонта изменяется от 5 до 83 м. Водообильность горизонта в долине р. Асса  $4,7-5,26 \text{ л/с}$  при максимальных понижениях уровня 4,38 и 3,11 м. Расходы нисходящих родников до  $0,2 \text{ л/с}$ . Коэффициент фильтрации изменяется от 0,56 до 17,94 м/сут. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 0,3-1 г/л, в ряде участков сульфатные натриевые с минерализацией до 2 г/л. Подземные воды водоносного горизонта широко используются для водоснабжения населённых пунктов и орошения земельных массивов [4].

Основной трансграничный интерес представляет участок границы, пересекающий междуречье Талас-Асса. Трансграничный поток подземных вод практически полностью формируется в Киргизии. Расход потока, приходящего в Казахстан из Киргизии, рассчитанный по Дарси ориентировочно составляет  $4,09 \text{ м}^3/\text{с}$ .

В пределах междуречья разведано Талас-Ассинское месторождение подземных вод, приуроченное к единому водоносному комплексу, объединяющему водоносные среднечетвертичный-современный аллювиальный и плиоценовый горизонты, гидравлически связанные между собой на этой территории. Продуктивный водоносный горизонт распространен на глубине от 60-100 м до 230-250 м. Месторождение разведано с целью организации хозяйственно-питьевого и производственно-питьевого водоснабжения и орошения земель. Эксплуатационные запасы утверждены в количестве 725 тыс.  $\text{м}^3/\text{сут}$ . Эксплуатация месторождения начата с 1972 года. Современный водоотбор 198,44 тыс.  $\text{м}^3/\text{сут}$  [5].

На территории Республики Кыргызстан также разведано месторождение подземных вод. При эксплуатации месторождений с величиной утвержденных запасов потребуются решение вопросов совместного управления трансграничными подземными водными ресурсами Северо-Таласского бассейна. Это станет возможным на основе создания и совместной эксплуатации математической автоматизированной постоянно действующей модели гидрогеологической системы бассейна.

#### **Литература:**

1. Подольный О.В., Андрусевич В.И., Кучин А.Г. Трансграничные подземные вод Казахстана: проблемы мониторинга и оценки Современные проблемы изучения и оценки эксплуатационных ресурсов питьевых подземных вод. Материалы международной научно-практической конференции (Беларусь, Казахстан, Россия, Украина), 3 – 5 сентября 2008 г. Киев, 2008. С.120-129.
2. Смоляр А.П. Водные ресурсы Казахстана. Справочник. 2002. 628 с.
3. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз и управление. Том VIII. Ресурсы подземных вод Казахстана. 2012. 94 с.
4. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз и управление. Том XIX. Подземные воды Казахстана: обеспеченность и использование. 2012.
5. Месторождения подземных вод Казахстана. Справочник. 1999. 125 с.

**ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ И ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОРОДСКОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ГРЭС-2)**

*Таловская А.В., Филимоненко Е.А.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия  
[talovskaj@yandex.ru](mailto:talovskaj@yandex.ru)

Аннотация. В работе представлена многолетняя динамика (2009-2018 гг.) элементного и минерально-фазового состава твердых частиц, осевших на снеговой покров в окрестностях Томской ГРЭС-2, с учетом баланса использования природного газа и угля. Установлены временные закономерности изменения пылевой нагрузки, содержания элементов 1, 2 и 3 класса опасности, редкоземельных и радиоактивных элементов в твердом осадке снега. Частицы в пробах были классифицированы на минеральные (силикаты, карбонаты, сульфаты, сульфиды) и неминеральные (углеродсодержащие, сферические, металлсодержащие) фазы.

Ключевые слова: снеговой покров, твердые частицы, теплоэлектростанция, радиоактивные и редкоземельные элементы

**DYNAMIC OF CONCENTRATION AND SPECIATION OF RARE-EARTH AND RADIOACTIVE ELEMENTS IN SNOW COVER WITHIN URBAN THERMAL POWER PLANT (CASE STUDY: TOMSK GRES-2)**

*Talovskaya A.V., Filimonenko E.A.*

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, [talovskaj@yandex.ru](mailto:talovskaj@yandex.ru)

Abstract. The study presents analysis of long-term observations (2009-2018) of solid particles element and mineral-phase composition deposited on snow cover within Tomsk GRES-2 with respect to balance of natural gas and coal used. It was determined the temporal trends of dust load, composition of hazardous elements, the rare-earth and radioactive elements in snow solid residue. The identified particles in the samples were classified as mineral (silicates, carbonates, sulphates, sulphides) and non-mineral (carbonaceous, spherical, metal-bearing) phases.

Key words: snow cover, solid particles, thermal power plant, radioactive and rare-earth elements

Снеговой покров является природным-планшетом накопителем загрязняющих веществ из атмосферы, что делает его удобным индикатором для оценки уровня загрязнения территорий в зоне воздействия ТЭЦ [1, 2]. В г. Томске одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха является Томская ГРЭС-2, расположенная в жилой застройке центральной части города, использующая уголь Кузнецкого бассейна и природный газ. По итогам площадной снегогеохимической съёмки нами была определена зона воздействия ГРЭС-2 [3]. Начиная с 2009 г. нами осуществляется ежегодный мониторинг загрязнения снегового покрова в северной и север-восточной зоне ее



воздействия на расстоянии от 0,6 до 2,3 км от двух 100 метровых труб. Предметом исследования является твердый осадок снега, представляющий собой твердые частицы, осевшие на снеговой покров.

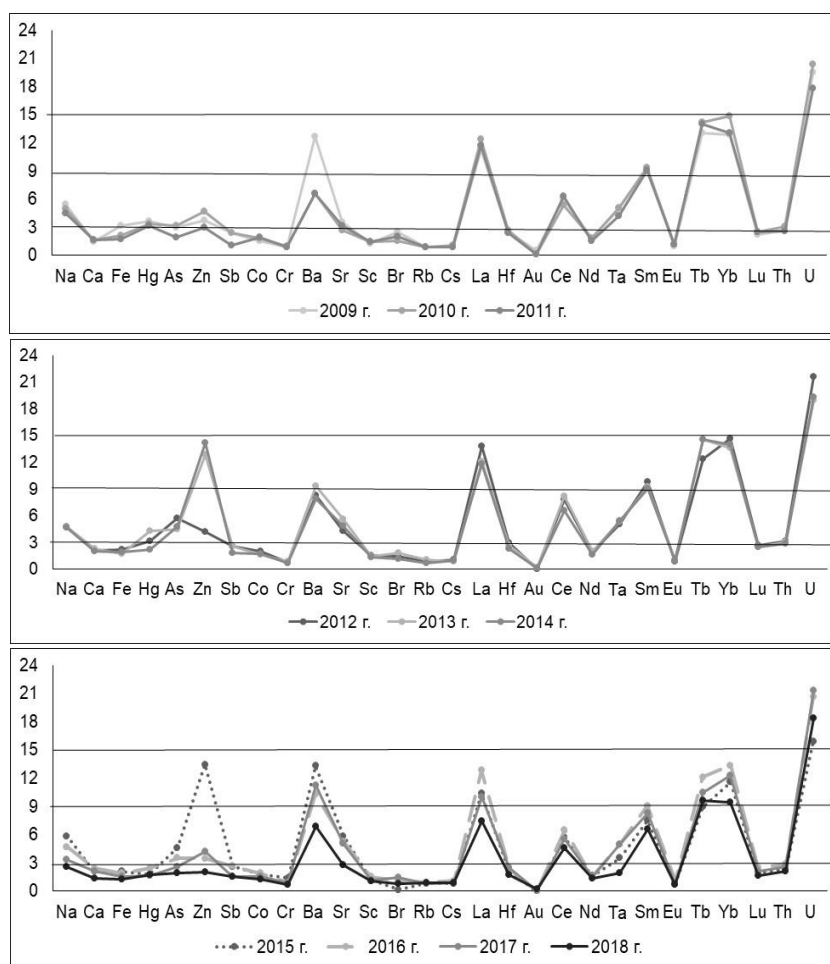
В данной работе представлен обобщенный анализ десятилетних наблюдений (2009-2018 гг.) изменения пылевой нагрузки и элементного состава твердого осадка снега в окрестностях Томской ГРЭС-2, с учетом баланса использования в технологическом процессе природного газа и угля.

Аналитическое изучение проб осуществляли в лабораториях МИНОЦ «Урановая геология», ТПУ. Нейтронно-активационный анализ и атомно-абсорбционную спектроскопию использовали для определения элементного состава проб. Минерально-фазовый состав изучали с помощью рентгеноструктурного анализа и электронной сканирующей микроскопией. Дополнительно, проводили изучение состава шлака и золы уноса ГРЭС-2.

Анализ многолетних наблюдений за пылевой нагрузкой показал, что в окрестностях ГРЭС-2 формируется низкая степень пылевого загрязнения согласно градации (менее 250 мг/м<sup>2</sup> в сутки) [4]. Среднее значение пылевой нагрузки превышает фон (7 мг/м<sup>2</sup> в сутки) от 4,7 (2018 г.) до 16,5 (2009 г.) раз. Произошло значительное снижение пылевой нагрузки в период с 2009 по 2018 гг. Выявлена закономерность изменения пылевой нагрузки во времени от балансовой доли использования природного газа и угля (в 2012 г. – наибольшая доля использования газа, чем в другие периоды), установки нового пыле-газо-очистного оборудования в период 2010-2011 гг. На изменение пылевой нагрузки также оказывает влияние количество выпавших в зимнее время осадков. По данным метеостанции города в зимние сезоны 2011/12, 2015/16 и 2017/18 годов было наименьшее количество осадков, и в эти периоды значение пылевой нагрузки низкое.

На протяжении многих лет техногенная геохимическая специализация твердой фазы снегового покрова проявляется в повышенных уровнях накопления U (15–20 фонов), Ba, Zn, La, Tb, Yb и Sm (10–15 фонов), Na, Hg, Ta, Ce, As, Sr и Hf (3–9 фонов), Ca, Fe, Lu, Nd, Sb, Co и Br (1,5–3 фонов), в условиях сжигания угля более 35 % (рис. 1). Данные элементы формируют среднюю степень загрязнения и умеренно-опасную экологическую ситуацию в районе исследования, согласно градации, представленной в работе [4]. Наблюдаемая геохимическая ассоциация в пробах твердого осадка снега вероятно отражает геохимическую специализацию используемых углей и их зол [5, 6]. Определена сходимость содержаний большинства изучаемых элементов в золе-уноса ГРЭС-2 и в твердом осадке снега из ее окрестностей.

В пробах минеральные фазы включают силикаты, карбонаты, сульфаты, сульфиды и минералы группы железа. Основу проб составляли неминеральные фазы, представленные в основном углеродистым веществом, шлаком и сферическими частицами (алюмосиликатные, ферросферулы, смешенного алюмосиликатного и железистого состава, кальцийсодержащие, сферулы, содержащие редкоземельные элементы), образующиеся во время сжигания угля. Кроме того, были определены металл-содержащие фазы оксидов тяжелых металлов, интерметаллических соединений и фосфатов редкоземельных элементов, которые по размерам относятся к ингаляционной фракции взвешенных частиц (размер менее 2,5 мкм), и могут проникать в легкие. Данные фазы могут поступать от сжигания угля, т.к. по литературным данным уголь содержит элементы-примеси в виде различных фаз [5, 6]. Присутствие кварца, альбита, муллита, сульфатов бария, минералов группы железа, углеродистого вещества, шлака и сферических частиц в золе уноса подтверждает, что источником таких же фаз, выявленных в пробах, является сжигание угля.



**Рисунок 1 – Содержание элементов относительно фона [3] (коэффициент концентрации) в пробах твердого осадка снега в окрестностях Томской ГРЭС-2 (2009-2018 гг.)**

Таким образом, анализ многолетней динамики поступления пыли с комплексом элементов показал закономерности изменения пылевой нагрузки от многих факторов, а также позволил выделить элементы, минеральные и неминеральные фазы, которые могут быть использованы в качестве индикаторов выбросов сжигания угля.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 16-45-700184 p\_a) на период исследования с 2016 по 2018 гг.*

#### Литература:

1. Бортникова С.Б., Рапута В.Ф., Девятова А.Ю., Юдахин Ф.Н. Методы анализа данных загрязнения снегового покрова в зонах влияния промышленных предприятий (на примере г. Новосибирска). *Геоэкология*. 2009. № 6. С. 515–525.
2. Гришанцева Е.С., Сафронова Н.С., Кирпичникова Н.В. Влияние атмосферных выбросов Конаковской ГРЭС на состояние снегового покрова района Ивановского водохранилища. *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. 2012. №2. С. 135–142.
3. Язиков, Е. Г., Таловская А. В., Жорняк Л. В. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2010. 264 с.
4. Сает Ю.Е., Ревич Б. А., Янин Е.П., Смирнова Р.С. *Геохимия окружающей среды*. Москва: Недра, 1990. 335 с.
5. Арбузов С.И. Металлоносность углей Сибири. *Известия Томского политехнического университета*. 2007. № 1. С. 77–83.
6. Ильенок С.С. Самородные элементы в углях и золах углей Азейского месторождения Иркутского угольного бассейна. *Известия Томского политехнического университета*. 2013. № 1. С. 65–71.

## СОСТАВ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ СИЕНИТОВ САЙБАРСКОГО МАССИВА МИНУСИНСКОГО ПРОГИБА

*Тарасюк А.С.*

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия,  
[anton\\_tarasyuk\\_89@mail.ru](mailto:anton_tarasyuk_89@mail.ru)

Аннотация. Рассмотрены геологические и геохимические данные для щелочных пород Сайбарского массива центральной части Минусинского прогиба Алтае-Саянской складчатой области. Массив сложен нефелиновыми сиенитами, щелочными сиенитами и щелочными граносиенитами. В формировании состава изученной серии пород главную роль играли процессы кристаллизационной дифференциации магм и контаминация их коровым веществом.

Ключевые слова: коэффициент агпаитности, Сайбарский массив, кристаллизационная дифференциация, контаминация.

### COMPOSITION AND SEQUENCE OF FORMATION OF ALKALINE SYENITES OF THE SAIBAR MASSIF (MINUSINSK TROUGH)

*Tarasyuk A.S.*

A.V.Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, Irkutsk, Russia,  
[anton\\_tarasyuk\\_89@mail.ru](mailto:anton_tarasyuk_89@mail.ru)

Abstract. Geological and geochemical data on the alkaline rocks of the Saibar massif, located in the central part of the Minusinsk trough of the Altay-Sayansk folded area, are considered. The massif is composed of nepheline syenites, alkaline syenites, and alkaline granosyenites. In the formation of the composition of the series of rocks under study, the processes of crystallization differentiation of magmas and the contamination by crustal material played a major role.

Keywords: agpaitic coefficient, Saibar massif, crystallization differentiation, contamination.

Щелочные нефелиновые сиениты редко встречаются в природе. Они занимают первые доли процентов по объему среди всех изверженных горных пород Земли. По настоящее время вопросы генезиса этих уникальных образований остаются актуальными и дискуссионными. Одним из немногочисленных мест, где встречаются щелочные нефелиновые сиениты, является Минусинский прогиб Алтае-Саянской складчатой области. В его центральной части расположен Сайбарский массив, который состоит из нефелиновых сиенитов (фойяитов), щелочных сиенитов (тенсбергитов) и щелочных граносиенитов по [1]. В ходе предшествующих исследований были получены противоречивые сведения о порядке формирования интрузивных фаз Сайбарского массива [2-8]. Г.М. Саранчина относила нефелиновые сиениты к дайкам [2], прорывающим вмещающие щелочные сиениты, в то время как Э.Е. Федоров считал их ксенолитами [3]. Щелочные граносиениты,

по мнению Э.Е. Федорова, являются наиболее поздними образованиями, прорывающими и щелочные и нефелиновые сиениты. Проведенные нами исследования показывали, что между всеми типами пород, слагающих массив, существуют постепенные переходы. Для них типичны магматические структуры (гипидиоморфнозернистые, порфирированные, трахитоидные).

Щелочные сиениты или тенсбергиты, занимающие около 90 % площади Сайбарского массива представлены средне- или крупнозернистыми породами, и состоят в основном из К-На полевого шпата частично альбитизированного, а также щелочных темноцветных минералов (эгирин-авгит, арфведсонит), которые в разной степени замещаются агрегатом рудных минералов (магнетит, лимонит). Акцессорные минералы представлены титаномагнетитом, титанитом и апатитом. В щелочных сиенитах  $\text{SiO}_2$  варьирует в пределах от 61,5 до 66,4 мас. %,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  от 8,9 до 11,6 мас. %, коэффициент агапайности от 0,76 до 0,99.

Нефелиновые сиениты или фойяиты представляют собой плотные породы темно-серого цвета, которые состоят из К-На полевого шпата, нефелина и удлиненно-призматического либо игольчатого эгирина, и щелочного амфибола (рибекит, арфветсонит). Кристаллы пироксена и амфибола нередко ориентированы субпараллельно и часто плавно огибают фенокристаллы полевого шпата. Нефелин встречается в породе в виде ксеноморфных выделений, при этом он неравномерно замещается агрегатом вторичных минералов – содалитом, альбитом, цеолитом, либнеритом. В нефелиновых сиенитах  $\text{SiO}_2$  варьирует в пределах от 53,9 до 61,6 мас. %,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  от 12,3 до 13,9 мас. %, коэффициент агапайности от 0,97 до 1,3.

Щелочные граносиениты отличаются от щелочных сиенитов появлением ксеноморфного кварца (до 20 %) в интерстициях между кристаллами ортоклаза. Эти плотные розово-красные породы, связанные со щелочными сиенитами постепенными переходами, приурочены к зоне эндоконтакта в северной и южной частях массива. Ими также сложены дайки, незакономерно рассредоточенные среди щелочных сиенитов. В граносиенитах  $\text{SiO}_2$  варьирует в пределах от 68,8 до 69,9 мас. %,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  от 9,1 до 10,9 мас. %, коэффициент агапайности от 0,82 до 1.

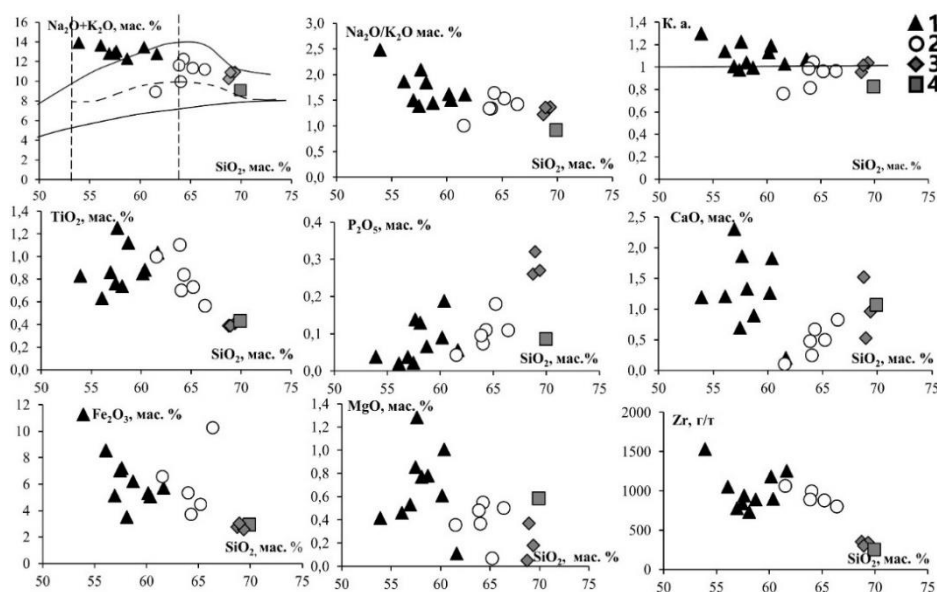


Рисунок 1 - Распределение петрогенных окислов и Zr относительно  $\text{SiO}_2$  в нефелиновых сиенитах (1), щелочных сиенитах (2), щелочных граносиенитах (3) и дайке щелочных граносиенитов (4) в Сайбарском массиве

Нефелиновые сиениты являются агпайтовыми породами: в них отмечается избыток щелочей над алюминием, при этом  $\text{Na}_2\text{O}$  значительно преобладает над  $\text{K}_2\text{O}$  ( $2 > \text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 1$ ), высокие содержания железа и титана, значительные концентрации редких элементов (Zr, Hf, U, Th, Rb), низкие содержания кальция и фосфора (рис.1). Суммарное содержание REE изменяется в пределах от 142 до 1087 г/т, при значительном преобладании LREE относительно HREE. Щелочные сиениты по содержанию Zr, Hf, Sr, Ba, P близки к фойяитам. Сумма REE в них варьирует от 210 до 755 г/т. Самые высокие суммарные значения редкоземельных элементов наблюдаются у щелочных граносиенитов – до 1808 г/т. Сумма LREE незначительно преобладает над HREE. Поздняя дайка щелочных граносиенитов характеризуется минимальными среди всех пород концентрациями Zr и Hf. Сумма HREE в щелочных граносиенитах не превышает 40 г/т, что характерно для среднего состава континентальной коры.

Геологические взаимоотношения и геохимические данные указывают на то, что в Сайбарском массиве в течение ранней главной фазы формировались последовательно нефелиновые сиениты – щелочные сиениты - щелочные граносиениты. Поздняя фаза, представленная дайкой щелочных граносиенитов, по своим геохимическим характеристикам близка к составу верхней континентальной коры, что свидетельствует о добавлении корового компонента в область магмообразования. Это подтверждается также изотопным составом кислорода в калиево-натриевых полевых шпатах. В нефелиновых сиенитах  $\delta^{18}\text{O}$  варьирует от 6,3 до 8,9 и отвечает мантийно-коровым меткам. Калиево-натриевые шпаты щелочных сиенитов и граносиенитов обогащены тяжелым изотопом кислорода ( $\delta^{18}\text{O}$  9,3 – 11,4‰). Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при формировании пород Сайбарского массива дифференциация первичной щелочной магмы мантийного происхождения усложнялась процессами её контаминации веществом континентальной коры. Состав первичной магмы, обогащенной редкими элементами, близок по составу к нефелиновым сиенитам, несмотря на меньшую площадь выходов их на современную поверхность по сравнению со щелочными сиенитами.

#### Литература:

1. Петрографический кодекс. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Санкт-Петербург. Изд-во: ВСЕГЕИ. 2009.194с.
2. Саранчина Г.М. Щелочные породы массива Сайбар (Западная Сибирь, Красноярский край). Учёные записки ЛГУ, 1940, № 45. 26 с.
3. Фёдоров Э.Е. К вопросу о сиенитовой интрузии Тубино-Сисимского района (Красноярский край). – Материалы ВСЕГЕИ. Общ. серия, Госгеолиздат, 1948, № 8. С. 106-112.
4. Лучицкий И.В. Вулканизм и тектоника девонских впадин Минусинского межгорного прогиба. М.: Изд-во АН СССР. 1960. 276 с.
5. Федосеев Г.С., Поляков Г.В. Интрузии гранитов и сиенитов восточного обрамления Сыдо-Ербинской и Южно-Минусинской впадин. В кн.: Среднепалеозойские интрузии гранитов и сиенитов Кузнецкого Алатау и северо-западной части Восточного Саяна. Вып. 177. Новосибирск: Наука, 1974. С. 148-207.
6. Косоруков А.П. Девонский щелочно-сиенитовый комплекс Сыдо-Ербинской впадины и её горного обрамления. В кн.: Магматические комплексы складчатых областей юга Сибири. Вып. 509. Новосибирск: Наука, 1981. С. 128-157
7. Рублев А.Г., Шергина Ю.П. Ордовикский магматизм Восточного Саяна, Минусы и Кузнецкого Алатау. Геология и полезные ископаемые Красноярского края и республики Хакасия. Красноярск, 1996. № 3. С. 58-63.
8. Изох А.Э., Шелепаев Р.А., Лавренчук А.В., Бородин Е.В., Егорова В.В., Васюкова Е.А., Гладкочуб Д.П. Разнообразие кембро-ордовикских ультрабазит-базитовых ассоциаций Центрально-Азиатского складчатого пояса как отражение процессов взаимодействия плюма и литосферной мантии. Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2005. – В 2-х томах. – Т.1. С. 106-108.

**АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА  
БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ И ЕЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПО  
ДАНЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН**

*Темникова Е.Ю.*

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия  
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия  
[TemnikovaEU@ipgg.sbras.ru](mailto:TemnikovaEU@ipgg.sbras.ru)

Аннотация. Выполнен сравнительный анализ широко используемых методик определения органического вещества в черносланцевых породах баженовской свиты по данным методов геофизических исследований скважин. На основе комплекса данных каротажных методов и результатов литологических и геохимических исследований керна выполнена оценка содержания органического вещества в баженовской свите для десятка скважин Западной Сибири. С использованием новой классификации литологических типов баженинов, базирующейся на современном представлении распределения породообразующих компонент, проведена литологическая интерпретация каротажных данных и выполнено расчленение баженовской свиты.

Ключевые слова: баженовская свита, органическое вещество, интерпретация геофизических исследований скважин.

**ANALYSIS OF APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF ORGANIC MATTER OF  
THE BAZHENOV FORMATION AND ITS LITHOLOGICAL INTERPRETATION  
ACCORDING TO WELL LOGGING DATA**

*Temnikova E.Yu.*

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia  
A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia  
[TemnikovaEU@ipgg.sbras.ru](mailto:TemnikovaEU@ipgg.sbras.ru)

Abstract. A comparative analysis of commonly used techniques for the determination of organic matter in black shale rocks of the Bazhenov formation according to the methods of well logging data was carried out. Based on the complex of well logs and results of lithological and geochemical core examination, the content of organic matter in the Bazhenov formation was estimated for a dozen of wells in Western Siberia. The lithological interpretation of well logging data and differentiation of the Bazhenov formation was performed with the use of a new classification of lithological types of bazhenites, based on the modern view on the distribution of rock-forming mineral and mineraloid components.

Key words: Bazhenov formation, organic matter, well log interpretation.

Баженовская свита Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции привлекает повышенное внимание геологов уже не одно десятилетие. Интерес вызван промышленными притоками нефти и особыми характеристиками нефтесодержащего резервуара, для которого до сих пор не выработано единой методики выделения продуктивных интервалов по каротажным данным. При оценке продуктивности таких сланцевых коллекторов одним из важнейших показателей является содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ). Обогащенность  $C_{орг}$  Западно-Сибирского осадочного бассейна верхней юры отмечена еще в 1959 г. Ф.Г. Гурари, которым впервые опубликована карта концентраций  $C_{орг}$  в черносланцевых отложениях [1].

В настоящее время наряду с результатами геохимических исследований образцов керна для оценки содержания  $C_{орг}$  разработан ряд методик количественной интерпретации комплекса данных методов геофизических исследований скважин (ГИС). Основная их идея состоит в оценке содержания  $C_{орг}$  по данным методов пористости и сопротивления горных пород [2-4]. Выполнен сравнительный анализ разных подходов к оценке  $C_{орг}$  баженовской свиты (рис. 1). Так, для определения  $C_{орг}$  с помощью методики [2] использовались комбинации данных нейтронного гамма каротажа (НГК) и бокового каротажного зондирования (БКЗ). Результат оценки значительно зависит от показателя степени метаморфизма органического вещества. При наличии данных гамма-гамма плотностного (ГГК-П) и бокового каротажа (БК) для исследуемого разреза черносланцевых пород любого осадочного бассейна достаточно успешно может применяться методика [3]. Что касается методики [4], то для определения  $C_{орг}$  необходимы показания только ГГК-П, однако многие авторы не рекомендуют ее использовать для нефтематеринских пород, имеющих сложное строение и минеральный состав.

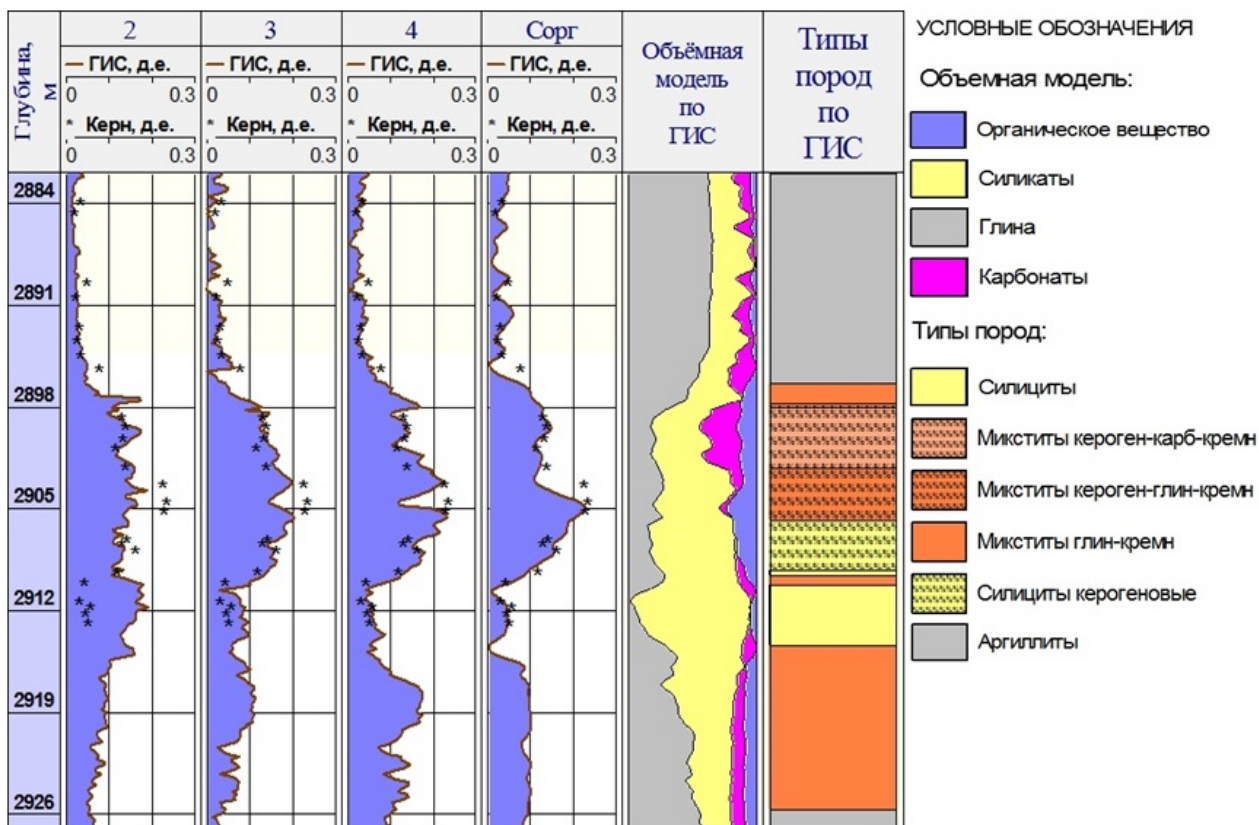


Рисунок 1 – Распределение  $C_{орг}$  по данным ГИС и керна, породообразующие компоненты и литотипы баженовской свиты (Малобалыкское м-е).

Другой подход к оценке  $C_{орг}$  основан на известном методе построения объемной модели относительного содержания породообразующих компонент [5]. Этот метод основывается на решении системы линейных алгебраических уравнений, описывающих связь данных методов ГИС и относительное содержание искоемых породообразующих компонент. Для выделения основных литологических типов пород в работе используется новая классификация пород баженовской свиты, которая базируется на современном представлении распределения породообразующих минеральных и минералоидных компонент [6].

Выполненная литологическая интерпретация данных ГИС с использованием новой классификации и анализ полученных результатов оценки содержания  $C_{орг}$  с помощью вышеописанных методик показывают хорошую корреляцию с результатами лабораторных исследований на образцах керна. Построение объемной модели позволяет достоверно оценивать содержание  $C_{орг}$  в породе и может являться основой для изучения литологических особенностей баженовской свиты.

Для достижения наилучших результатов интерпретации необходим расширенный комплекс методов ГИС. Одним из современных аппаратных комплексов для изучения геологических разрезов сложного строения являются приборы СКЛ (НПП ГА «Луч»), позволяющие выполнять каротаж всеми методами за одну спускоподъемную операцию, что обуславливает возможность интерпретации в рамках единой модели. В дальнейшем на основе развитой для СКЛ интерпретационной базы [7-9] будет выполняться разработка методик литологической интерпретации ГИС с построением схем корреляции разрезов, выявлением основных особенностей пространственного распределения  $C_{орг}$  и установлением его связей с физическими свойствами.

Научный руководитель – проф. РАН, д.ф.-м.н. В.Н. Глинских

#### Литература:

1. Брадучан Ю.В., Булынникова С.П., Вячкилева Н.П., Гольберт А.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А., Климова И.Г., Козлова Г.Э., Лебедев А.И., Месежников М.С., Нальняева Т.И., Турбина А.С. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). Новосибирск. Наука. 1986. 215 с.
2. Passey Q.R., Creaney S., Kulla J.B. et al. A practical model of organic richness from porosity and resistivity logs. The American Association of Petroleum Geologist Bulletin. 1990. V. 74. № 12. P. 1777–1794.
3. Issler D.R., Hu K., Block J.D. et al Organic carbon content determined from well logs: Examples Western Canada. 2002: Geological Survey of Canada. Open File 4362. 19 p.
4. Schmoker J.W., Hester T.R. Organic carbon in Bakken Formation, United States portion of the Williston Basin. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1983. V. 67. №12. P. 2165–2174.
5. Петерсилье В.И., Порожун В.И., Яценко Г.Г. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом. Москва-Тверь. ВНИГНИ. НПЦ “Тверьгеофизика”. 2003. 130 с.
6. Конторович А.Э., Ян П.А., Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г. Классификация пород Баженовской свиты. Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 11. С. 2034–2043.
7. Глинских В.Н., Никитенко М.Н., Эпов М.И. Линеаризованные решения двумерных прямой и обратной задач высокочастотного электромагнитного каротажа в проводящих средах с учетом токов смещения. Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 12. С. 31-42.
8. Глинских В.Н., Никитенко М.Н., Эпов М.И. Моделирование и инверсия данных электромагнитных зондирований в пластах конечной мощности, вскрытых на биополимерных и нефтяных буровых растворах. Геология и геофизика. 2013. Т. 54. №11. С. 1803-1813.
9. Глинских В.Н., Нестерова Г.В., Эпов М.И. Моделирование и инверсия данных электромагнитного каротажа с использованием петрофизических моделей электропроводности. Геология и геофизика. 2014. Т. 55. №5-6. С. 1001-1010.



**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ ИОНОВ В ПОРОВЫХ ВОДАХ ОСНОВНОГО СЕДИМЕНТАЦИОННОГО БАРЬЕРА БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА***Тирских Э.Н.*

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия,  
[etirskikh@igc.irk.ru](mailto:etirskikh@igc.irk.ru)

Аннотация. Изучение химического состава поровых вод проведено в районе основного седиментационного барьера Братского водохранилища. В работе рассмотрены концентрации и распределение главных ионов ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) в поверхностных водах и поровых водах различных горизонтов донных отложений. Выявлено, что концентрации анионов и катионов в поровых водах значительно превышают таковые в поверхностных водах. Распределение главных ионов в поровых водах неравномерно на различных горизонтах. Минерализация поровых вод увеличивается с глубиной.

Ключевые слова: Братское водохранилище, поровые воды, главные ионы

**DISTRIBUTION OF MAIN IONS IN SEWAGE WATERS OF THE BASIC SEDIMENTATION BARRIER OF THE BROTHER WATER RESERVOIR***Tirskih E.N.*

Vinogradov Institute of Geochemistry, SBRAS  
[etirskikh@igc.irk.ru](mailto:etirskikh@igc.irk.ru)

Abstract. The chemical composition of pore waters was studied in the region of the main sedimentary barrier of the Bratsk Reservoir. The concentration and distribution of the main ions ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) in surface waters and pore waters of various bottom sediments are examined. It is revealed that the concentrations of anions and cations in pore waters are significantly higher than those in surface waters. The distribution of the main ions in the pore waters is ambiguous at different horizons. The mineralization of pore water increases with depth.

Key words: Bratsk water reservoir, pore waters, main ions

Изучая геохимические особенности формирования водной экосистемы, особенно испытывающей на себе сильное антропогенное влияние, важно оценить взаимодействие между донными осадками и поверхностной водой. Это связано с тем, что донные отложения играют важную роль в высвобождении различных веществ, в том числе техногенного происхождения, в вышележащую водную толщу

Главным связующим звеном при взаимодействии донных отложений и поверхностной водой является поровая вода, химический состав которой формируется под воздействием двух групп факторов. Первая группа факторов определяет исходный состав поровой воды во время образования донных осадков (гидрохимические параметры

поверхностной воды, географические условия образования осадков и т.д.), вторая – факторы и процессы, приводящие к изменениям исходного состава (рН, окислительно-восстановительный потенциал, реакции катионообмена между поровой воды и донными отложениями, процессы диффузии, участие поровой воды в образовании минералов и т.д.). Факторами, которые могут полностью изменить исходный состав поровой воды являются: удаление вещества внутри поровой воды (осаждение или адсорбция) и высвобождение вещества в поровую воду из твердой фазы (растворение, десорбция) [2].

Братское водохранилище – второе в каскаде Ангарских водохранилищ, расположено в северо-западной части Иркутской области. Водоем испытывает значительную техногенную нагрузку, связанную с поступлением загрязняющих веществ со сточными водами предприятий различных отраслей промышленности, поверхностным стоком и атмосферным переносом с загрязненных территорий [3, 4]. Проведенными ранее работами [5] установлено, что большая часть элементов техногенного происхождения осаждается в донных отложениях основного седиментационного барьера Братского водохранилища. Возможность вторичного поступления загрязнителей в водную среду можно оценить с помощью изучения химического состава поровых вод. В связи с этим, целью работы стал анализ изменения концентраций главных ионов в поровых водах донных отложений в зоне максимального загрязнения – районе основного седиментационного барьера Братского водохранилища.

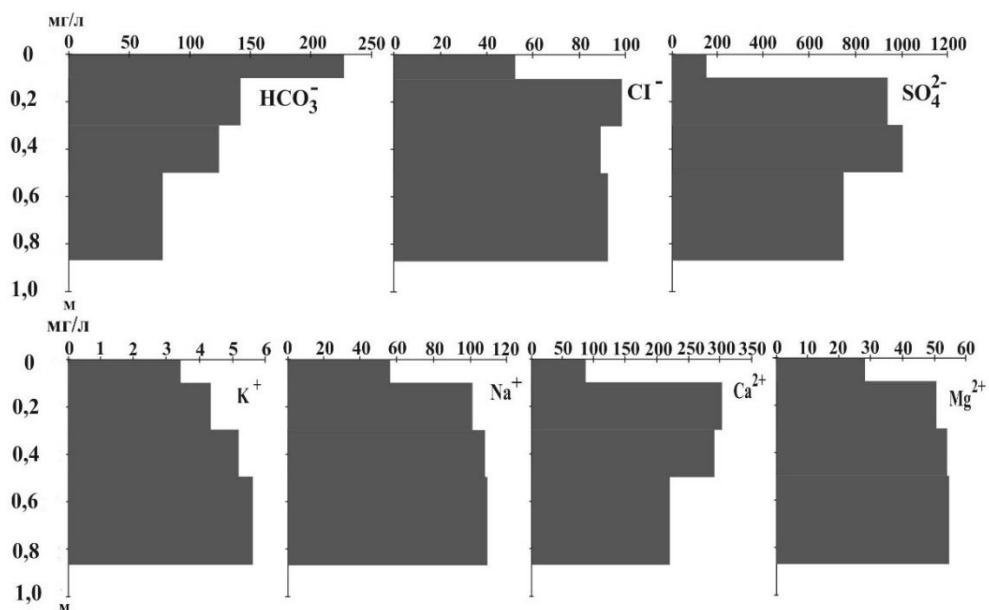
Исследование поровых вод донных отложений в зоне основного седиментационного барьера Братского водохранилища проведены в 2016 г. Отбор донных осадков произведен трубкой ГОИН-1. Выделение поровых вод, извлеченных из разных слоев зерна донных отложений, проведено центрифугированием при скорости 2200-2300 об/мин. С помощью стандартных методик [6], в поровых водах определены концентрации главных ионов ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ).

Поверхностная вода Братского водохранилища – гидрокарбонатная кальциевая, маломинерализованная. В период наших исследований концентрация  $\text{HCO}_3^-$  составила 71,7 мг/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  – 13,6 мг/л,  $\text{Cl}^-$  – 1,3 мг/л,  $\text{Ca}^{2+}$  – 19,2 мг/л,  $\text{Mg}^{2+}$  – 4,9 мг/л,  $\text{Na}^+$  – 3,3 мг/л,  $\text{K}^+$  – 1,0 мг/л.

Длина зерна донных отложений, отобранного для выделения поровых вод, составила 86 см. В районе исследования донные отложения представлены темно-серыми, почти черными илами, рыжий окисленный слой 0,5 см. Гранулометрический состав показывает преобладание крупнопылеватых фракций диаметром 0,05-0,01 мм (53-74 %).

Результаты химического анализа показывают, что концентрации главных ионов в поровых водах значительно отличаются от таковых в поверхностной воде. Основной формой отображения результатов гидрогеохимического опробования являются графики распределения главных ионов в поровых водах зерна донных отложений (рис. 1). Распределение концентраций катионов и анионов в поровых водах различных горизонтов донных отложений неодинаково. Выделяется верхний десятисантиметровый слой, в поровых водах которого концентрации всех главных ионов, кроме  $\text{HCO}_3^-$ , наименьшие. Больше накопление  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  наблюдается в средних слоях осадка, в то время, как высокие концентрации  $\text{HCO}_3^-$  преобладают в верхнем слое. Концентрации  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  закономерно увеличиваются от верхнего слоя зерна к нижнему. Максимальная концентрация  $\text{Cl}^-$  обнаружена в 10-30 см слое донных отложений, далее его концентрация незначительно уменьшается.

Гидрохимический тип поровых вод также отличается от поверхностных. Поровые воды верхнего слоя (0-0,1 м) гидрокарбонатные натриево-кальциевые, на глубине от 0,1 до 0,5 м – сульфатные кальциевые, от 0,5 до 0,86 м – сульфатные натриево-кальциевые. Согласно классификации Алекина [7], по величине минерализации поровые воды слоя 0-0,1 м относятся к пресным водам (минерализация 0,52 г/л). По глубине разреза минерализация поровых вод значительно возрастает: в интервале 0,1-0,3 м – соловатые воды (минерализация – 1,61 г/л), 0,3-0,5 м – солоноватые воды (минерализация – 1,68 г/л), 0,5 - 0,86 м – солоноватые – (минерализация 1,27 г/л).



**Рисунок 1 - Распределение главных ионов в поровых водах донных отложений основного седиментационного барьера Братского водохранилища**

Отличия в химическом составе поверхностной и поровых вод, а также динамика главных ионов в поровых водах различных слоев донных отложений позволяет предположить, что поровые воды загрязненных донных отложений могут быть источниками вторичного поступления элементов техногенного происхождения в водную среду, создавая тем самым угрозу для гидробионтов, в первую очередь – бентосных организмов.

#### **Литература:**

1. Jørgensen B.B. and Boudreau B.P. 2001. Diagenesis and sedimentwater exchange. In: Boudreau B.P. and Jørgensen B.B. (eds) *The Benthic Boundary Layer*. Oxford University Press, Oxford, pp. 211–244.
2. Schulz HD (2006) Quantification of early diagenesis: Dissolved constituents in marine pore water. In: Schulz HD, Zabel M (eds) *Marine Geochemistry*. Springer, Berlin, pp 73–124
3. Коваль П.В., Калмычков Г.В., Лавров С.М., Удодов Ю.Н., Бутаков Е.В., Файфилд Ф.В., Алиева В.И. Антропогенная компонента и баланс ртути в экосистеме Братского водохранилища. Доклады Академии Наук. 2003. Т. 388. №2. С. 225–227.
4. Алиева В.И., Пастухов М.В. Гидрохимическая характеристика р. Ангары в районе влияния Усольского промышленного узла. География и природные ресурсы. 2012. № 1. С. 68–73.
5. Алиева В.И., Бутаков Е.В., Пастухов М.В., Андрулайтис Л.Д. Особенности техногенного загрязнения и формы переноса ртути в Братском водохранилище. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2011. № 5. С. 431–438.
6. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Под ред. Семенова А.Д. Л.: Гидрометеиздат. 1977. 540 с.
7. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Учебное пособие. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 442 с.

**ГЕОХРОНОЛОГИЯ ГАББРОИДОВ СРЕДИННО-КАМЧАТСКОГО МАССИВА***Тихомирова Я.С., Костицын Ю.А., Аносова М.О., Ревяко Н.М*

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН (Москва), Россия,  
[y.s.tikhomirova@gmail.com](mailto:y.s.tikhomirova@gmail.com)

Аннотация: Обсуждается разница в значениях возраста рудовмещающих пород на месторождениях Кувалорог и Шануч, обрамляющих Срединно-Камчатский массив с южной и северной стороны соответственно. Rb-Sr минеральная изохрона по биотиту (Кувалорог) определила значение возраста  $54.4 \pm 0.9$  млн.лет (СКВО=0.9). По цирконам с месторождения Шануч были получены значения возраста:  $50.1 \pm 0.2$  млн.лет (диорит, 54 зерна, СКВО=1.4) и  $51.0 \pm 0.2$  млн лет (габбро-диорит, 35 зерен, СКВО=1.6). Исследования Rb-Sr и Sm-Nd изотопных систем показали изотопную гетерогенность источника габброидов дукукского комплекса.

Ключевые слова: Срединно-Камчатский массив, Шануч, Кувалорог, дукукский комплекс.

**GEOCHRONOLOGY OF GABBROIDS OF THE MIDDLE-KAMCHATSKY MASSIF***Tikhomirova Ya.S., Kostitsyn Yu.A., Anosova M.O., Revyako N.M.*

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Sciences  
 (GEOKHI RAS), [y.s.tikhomirova@gmail.com](mailto:y.s.tikhomirova@gmail.com)

Abstract. In this study the difference in the age of ore-bearing rocks at the Kuvalalog and Shanuch deposits is discussed. Rb-Sr mineral isochrone (4 fractions of biotite from Kuvalalog) determined the age value  $54.4 \pm 0.9$  Ma (MSWD =0.9). Zircon from the Shanuch deposit yielded age values:  $50.1 \pm 0.2$  Ma (diorite, 54 grains, MSWD =1.4) and  $51.0 \pm 0.2$  Ma (gabbro-diorite, 35 grains, MSWD =1.6). Rb-Sr and Sm-Nd isotope data have shown the isotopic heterogeneity of the source of gabbroids of the Dukuk complex.

Key words: Mid-Kamchatka Massif, Shanuch, Kuvalalog, Dukuk Complex.

На северном и южном обрамлении Срединно-Камчатского массива расположены габбро-норит-кортландитовые интрузивы дукукского комплекса с сульфидной медно-никелевой минерализацией и платиноидами. В северной части находится месторождение Шануч, в южной – месторождение Кувалорог (приуроченное к одноименному интрузивному массиву).

Начальные изотопные отношения стронция и неодима для габброидов дукукского комплекса аномальны относительно мантийных значений, а разброс значений их возраста по разным методам составляет более 10 млн. лет. В частности, наблюдаются различия в возрасте пород дукукского комплекса на северном и южном флангах Срединного массива Камчатки. Наша задача состояла в том, чтобы уточнить возраст с использованием U-Pb

изотопной системы, а также определить характер источника материнских расплавов по данным Rb-Sr и Sm-Nd изотопных систем.

Породы дукукского комплекса внедрены в сильнометаморфизованные толщи фундамента и обрамляющие их раннемеловые метатерригенные сланцевые толщи чехла. В строении интрузивных тел комплекса участвуют кортландиты, нориты, габбро-нориты, габбро, диориты и кварцевые диориты. Специфика состава всех разновидностей пород дукукского комплекса заключается том, что в них неизменно присутствуют гидроксилсодержащие минералы: амфибол (паргасит) и флогопит, а в ультрамафических разновидностях – биотит.

Rb-Sr минеральная изохрона по трем фракциям флогопита из габброидов дукукского комплекса массива Кувалорог, полученная коллегами в [1], отвечает значению возраста  $55.2 \pm 2.2$  млн.лет. Isoхрона по 5 фракциям пород в целом (амфиболовые диориты, меланодиориты, пегматоидные габбро-диориты и пегматоидные диориты), полученная коллегами в [2], на месторождении Шануч определяет возраст, равный  $49.2 \pm 2.7$  млн.лет (СКВО=33). Анализ пяти проб показал наличие изотопной гетерогенности, поэтому авторы построили изохрону по трём точкам, отбраковав две из пяти. Полученные таким образом результаты определения возраста габброидов на месторождениях Кувалорог и Шануч различаются за пределами погрешностей, и разница между полученными значениями составляет около 5 млн.лет. Эти результаты вызывали сомнения и, на наш взгляд, требовали подтверждения.

Ag-Ag датирование пород пород дукукского комплекса на месторождении Кувалорог по двум минералам, биотиту и амфиболу, показало значение возраста  $57.2 \pm 1.4$  млн. лет [3], что противоречило результатам U-Pb датирования по циркону: по 9 зернам циркона из пород этого с месторождения был получен возраст  $50.8 \pm 1.4$  млн. лет [3].

В ГЕОХИ РАН на одноколлекторном LA-ICP-MS масс-спектрометре Element-XR мы провели U-Pb исследования циркона из габброидов массива Шануч. Значения возраста составили  $50.1 \pm 0.2$  млн.лет (диорит, 54 зерна циркона, СКВО=1.4) и  $51.0 \pm 0.2$  млн лет (габбро-диорит, 35 зерен циркона, СКВО=1.6).

Также мы провели исследования Rb-Sr системы минералов биотитового габбро с месторождения Кувалорог. Были выделены минералы из наименее измененного образца керна Вт-габбро с массива Кувалорог, отобранного во время полевых работ на юге Срединного массива в 2015 году. В результате по четырём фракциям биотита получена Rb-Sr минеральная изохрона, отвечающая возрасту  $54.4 \pm 0.9$  млн.лет (СКВО=0.9), что в пределах погрешности согласуется с Rb-Sr данными коллег [1,2]. При этом на изохронной диаграмме точки, отвечающие плагиоклазу, клинопироксену, а также породе в целом, не легли на изохрону по фракциям биотита, т.е. изотопная гетерогенность стронция наблюдается на минеральном уровне даже в масштабе штучной пробы.

Поскольку по двум изотопным системам (Rb-Sr биотита и U-Pb циркона), сильно различающимся по устойчивости к наложенным процессам, были получены сходящиеся значения возраста, скорее всего, наложенные процессы не были значительно оторваны во времени от момента закрытия изотопных систем магматических пород, т.е. от магматического этапа. Полученные нами U-Pb данные по циркону не подтвердили различия в возрасте пород дукукского комплекса на месторождениях Кувалорог и Шануч в 5 млн.лет.

Принципиально возможны два варианта объяснения изотопной гетерогенности стронция в масштабе штучной пробы: гетерогенный источник расплава или контаминация расплава вмещающими породами в камере кристаллизации.

Исследования Rb-Sr и Sm-Nd изотопных систем 14 образцов пород дукукского комплекса показали, что начальные изотопные отношения неодима и стронция сдвинуты относительно типично мантийных изотопных значений:  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0=0.7043-0.7050$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}$  от  $-0.03$  до  $+2.2$ .

На Rb-Sr изохронной диаграмме точки, отвечающие породам разных фаз внедрения массива Кувалорог не лежат на одной линии, а образуют облако точек, что скорее всего указывает на изотопную гетерогенность магматического источника пород дукукского комплекса. В то же время и в пределах одного штуфа наблюдается изотопная гетерогенность на уровне минеральных фракций, т.е. скорее всего изотопный состав стронция изменялся в расплаве прямо в ходе его фракционной кристаллизации, весьма вероятно, что в результате ассимиляции вмещающих метаосадочных пород. При этом корреляция между кремнекислотностью пород и изотопными отношениями стронция и неодима в них не наблюдается. Следовательно, процесс был более сложный, чем простое двухкомпонентное смешение мантийного и корового материалов.

#### **Литература:**

1. Трухин Ю. П. и др. Строение и никеленосность Кувалорогского базит-ультрабазитового массива. ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА. 2009. №6. С. 43-49.
2. Степанов В. А., Трухин Ю. П. О возрасте Шанучского медно-никелевого месторождения Камчатки. Доклады Академии наук. 2007. Т. 417 №. 1. С. 86-88.
3. Konnikov E. G. et al. Formation time of the Ni-bearing norite-cortlandite association of East Asia. *Geochemistry International*. 2006. Т. 44. №. 5. С. 516-521.

## ПЛАВЛЕНИЕ ХОЛОДНОЙ ПИРОКСЕНИТОВОЙ МАНТИИ ПОД ХРЕБТОМ КУМРОЧ (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

*Тобелко Д.П., Портнягин М.В., Краснова Е.А.*

Институт геохимии и аналитической химии им В.И.Вернадского РАН, Москва, Россия

[nazarovadariap@gmail.com](mailto:nazarovadariap@gmail.com)

Аннотация. Полученные данные позволяют оценить состав источника и температуры кристаллизации магм Кумроцкого вулканического комплекса (50-70 км от субдуцирующей плиты). Температуры кристаллизации магм не превышают 1150 °С для оливина Fo>89 и свидетельствуют о низкотемпературном типе мантийного источника. Предполагается образование серии магнезиальных пород хребта Кумроч в результате низкотемпературного плавления мантийного источника, представлявшего собой смесь перидотита и пироксенита.

Ключевые слова. Субдукция, Камчатка, термометрия, оливин, LA-ICP-MS

## MELTING OF COLD PIROXENITE MANTLE UNDER THE KUMROCH RIDGE (EASTERN KAMCHATKA)

*Tobelko D.P., Portnyagin M.V., Krasnova E.A.*

V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Moscow, Russia,

[nazarovadariap@gmail.com](mailto:nazarovadariap@gmail.com)

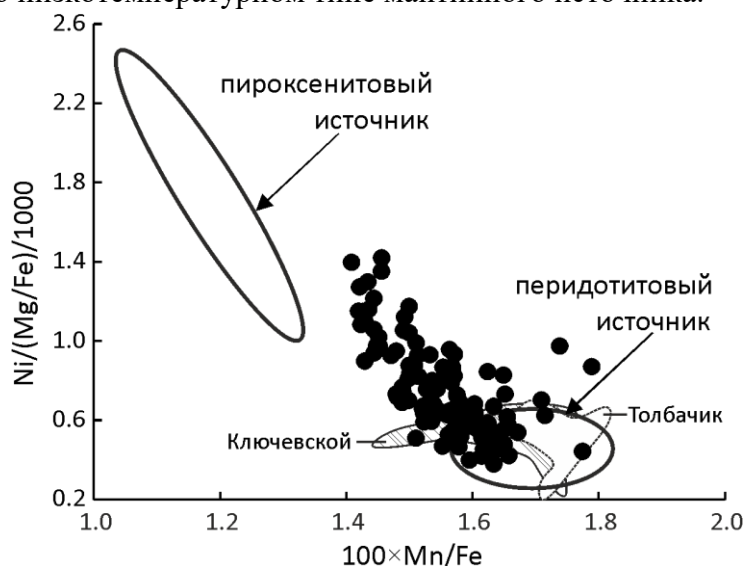
Abstract. The data obtained make it possible to estimate composition of source and crystallization temperature of Kumroch volcanic complex magmas (50-70 km from slab). Crystallization temperatures of magmas do not exceed 1150 °C for olivine Fo > 89 and indicate a low-temperature type of mantle source. The formation of magnesian rocks series of Kumroch Ridge is assumed as a result of low-temperature melting of mantle source, which was a mixture of peridotite and pyroxenite.

Key words. Subduction, Kamchatka, thermometry, olivine, LA-ICP-MS

В большинстве субдукционных зон область активного вулканизма располагается на расстоянии  $\geq 100$  км от сейсмофокальной зоны. Редким исключением из этого правила является Кумроцкий вулканический комплекс (Восточные конуса) на Восточной Камчатке [1], расположенный на аномально близком расстоянии от субдуцирующей Тихоокеанской плиты (50-70 км). Для объяснения этого необычного проявления молодого вулканизма предполагалось плавление пироксенитовой мантии, образованной при субдукции подводных гор под Камчатку [2].

Для точной характеристики состава источника и оценки температур кристаллизации магм 290 вкрапленников оливина и 116 включений хромистой шпинели из 6 образцов пород Кумроцкого комплекса были проанализированы на содержание главных и примесных

элементов методом высокоточной LA-ICP-MS (оливин) и электронного зонда (шпинель). Полученные данные показывают, что максимальное содержание Ni в оливине не превышает 5400 г/т, что несколько ниже, чем 6300 г/т по данным [2]. Тем не менее, эти концентрации остаются максимальными из известных для оливина из пород Камчатки. Характеристические отношения Ni/(Mg/Fe) и Mn/Fe варьируют в оливине от значений типичных для перidotитовых источников до типично пироксенитовых значений [3] (рис.1). Максимальный вклад пироксенитов установлен для высоко-магнезиального андезито-базальта с 55 мас.% SiO<sub>2</sub>, минимальный - для базальтов с SiO<sub>2</sub> < 52 мас.%. Оцененные температуры кристаллизации магм не превышают 1150 °С для оливина Fo>89 и свидетельствуют о низкотемпературном типе мантийного источника.



**Рисунок 1 - Состав вкрапленников оливина из 6 образцов пород Кумроцкого вулканического комплекса. Полями показаны составы оливинов, кристаллизующихся из магм, имеющих перidotитовый и пироксенитовый источники [3]. Для сравнения показаны данные для вулканов ЦКД-Ключевской [4] и Толбачик [5].**

Полученные данные позволяют предположить образование серии магнезиальных пород хребта Кумроч в результате низкотемпературного плавления мантийного источника, представлявшего собой смесь перidotита и пироксенита. Причиной плавления может быть необычно большой поток флюидов от субдуцирующей плиты в мантийный клин при субдукции подводных гор Императорской цепи под центральную Камчатку.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00529.*

#### Литература:

1. Успенский В.С., Шапиро М.Н. Позднечетвертичный ареальный вулканизм хребта Кумроч (Восточная Камчатка). Вулканология и сейсмология, 1984, № 3, с. 57-65.
2. Nishizawa E., Nakamura H., Churikova T., Gordeychik B., Ishizuka O., Haraguchi S., Miyazaki T. et al. Genesis of ultra-high-Ni olivine in high-Mg andesite lava triggered by seamount subduction. Scientific reports, 2017, V.7: 11515.
3. Sobolev A.V., Hofmann A.W., Kuzmin D.V., Yaxley G.M., Arndt N.T. et al. The Amount of Recycled Crust in Sources of Mantle-Derived Melts. Science, 2007, V. 316, p. 412-417.
4. Портнягин М.В., Миронов Н.Л., Назарова Д.П. (2017) Распределение меди между оливином и расплавленными включениями и ее содержание в примитивных островодужных магмах Камчатки. Петрология, 2017, 25 (4), с. 419-432.
5. Kamenetsky V.S., Zelensky M., Gurenko A., Portnyagin M., Egrig K., Kamenetsky M., Churikova T., Feig S. Silicate-sulfide liquid immiscibility in modern arc basalt (Tolbachik volcano, Kamchatka): Part II. Composition, liquidus assemblage and fractionation of the silicate melt. Chem. Geol., 2017, v.471, p. 92-110.



## ПЕТРОЛОГИЯ КСЕНОЛИТОВ ПИРОКСЕНИТОВ ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШПИЦБЕРГЕНА

*Токушева А.<sup>1</sup>, Корешкова М.Ю.<sup>1</sup>, Никитина Л.П.<sup>1,2</sup>, Даунс Х.<sup>3</sup>, Гончаров А.Г.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, 199034, Санкт-Петербург, Россия, [aizhantokusheva@gmail.com](mailto:aizhantokusheva@gmail.com)

<sup>2</sup>Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, 199034, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Биркбек, Университет Лондона, Лондон, Великобритания

Аннотация. Ксенолиты Grt-Spl-содержащих пироксенитов из кайнозойских базальтов Северо-Западного Шпицбергена характеризуются следующими условиями равновесия 990-1100 °С, 1,6-2,0 ГПа, что соответствует мантийным глубинам, но частично сохраняют первичные магматической гипидиоморфной структуре и ассоциации Spl-Орх-Срх. Пироксены представлены высокоглиноземистыми авгитом и диопсидом. Срх становится менее глиноземистым при одинаковом содержании Na в породах с гранобластовой структурой. Это указывает на то, что породы были метаморфизованы с образованием граната и изменением состава пироксенов.

Ключевые слова: петрология, пироксениты, мантия, Шпицберген.

## THE PETROLOGY OF PYROXENITE XENOLITHS FROM ALKALINE BASALTS OF THE ISLAND OF SPITSBERGEN

*Tokusheva A.<sup>1</sup>, Koreshkova M.Y.<sup>1</sup>, Nikitina L.P.<sup>1,2</sup>, Downes H.<sup>3</sup>, Goncharov A.G.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> St Petersburg State University, 199034 St Petersburg, Russia, [aizhantokusheva@gmail.com](mailto:aizhantokusheva@gmail.com)

<sup>2</sup> Institute of Precambrian Geology and Geochronology, RAS, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Birkbeck, University of London, London, UK

Abstract. Grt-Spl-pyroxenite xenoliths from Quaternary volcanoes of NW Spitsbergen, Svalbard Archipelago, equilibrated at mantle depths (990-1100 °C, 1.6-2.0 GPa) but partially preserved primary magmatic hypidiomorphic texture and Spl-Orx-Cpx association. Pyroxenes are high-aluminous. Cpx becomes less aluminous at similar Na content in granoblastic rocks. This points to that the rocks were metamorphosed with the formation of garnet and the change of pyroxenes compositions.

Key words: petrology, pyroxenites, mantle, Spitsbergen.

Исследование посвящено ксенолитам глубинных пироксенитов, которые были вынесены на поверхность щелочными базальтовыми магмами, зародившимися в мантии.

Мы получили новые данные о составе пород и минералов высокоглиноземистых пироксенитов, которые позволили нам иначе взглянуть на проблему происхождения данного типа пироксенитов.

Особенностями состава породообразующих минералов ксенолитов пироксенитов являются высокое содержание  $TiO_2 = 3,42-5,38$  в амфиболе, который представлен

керсутитом, и высокое содержание  $Al_2O_3$  в ортопироксене и в клинопироксене, представленном высокоглиноземистым авгитом и диопсидом (содержание  $CaO = 16,76-20,93$ ;  $MgO = 11,89-14,64$ ;  $FeO = 5,33-8,21$ ;  $Al_2O_3 = 5,58-10,62$ ;  $Na_2O = 0,36-1,86$  масс% в целом в клинопироксенах). Гранат относится к ряду пироп-альмандина и содержит 46-56% пироповой и 13-17 % гроссуляровой молекулы ( $MgO = 13,92-15,51$ ;  $FeO = 14,15-17,24$ ;  $CaO = 4,80-6,29$  масс%). Шпинель – герцинит ( $Al_2O_3 = 52,18-61,54$ ,  $Cr_2O_3 = 0,00-6,18$ ,  $FeO = 21,47-26,19$  масс%). Для всех минералов характерно низкое содержание  $Cr_2O_3$ .

Зерна граната окружены келифитовыми каймами, представленными агрегатом шпинели и ортопироксена (рис. 1). Келифитовые каймы по периферии и трещинам зерен граната могут указывать на быстрый подъем из глубинных зон. Для пироксенов характерны структуры распада твердых растворов, которые представлены пластинчатыми ламеллями или округлыми включениями.

Особенностью наших образцов является присутствие участков плавления на контакте граната и амфибола, в которых сохраняется свежее стекло. Карманы плавления содержат оливин, плагиоклаз, шпинель и карбонат. Содержание хрома в шпинели на участке карманов плавления имеет достаточно высокое ( $Cr_2O_3 = 0,76-6,18$  масс%) значение, у келифитовых кайм оно ниже ( $Cr_2O_3 = 0,57-1,22$  масс%), возможно, на участке карманов плавления происходило обогащение хромом. У зерен пироксена на участках плавления развивается реакционная кайма, пироксен становится менее натриевый.

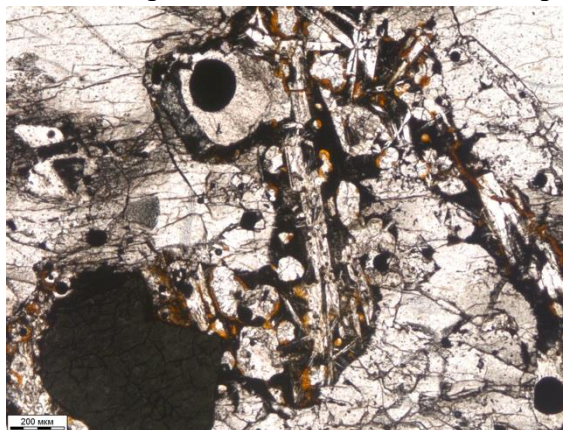


Рисунок 1 - Участки плавления. Шпинелевый клинопироксенит.

Все пироксениты претерпели различные преобразования: происходил распад твердых растворов в пироксенах, образовывались зоны перекристаллизации, развивались келифитовые каймы граната на границе шпинели и ортопироксенов.

Пироксениты были уравновешены при температуре и давлении, соответствующих мантийным условиям (990-1100 °C, 1,6-2.0 ГПа), но сохранили свидетельства наложенных и предшествовавших событий. Петрографические наблюдения и исследование состава минералов позволяют определить смену парагенезисов. Последним событием является частичное плавление с образованием карманов расплава. Этому событию предшествовало появление амфибола, вероятно, в результате метасоматоза. Распад твердых растворов пироксенов, возможно, предшествовал появлению амфибола, поскольку амфибол замещает ламелли распада в пироксенах. Метаморфизм с образованием граната был наложен на ассоциацию высокоглиноземистых пироксенов и шпинели как показывает изменение состава пироксенов. Исходный парагенезис был представлен пироксенами и шпинелью.

Поскольку породы обладают высоким содержанием  $Al_2O_3$  и  $MgO$  и высокой магнезиальностью при низком содержании  $Cr$  и  $Ni$ , они не могут представлять собой закристаллизовавшиеся расплавы, но могут быть метаморфизованными кумулятивными породами. Минеральная ассоциация  $Sp1\text{-}Orx\text{-}Crx \pm Grt, Amph$  и высокое содержание  $Al$  в пироксенах указывают на образование пироксенитов из водосодержащих базальтовых или андезитовых расплавов при давлении выше 1 ГПа как показывает сравнение с экспериментальными данными [1,2,3]. Для того, чтобы базальтовый расплав остановился и не достиг поверхности, и кристаллизация происходила при данной оценке давления (1.0-1.5 ГПа), необходим вышележащий слой пород с меньшей плотностью мощностью порядка 30-40 км.

Происхождение ксенолитов пироксенитов можно объяснить, как кумулятов, образовавшихся из базальтовых расплавов, кристаллизация которых происходила на глубинах более 30 км в пределах нижней коры зрелой островной дуги или активной континентальной окраины, но позднее пироксениты должны были быть погружены в литосферную мантию, например, в составе субдуцированной коровой пластины в ходе формирования Каледонского коллизионного пояса.

#### **Литература:**

1. Melekhova, E., Blundy, J., Robertson, R., Humphreys M. C. S., 2015. Experimental Evidence for Polybaric Differentiation of Primitive Arc Basalt beneath St. Vincent, Lesser Antilles. *Journal Petrology* 56, 161-192.
2. Müntener, O., Kelemen P. B., Grove T. L., 2001. The role of  $H_2O$  during crystallization of primitive arc magmas under uppermost mantle conditions and genesis of igneous pyroxenites: An experimental study. *Contrib. Mineral. Petrol.* 141. 643 – 658;
3. Pertermann M., Hirshmann M. M., 2003. Anhydrous Partial Melting Experiments on MORB-like Eclogite: Phase Relations, Phase Compositions and Mineral–Melt Partitioning of Major Elements at 2–3 GPa. *Journal Petrology* 44, 2173-2201.

## ВЕЩЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТОИДОВ ДОТУЛУРСКОГО МАССИВА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

*Тукусер В.И.<sup>1</sup>, Сасим С.А.<sup>1,2</sup> Андреева Ю.С.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

[sasimserg@mail.ru](mailto:sasimserg@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

Аннотация. Дотулурский массив является основной интрузией одоименного магматического комплекса, локализованного в пределах южной окраины Западно-Станового террейна. Установлено, что граниты массива представлены умеренно-щелочными лейкогранитами (преобладают), умеренно-щелочными гранитами и лейкогранитами, главными породообразующими минералами которых являются калиевый полевой шпат, кварц, альбит, эгирин и щелочной амфибол, биотит. Главным процессом дифференциации кислых расплавов, сформировавших гранитоиды Дотулурского массива является процесс фракционной кристаллизации.

Ключевые слова: гранитоиды, Дотулурский комплекс, Восточное Забайкалье, поздний мезозой, внутриплитовый магматизм.

## GEOCHEMICAL FEATURES OF DOTULUR GRANITE MASSIF (EASTERN TRANSBAIKALIA)

*Tucuser V.I.<sup>1</sup>, Andreeva Yu.S.<sup>1,2</sup>, Sasim S.A.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, [afanasevaus@mail.ru](mailto:afanasevaus@mail.ru)

<sup>2</sup> A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Irkutsk, Russia

Abstract. Dotulur massif is the main part of the Dotulur igneous complex, located within the southern margin of the West-Stanovoy terrane. It is established that the granites of the massif are represented by subalkaline leucogranites (predominate), subalkaline granites and leucogranites. K-feldspar, quartz, albite, aegirine and alkaline amphibole, biotite are rock-forming minerals of granitic rocks. Fraction crystallization of silicic melt is main process forming the granitoids Dotulur massif.

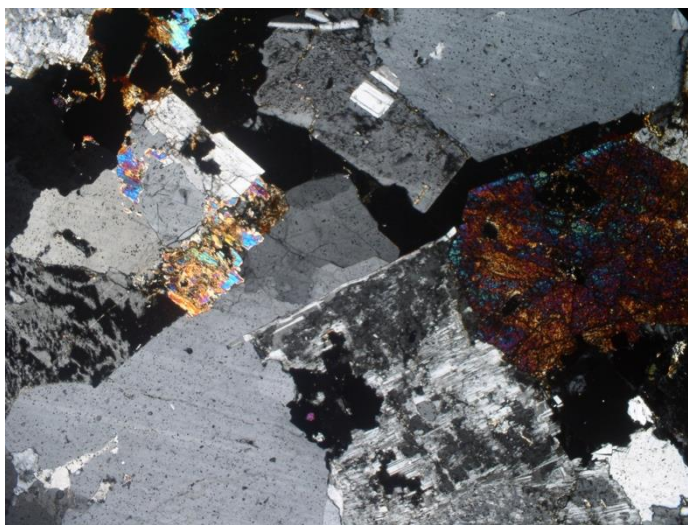
Key words: granites, Dotulur complex, Eastern Transbaikalia, Late Mesozoic, intraplate magmatism.

Гранитные породы являются одними из наиболее распространенных магматических пород, слагающих континентальную кору. Понимание генезиса и геодинамической позиции различных гранитных комплексов имеет исключительное значение, поскольку вносит важную информацию в расшифровку и понимание процессов корообразования. В региональном плане в Восточном Забайкалье процессы образования мезозойских

гранитоидов связываются либо островодужным магматизмом, либо с плавлением континентальной коры под воздействием прогрева поднимающихся мантийных магм.

Дотулурский комплекс расположен в пределах южной окраины Западно-Станового террейна к северу от Монголо-Охотского разлома, маркирующего одноименный орогенный пояс. Гранитоиды дотулурского комплекса широко распространены в пределах среднего течения реки Ульдурга и представляют совокупность малых и интрузивных тел и массивов изометрической и немного удлинённой формы. Общая площадь всех массивов дотулурского комплекса (включая массивы, локализованные на сопредельных территориях) составляет около 125 км<sup>2</sup>. Наиболее крупным телом дотулурского комплекса является одноименный массив, локализованный в центральной части рассматриваемой территории.

Центральные части массивов сложены равномернозернистыми, слабо порфиоровидными с гнездами пегматоидных, лейкократовыми гранитоидами, гранит и аплитами. По отношению к структурам вмещающих пород массивы гранитоидов комплекса занимают резко секущее положение. Согласно [1] комплекс сформировался в одну фазу внедрения и представлен мелко среднезернистыми биотитовыми субщелочными гранитами, щелочными лейкогранитами. Главными минералами гранитоидов Дотулурского массива являются калиевый полевой шпат (50-70 об. %), кварц (30-40 об. %) кислым плагиоклазом (альбитом) (10-15 об. %), эгирином и щелочным амфиболом, биотитом (рисунок 1). Суммарное количество темноцветных минералов (эгирина, щелочного амфибола и биотита) составляет от 2 до 4 об.%. В калиевом полевоом шпате интенсивно прослежены структуры распада в виде пертитов.



**Рисунок 1 - Микрофотография умеренно-щелочного лейкогранита Дотулурского массива. На фотографии отчетливо видно пертитовое строение калиевого полевого шпата (внизу справа), идиоморфный кристалл щелочного амфибола (справа), кварца (в верхней и нижней части фотографии), рудного минерала и биотита.**

Зернистость пород увеличивается от мелкозернистых разностей в периферийных областях до крупнозернистых к центральной части Дотулурского массива. В центральной части нередко наблюдаются миароловые полости небольших размеров (первые сантиметры до 10-15 см).

Согласно [1] с постмагматической деятельностью отдельных массивов дотулурского комплекса связываются альбититы, амазонитовые граниты с редкоземельным оруденением, реже грейзены, зоны окварцевания и кварцевые жилы с вольфрамом, флюоритовое

оруденение а также молибденовое оруденение. Возраст гранитоидов Дотулурского массива определен изотопным К-Аг методом по минералам – 145–160 млн лет и по породе – 144 млн лет [2].

Содержания в породах кремнезема варьирует от 69,8 до 78,4 мас. % при содержании суммы щелочей от 7,2 до 8,9 мас. %. При этом в содержание  $K_2O$  доминирует над  $Na_2O$ , выражаясь в значениях  $K_2O/Na_2O$  от 1,2 до 1,7.

Для классификации пород Дотулурского комплекса были использованы унифицированная TAS-классификация по [3]. Согласно классификации, исследуемые гранитоиды относятся к умеренно-щелочным гранитам, умеренно-щелочным лейкогранитам и лейкогранитам. Значение апаитности в гранитоидах составляет варьирует от 0,77-0,99, что также характеризует породы как умеренно-щелочные.

Гранитоиды Дотулурского массива характеризуются относительно высокими (для пород кислого состава) содержаниями оксида титана (0,1-0,5 мас. %), вариациями  $Al_2O_3$  в пределах 11,8-14,7 мас. %, общего  $Fe_2O_3$  – 0,9-2,8 мас. %,  $MgO$  – до 0,5 мас.%,  $CaO$  – 0,1-1,5 мас.%. Подобные вариации петрогенных оксидов напрямую связаны с особенностями и вариациями минерального состава гранитоидов, главным образом основных породообразующих минералов – калиевого полевого шпата и плагиоклаза (отражающих зависимость между  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$   $Na_2O$  и  $SiO_2$ ), кварца, эгирина и щелочного амфибола.

Между большинством петрогенных оксидов и кремнеземом наблюдается четко выраженная отрицательная корреляция. С одной стороны, это демонстрирует снижение содержаний компонентов в расплаве в ходе его эволюции и указывает на доминирующую роль процесса фракционной кристаллизации. С другой стороны, вариации состава гранитоидов могут быть связаны и с гравитационной дифференциацией легких минералов (в большей степени полевых шпатов) относительно магматического расплава. Кроме того, на вариацию состава гранитной магмы могли оказывать определенную роль летучие компоненты. Подобные процессы, в небольшой степени сопровождающие фракционную кристаллизацию, наиболее отчетливо прослеживаются в поведении  $Na_2O$  относительно увеличения кремнезема – отсутствие определенной корреляционной связи.

Следует отметить, что не наблюдается выраженной зависимости в распределении петрогенных компонентов от центральной к периферической части Дотулурского массива. Однако в отдельных случаях (в юго-западной части «апофизе» массива) наблюдаются наиболее низкие значения кремнезема и повышенные концентрации натрия, вероятно, свидетельствующие более выраженном влиянии вмещающих пород на кристаллизующийся магматический расплав.

Таким образом, гранитоиды Дотулурского массива представлены умеренно-щелочными лейкогранитами (преобладают), умеренно-щелочными гранитами и лейкогранитами, главными породообразующими минералами которых являются калиевый полевой шпат, кварц, альбит, эгирин и щелочной амфибол, биотит. Главным процессом дифференциации кислых расплавов, сформировавших гранитоиды Дотулурского массива является процесс фракционной кристаллизации.

#### Литература:

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации (третье поколение). Масштаб 1 : 1000 000. Лист N-50 –Сретенск. 2010.
2. Казимировский М. Э., Сандимирова Г.П., Банковская Э.В. Изотопная геохронология палеозойских гранитоидов Селенгино-Становой горной области. Геология и геофизика. 2002. Т. 43. № 11. С. 973–989.
3. Шарпенко Л. Н., Костин А.Е., Кухаренко Е.А. TAS-диаграмма суммы щелочей-кремнезем для химической классификации и диагностики плутонических пород. Региональная геология и металлогения.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ И ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА ВЕНД-НИЖНЕКЕМБРИЙСКИХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НЕПСКОГО СВОДА (СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)**

*Тумашов И.В.<sup>1</sup>, Шаваров Р.Д.<sup>2</sup>, Вараксина И.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

[ShavarovRD@ipgg.sbras.ru](mailto:ShavarovRD@ipgg.sbras.ru)

Аннотация. Рассмотрены состав, строение, обстановки осадконакопления и эпигенетические изменения ербогаченского, преобразженского и усть-кутского продуктивных горизонтов, вскрытых скважинами на территории Непского свода. Выявлены седиментационные и постседиментационные факторы, повлиявшие на формирование фильтрационно-емкостных свойств карбонатных коллекторов.

Ключевые слова: Сибирская платформа, Непский свод, карбонатные коллектора

**THE INFLUENCE OF SEDIMENTATION AND POSTSEDIMENTATION ON THE CAVITY FORMATION OF VENDIAN-ERLYCAMBRIAN CARBONATE RESERVOIRS OF THE NEPA UPLIFT (EASTERN SIBERIA)**

*Tumashov I.V.<sup>1</sup>, Shavarov R.D.<sup>2</sup>, Varaksina I.V.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [ShavarovRD@ipgg.sbras.ru](mailto:ShavarovRD@ipgg.sbras.ru)

The composition, structure, depositional environments and epigenetic transformations of the erbogachen, preobrazhensk and ust-kut productive horizons in the Nepa upllift was considered. The influence of sedimentation and postsedimentation factors on the formation of reservoirs were identified.

Key words: Siberian Platform, Vendian, carbonate reservoirs

Углеводородные ресурсы Восточной Сибири в значительной степени связаны с карбонатными отложениями, из которых получены многочисленные промышленные притоки нефти и газа на целом ряде месторождений, в том числе и в пределах Непского свода. На сегодняшний день промышленная нефтегазоносность карбонатных коллекторов установлена в отложениях верхневендско–нижнекембрийского возраста. Объектом нашего исследования являются ербогаченский, преобразженский и усть-кутский продуктивные горизонты. Основные трудности в прогнозировании этих коллекторов связаны с неоднородной структурой и сильной изменчивостью пустотного пространства по латерали и вертикали, что обусловлено различиями в условиях седиментации и интенсивности постседиментационных процессов.

Изученные разрезы, согласно схеме Н.В.Мельникова [1] расположены в северной части Прилено-Непской фациальной зоны (ФЗ) и на границе с Ербогаченской ФЗ, на территории которой впервые был выделен *ербогаченский продуктивный горизонт*. Объему данного горизонта соответствует тирская свита верхнего венда, характеризующаяся неоднородным строением и изменчивой мощностью. Наблюдается увеличение мощности ербогаченского горизонта от 0 м на юге до 16 м на севере Верхнечонского месторождения и далее до 36 м на северо-западном склоне Непского свода. В начале тирского времени в результате крупной трансгрессии произошло углубление открытого шельфа, что привело к значительному сокращению поставки терригенного материала на юго-востоке Сибирской платформы. На территории Непского свода в этот период сформировалось палеоподняtie, на которое со стороны Предпатомского регионального прогиба наступало море [1]. Трансгрессивный тренд хорошо прослеживается в нижнем седиментационном цикле ербогаченского горизонта. В его основании залегают глинисто-алевритистые доломиты литорали, перекрывающиеся зернистыми отложениями крупной баровой системы, которая в дальнейшем подверглась кратковременному затоплению. Верхний седиментационный цикл начинается с восстановления барово-отмельных обстановок и характеризуется регрессивной направленностью. Условия седиментации на разных участках мелководного шельфа, окаймляющего Непскую палеовозвышенность, отличались. В районе Верхнечонского месторождения в условиях высокой гидродинамической активности среды шло образование оолитовых баров. Севернее, вероятно, в более умеренном волновом режиме, формировалась строматолитовая банка. В конце тирского времени обстановки баровых и строматолитовых построек сменились литоральными и супралиторальными.

*Преображенский продуктивный горизонт* выделен в основании катангской свиты верхнего венда и отличается относительно выдержанным строением и мощностью. На начальном этапе трансгрессии на приливно-отливных отмелях мелководного изолированного шельфа повсеместно накапливались сульфатно-карбонатно-глинистые осадки, сформировавшие реперную пачку в основании горизонта. По мере наступления моря при активном влиянии волнения и приливно-отливных течений произошло выдвигание пизолито-оолитовых баров, и до конца преображенского времени в районе Непского свода доминировали лагунно-баровые обстановки. Режим седиментации контролировался, по-видимому, колебаниями уровня моря. В результате его падений условия нормального морского бассейна сменялись лагунными с повышенной соленостью и накоплением гипсов и доломитов. С каждым последующим поднятием уровня происходило восстановление нормального морского режима и выдвигание баров. В дальнейшем в результате резкого углубления шельфа на всей рассматриваемой территории стали накапливаться глинистые отложения катангской и собинской свит.

*Усть-кутский продуктивный горизонт* выделен в объеме тэтэрской свиты, которая относится к нерасчленённым верхнему венду - нижнему кембрию и характеризуется сложным строением, подразделяясь на два нефтегазоносных пласта, разделенных глинисто-ангидрито-доломитовой пачкой (мощностью от 5 до 10 м). Формирование нижнего подгоризонта связано с выдвиганием баровой системы в пределы мелкого-среднего, частично изолированного шельфа и её дальнейшим развитием. На завершающей стадии, по-видимому, произошла кратковременная экспозиция баровых построек с частичным карстованием. Последовавшее далее быстрое углубление шельфа привело к накоплению относительно мощной преимущественно глинистой промежуточной пачки. Образование верхнего подгоризонта связано с очередной проградацией прибрежной баровой системы в



сторону моря. Резкое снижение содержания сульфатов в его составе свидетельствует об опреснении палеобассейна. В периоды обмелений на отмелях развивались маломощные постройки из пластовых и куполовидных строматолитов, а во время кратковременных затоплений бары перекрывались глинистыми осадками.

Периодическая смена обстановок осадконакопления обусловила циклическое строение рассматриваемых горизонтов. Нижние части циклов сложены глинисто-карбонатными породами мелкого-среднего шельфа или карбонатно-глинисто-сульфатными отложениями мелководных лагун и/или приливно-отливных равнин. Верхние части представлены образованиями барово-отмельных систем и строматолитовыми постройками. Седиментационная цикличность повлияла на распределение фильтрационно-емкостных свойств в каждом горизонте. Наиболее высокие значения пористости и проницаемости отмечаются в верхних, а минимальные – в нижних частях циклов.

Баровые отложения, представленные различными типами зернистых пород, а также строматолитовые образования в целом обладали хорошей седиментационной пористостью. Вместе с тем, изучение пустот в коллекторах показало, что постседиментационные процессы сильно изменили их структуру и объем [2]. Согласно проведенным исследованиям, именно эти породы подверглись интенсивной перекристаллизации, которая в значительной мере сократила первичное поровое пространство. Кроме того, еще на стадии диагенеза часть пор была заполнена сульфатами [3]. Последующее выщелачивание остаточных седиментационных пустот и мелких пор перекристаллизации вновь улучшило их емкостной потенциал. Основную роль в коллекторах стали играть поры и каверны растворения, развивающиеся не только по имеющимся пустотам, но также трещинам и стилолитам. Однако, внедрение траппов обусловило перераспределение сульфатно-галогенного вещества по разрезу. Поскольку на территории Непского свода пластовые интрузии расположены намного выше изучаемого уровня, то основным фактором засоления нижележащих пород, по-видимому, было не тепловое воздействие, а образование разломов, связанных с внедрением магмы под давлением [4]. В результате нисходящей фильтрации рассолов, наиболее активной в зонах разрывных нарушений [3], большая часть порового пространства была заполнена ангидритом и галитом. Примером, подтверждающим эту гипотезу, являются изученные авторами разрезы на северо-западном склоне Непского свода. В скважине, расположенной в приразломной зоне, в результате интенсивной ангидритизации практически полностью было уничтожено открытое поровое пространство в ербогаченском горизонте и существенно сокращено в преображенском и усть-кутском горизонтах. В скважине, находящейся на удалении от разрывных дислокаций, пористость во всех рассматриваемых горизонтах значительно выше.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00446*

#### **Литература:**

1. Мельников Н.В. Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы. Новосибирск. Изд. СО РАН. 2009. 245.
2. Варакина И.В., Хабаров Е.М. Литология карбонатных продуктивных горизонтов венда центральной части Непско-Ботуобинской антеклизы. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2015. № 3. С.54–63.
3. Вожов В.И., Чернова Л.С. Вторичное минерал образование в венд-нижнекембрийских отложениях Непско-Ботуобинской антеклизы. Геология нефти и газа. 1999. № 11-12. С.41-49
4. Анциферов А.С. Метаморфизм рассолов и засоление коллекторов нефти и газа Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Геология и геофизика. 2003. №16. С.499-510.

## ВЫДЕЛЕНИЕ РОЕВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПРИАМУРЬЕ

*Тусикова С.А.*

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск, Россия,  
[svetabon@list.ru](mailto:svetabon@list.ru)

Аннотация. Были выделены роевые последовательности землетрясений в Приамурье посредством программной среды MatLab, проанализировано их расположение относительно геологических структур, выявлена связь повышенной активности роёв с расположением их гипоцентров в осадочных бассейнах. Выявлены рои с главными событиями.

Ключевые слова: сейсмичность, землетрясения, рои землетрясений, Приамурье

### EXTRACTION OF EARTHQUAKE SWARM SEQUENCES IN PRIAMURYE

*Tusikova S.A.*

Yu. A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics FEB RAS, Khabarovsk, Russia,  
[svetabon@list.ru](mailto:svetabon@list.ru)

Abstract. Earthquake swarm sequences in Priamurye were identified using the MatLab software, their location relative to geological structures was analyzed, the relationship between the increased activity of swarms and the location of their hypocenters in the sedimentary basins was revealed. Swarms containing major events were identified.

Key words: seismicity, earthquakes, earthquake swarms, Priamurye

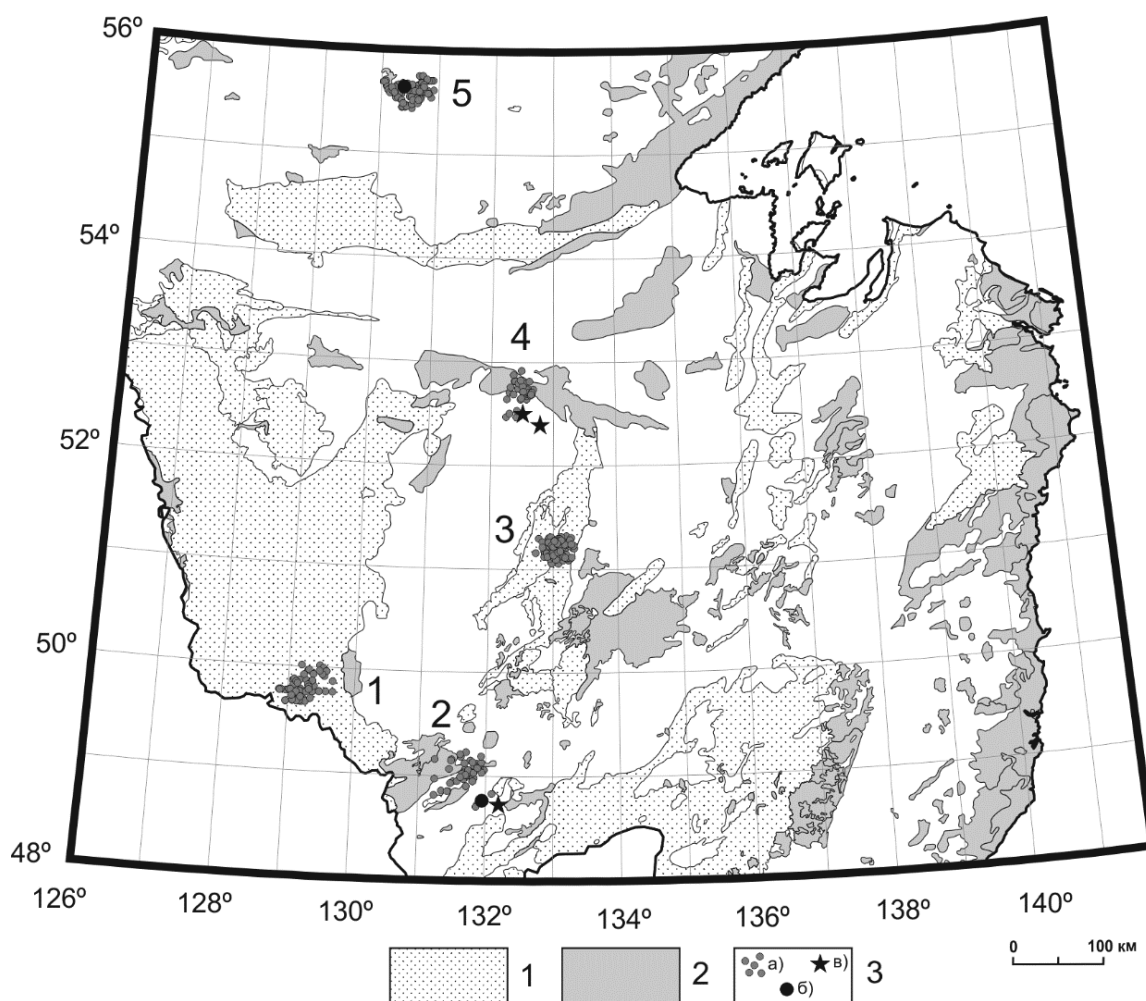
Рои землетрясений представляют особый интерес, поскольку они, вероятно, являются результатом физических изменений в земной коре, таких как медленное перемещение по разлому или миграция флюидов [9]. По мнению некоторых авторов [8], рои землетрясений также могут являться предвестниками сильных землетрясений, однако в некоторых случаях это предположение не подтверждается.

Чаще всего рои встречаются в структурах, где действует режим горизонтального напряжения-растяжения [1, 5], и возникают на глубинах до 40 км [1, 6]. Некоторые авторы связывают возникновение роёв с диффузией флюида в сложной структуре нарушений сейсмогенной зоны [4]. Также рядом авторов отмечается, что рои преимущественно приурочены к областям гранитных массивов [5, 7].

На территории Приамурья выделяются 5 зон концентрации землетрясений (центры скоплений: 1 – 49.8° с.ш. 129.5° в.д.; 2 – 49° с.ш. 131.7° в.д.; 3 – 51.1° с.ш. 133° в.д.; 4 – 52.6° с.ш. 132.5° в.д.; 5 – 55.6° с.ш. 130.6° в.д.), максимальная активность которых приходится приблизительно на одно и то же время — с 1980 по 2002 годы.

Для определения роёв землетрясений были использованы параметры, выделенные в работе [8]: расстояние между эпицентрами землетрясений  $L \leq 10'$  в угловой мере, максимальное время между событиями  $0 < T \leq 26$  дней. Учитывались рои с количеством событий от 5 и больше. Для данной территории, характеризующейся умеренной сейсмичностью, было установлено отсутствие афтершоков, поэтому предварительная обработка каталога не требовалась. Расчёт производился посредством программной среды MatLab.

Всего было выделено 38 роёв (6 в первой группе, 9 во второй, 7 в третьей, 6 в четвёртой и 10 в пятой). Местоположения выявленных роёв представлены на рисунке 1. Из общего количества событий для каждой зоны соотношения землетрясений с роями составили 39%, 13%, 47%, 11% и 20% соответственно.



**Рисунок 1 – Расположение роёв землетрясений.**

**Обозначения: 1 – рифтогенные впадины; 2 – вулканические образования; 3 – землетрясения: а) рои, б) главные события в рое, в) землетрясения вне роя.**

Рои в первой и третьей зонах расположены вблизи Амуро-Зейского и Буреинского осадочных бассейнов соответственно. В обоих случаях рои характеризуются преимущественно субширотной направленностью, в этих же зонах была наибольшая роевая активность (в первой зоне 31 событие в период с 12 января по 20 апреля 1981 года, в третьей зоне 59 событий в период с 18 апреля 2000 года по 10 июня 2001 года и 42 события в период с 25 января 2001 года по 3 сентября 2002 года). В остальных зонах количество

землетрясений в рое не превышало 15 событий, эпицентры коррелируют с местоположением вулканических образований, а направленность роев имеет различную ориентировку: во второй зоне северо-восточную, в четвёртой — субмеридиональную, в пятой — северо-восточную и северо-западную.

Чаще всего рои землетрясений имеют низкие магнитуды, однако некоторые сопровождаются главными событиями как перед началом роя [3], так максимальный толчок может быть и в середине роя [2]. Во второй и пятой зонах выделяются рои с главным событием: в первом случае главное событие произошло непосредственно перед началом роя ( $M = 4.5$ , 17 июля 1990 года), во втором случае — в середине активности ( $M = 4.8$ , 02 декабря 1999 года). При этом магнитуды большей части землетрясений находятся в пределах от 1.5 до 2.5.

Следует отметить, что во второй зоне происходило сильное историческое (1907 год) землетрясение с  $M = 5.2$ , а также в четвёртой зоне в 1985 и 1987 годах произошли землетрясения с  $M = 5.2$  в периоды отсутствия роевой активности.

Таким образом, можно предположить, что рои землетрясений приурочены к областям вулканических образований и осадочных бассейнов, причём в зонах последних наблюдается повышенная роевая активность.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ 16-17-00015.*

#### **Литература:**

1. Зобин В. М., Иванова Е. И. Роевые серии землетрясений Камчатско-Командорского региона. Вулканология и сейсмология. 1993. № 2. С. 80–97.
2. Козьмин Б.М., Михайлова Р.С. Нюкжинский рой и его максимальный толчок 16 марта 2011 г. с  $K_p = 13.5$ ,  $M_w = 5.1$ ,  $I_0 = 7$  (Южная Якутия). Землетрясения Северной Евразии. 2011 г. Обнинск. 2017. С. 345–350.
3. Левина В.И., Иванова Е.И., Гусев А.А. Рой землетрясений на Камчатке с основным событием 21 июня 1996 года ( $MW = 6.8$ ). Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. М.: ГС РАН, 2002. С. 138–143.
4. Потанина М.Г., Смирнов В.Б., Бернар П. Особенности развития сейсмической роевой активности в Коринфском рифте в 2000–2005 гг. Физика Земли. 2011. № 7. С. 54–66.
5. Радзиминович Н.А., Очковская М.Г. Выделение афтершоковых и роевых последовательностей землетрясений Байкальской рифтовой зоны. Геодинамика и тектонофизика. 2013. Т. 4, № 2. С.169–186.
6. Славина Л. Б., Левина В. И., Бабанова Д.Н. Особенности возникновения и распределения роевых последовательностей землетрясений в сейсмоактивной зоне в акватории Тихоокеанского побережья Камчатки. Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды второй региональной научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 11–17 октября 2009 г. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2009. С. 151–155.
7. Турутанов Е.Х. Состав и морфология крупных плотностных неоднородностей земной коры – фактор влияния на сейсмическую активность. Отечественная геология. 2012. № 3. С. 66–72.
8. Чалова В.С., Литовченко И.Н. Особенности распознавания, возникновения и распределения роевых последовательностей землетрясений в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий. <http://technic.itizdat.ru/docs/litira/FIL14188833410N251202001/6>
9. Zhang Q., Shearer P.M. A new method to identify earthquake swarms applied to seismicity near the San Jacinto Fault, California // Geophysical Journal International. 2016. Vol. 205. PP. 995–1005.

**ДИСПЕРСНЫЕ СВОЙСТВА И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АЭРОЗОЛЬНЫХ  
ЧАСТИЦ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРИЩ И ОКРУЖАЮЩИХ  
ТЕРРИТОРИЙ**

*Украинцев А.В.*

Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия,  
[ukraintsev@ginst.ru](mailto:ukraintsev@ginst.ru)

В течение нескольких лет после прохождения огня, лесные пожарища поставляют в атмосферу пылевые частицы различных фракций, образующиеся в результате механического разрушения пирогенно поврежденной растительности. Исследования снежного покрова на пожарищах и окружающих территориях позволили установить их структуру и химический состав. Около 80% от общего количества представлено тонкодисперсными (до 2 мкм) частицами. По своему составу это преимущественно продукты термического разложения биомассы – сублимированные во время пожара органические вещества, либо сажа.

Ключевые слова: лесные пожарища, аэрозольные частицы, снежный покров

**DISPERSE PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF AEROSOL  
PARTICLES IN THE SNOW COVER OF BURNT FOREST AREAS AND  
SURROUNDING TERRITORIES**

*Ukraitsev A.V.*

Geological institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia, [ukraintsev@ginst.ru](mailto:ukraintsev@ginst.ru)

Within a few years after the passage of fire, burnt forest areas supply to the atmosphere aerosol particles of various fractions, formed as a result of mechanical destruction of pyrogenically damaged vegetation. Investigations of the snow cover in the burnt and surrounding areas made it possible to determine their structure and chemical composition. About 80% of the total amount is represented by finely divided (up to 2  $\mu\text{m}$ ) particles. In terms of composition, these are mainly products of thermal decomposition of biomass - organic substances sublimed during a fire, or a soot.

Key words: burnt forest areas, aerosol particles, snow cover

Во время лесного пожара, в результате сгорания лесных горючих материалов (древесина, кустарник, трава, мох, лишайник и т.д.), выделяются как газовые продукты горения, так и аэрозольные дымовые частицы. По оценкам исследователей, массовая доля аэрозольной эмиссии варьируется от 1-2 до 5-7% от количества сгоревшей биомассы, в зависимости от условий горения [1]. Кроме этого, участки, пострадавшие от крупных пожаров, в течение нескольких лет после прохождения огня поставляют в атмосферу частицы, образующиеся вследствие постепенного разрушения обугленной растительности.

Сибирский регион является одним из наиболее уязвимых с точки зрения лесопожарной безопасности [2]. Скорость восстановления сгоревших территорий не совпадает с темпами ежегодного пожарного повреждения, поэтому все большие участки леса занимают гари различных возрастов. Среди лесов бассейна оз. Байкал, наиболее высокие показатели фактической горимости фиксируются в центральных районах республики Бурятия. Зимой 2014-2015 года нами обследовались лесные участки в Заиграевском районе республики, поврежденные крупными пожарами в 2010, 2011 и 2014 годах, а также участки в зоне атмосферного переноса частиц. Это обеспечило возможность сравнить уровни загрязнения непосредственно на пожарищах различной давности и в зоне их атмосферного влияния. Снежный покров является хорошим индикатором поступления аэрозолей из атмосферы на подстилающую поверхность, он содержит в себе пылевые частицы, накапливающиеся с момента его образования до момента отбора пробы.

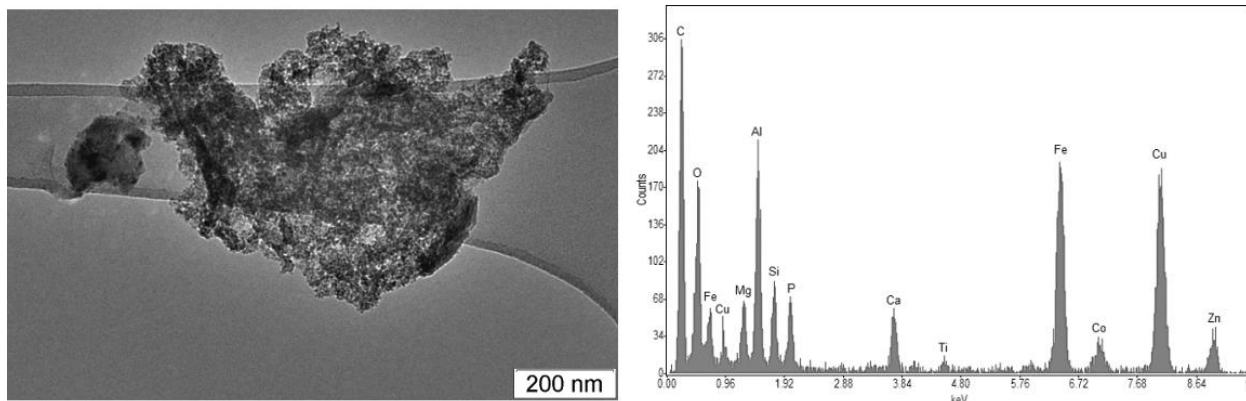
Лесные пожарища поставляют в окружающую среду нерастворимые дисперсные частицы различного состава и структуры. Увеличенные показатели их общей массы в снеге, отобранном на пожарищах, по сравнению с показателями зоны атмосферного переноса, подтверждают влияние последствий пожаров на их накопление. Масса взвешенных частиц в образцах снежного покрова, отобранных на свежих пожарищах, в среднем достигает 10,8 г на 1 м<sup>3</sup> снега. На всех исследованных нами участках около 80% количества аэрозольных частиц представлены субмикронной и околмикронной (до 2 мкм) фракцией. Эти тонкодисперсные частицы преимущественно состоят из сублимированного во время пожара органического вещества [1;3] и способны активно мигрировать из зоны пожарища в области его атмосферного влияния. Дисперсные частицы более крупных фракций имеют свойство накапливаться непосредственно в зоне пожарищ.

Для выяснения химического состава полученных частиц в зависимости от их морфологии использовался метод энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX-элементного анализа). В образцах, отобранных непосредственно на пожарищах, в большом объеме представлены различного вида углеродистые частицы – от субмикронных конденсированных фракций до относительно крупных крупинки пирогенно поврежденного растительного материала. В снежном покрове также присутствуют включения минерально-почвенного происхождения, которые вовлекаются пожаром в интенсивную миграцию, они содержат Si, Al, Fe, Cu, Zn и другие элементы.

Снимок частицы субмикронного размера, характерной для снежного покрова лесного пожарища, сделанный с помощью электронного микроскопа, приведен на рис. 1. Энергодисперсионный спектр показывает, что в своем составе она содержит, наряду с углеродом, ряд других химических элементов, в том числе тяжелые металлы (Fe, Co, Cu, Zn). Эти элементы в составе подобных аэрозольных частиц в течение нескольких лет после прохождения огня вовлекаются в активную миграцию за пределы пожарищ.

Максимальное количество частиц всех размеров фиксируется на пожарищах годового возраста. Этот факт вполне согласуется с данными о химическом составе снежного покрова на пожарищах, максимальные концентрации растворенных веществ в талой снеговой воде наблюдаются в первый год после прохождения пожара [4].

Большое количество дисперсных частиц, в особенности околмикронной фракции, обнаруженных в снежном покрове на лесных пожарищах и в зоне их атмосферного влияния, говорит о высокой экологической опасности, которую представляют поврежденные огнем участки леса.



**Рисунок 1 – Снимок аэрозольной частицы, характерной для снежного покрова лесных пожарищ, и ее энергодисперсионный спектр**

*Работа выполнена при поддержке Фундаментального базового проекта № 0340-2016-0006.*

#### **Литература:**

1. Самсонов Ю.Н., Попова С.А., Беленко О.А., Чанкина О.В. Химический состав и дисперсные характеристики дымовой аэрозольной эмиссии от пожаров в бореальных лесах Сибири. *Оптика атмосферы и океана*. 2008. Т.21. №6. С.523–531.
2. Щербов Б.Л., Лазарева Е.В., Журкова И.С. *Лесные пожары и их последствия*. Новосибирск. Изд-во «ГЕО». 2015. 154 с.
3. China S., Mazzoleni C., Gorkowski K., Aiken A.C., Dubey M.K. Morphology and mixing state of individual freshly emitted wildfire carbonaceous particles. *Nature Commuications*. 2013. 4:2122. doi: 10.1038/ncomms3122.
4. Украинцев А.В., Плюснин А.М., Жамбалова Д.И. Использование химического состава снега для оценки долгосрочного влияния лесных пожаров на экологическое состояние территорий. *Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология*. 2016. №2. С.56-62.

**РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb ДАТИРОВАНИЯ ЦИРКОНОВ ИЗ ПИРОКЛАСТИЧЕСКИХ ПОРОД СИНХРОННЫХ С ЩЕЛОЧНЫМ МАГМАТИЗМОМ ПОЗДНЕГО РИФЕЯ БИРЮСИНСКОГО ПРИСАЯНЬЯ**

*Федерягина Е.Н.<sup>1</sup>, Иванов А.В.<sup>1,2</sup>, Прошенкин А.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет», Иркутск, Россия  
[katerinka19.85@mail.ru](mailto:katerinka19.85@mail.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Аннотация. В осадочной последовательности позднего докембрия юго-западной части Сибирской платформы в пределах Бирюсинской глыбы установлен горизонт щелочной пирокластике. На основе U-Pb датирования цирконов в них установлен эпизод проявления щелочного вулканизма на рубеже 640 млн лет, который протекал синхронно со становлением магматических комплексов в пределах юго-востока этой структуры - карбонатитами Белозиминского комплекса и ийолиты Жидойского комплекса.

Ключевые слова: пирокластике, цирконы, Бирюсинское Присяянье, поздний рифей.

**THE RESULTS OF U-Pb ZIRCON DATING FROM PYROCLASTIC ROCKS FORMING SYNCHRONOUS WITH NEOPROTEROZOIC ALKALINE MAGMATISM OF BIRYUSA PRISAYANIE**

*Federyagina E.N.<sup>1</sup>, Ivanov A.V.<sup>1,2</sup>, Proshenkin A.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Irkutsk State University, Irkutsk, Russia  
[katerinka19.85@mail.ru](mailto:katerinka19.85@mail.ru)

<sup>2</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Abstract. In the Late Precambrian sedimentary sequences located the South-Western part of the Siberian platform within Biryusinskaya blocks the horizon alkaline pyroclastics are determined. U-Pb zircons dating allow us identify episode occurrences of alkaline volcanism 640 MA ago. Beloziminskiy carbonatites and Jidoyskiy iolites complexes located within Biryusinskiy block are formed the same period and suggesting they were the source of pyroclastics.

Key words: Pyroclastic rocks, zircons, Biryusa Prisayanie, Neoproterozoic

В пределах Сибирской платформы широко проявлены калиево-щелочные комплексы с лампроитами и карбонатитами. Как правило, они приурочены к глубинным рифтовым зонам фундамента платформы и представлены крупными очагами щелочного магматизма, Яркими примерами которых служат ультракалиевый Сыннырский плутон (площадью 600 км<sup>2</sup>, содержания К<sub>2</sub>О в сынныритах до 19 мас. %), самый К-агпаитового вулканоплутон – Мурунский (площадь 150 км<sup>2</sup>, коэффициент агпаитности от 1.5 до 10),



щелочно-ультраосновной с карбонатитами Гулинский массив (площадь 3000 км<sup>2</sup>), самый редкометалльный щелочной карбонатитовый Томторский вулканоплутон (площадь 250 км<sup>2</sup>) [1]. На юге Сибирской платформы наиболее высокая активность калиевого ультраосновного и щелочного магматизма проявилась в позднем докембрии в пределах северо-западной части Урикско-Ийского грабена и выразилась в становлении одновременно с кимберлитами дайковых тел и диатрем слюдяных пикритов, альнеитов, оливинных мелилититов, лимбургитов и дамкьернитов [2]. К этому этапу тектономагматической активизации приурочены карбонатиты Белозиминского комплекса и ийолиты Жидойского массива. Столь широкое проявление щелочного магматизма и вулканизма в пределах юга и юга-запада Сибирской платформы связывают с распадом суперконтинента Родинии в позднем докембрии в интервале 700-600 млн лет [3]. В это время (630-725 млн лет), вдоль края отделившегося Сибирского континента, сформировались рудоносные карбонатитовые и базит-ультрабазитовые магматические комплексы, которые рассматриваются как производные мантийного суперплюма, расколовшего суперконтинент [4]. Столь глобальные плутонические и связанные с ними вулканические события не могли не оставить свой след в осадочной летописи позднего докембрия Сибирской платформы.

На основе петрографических и минералогических исследований нами [5,6] на юге Сибирской платформы в структуре позднедокембрийской осадочной последовательности Бирюсинской глыбы выявлены горизонты щелочной пирокластике, для которых характерны аномально высокие для осадочных пород содержаниях К<sub>2</sub>О от 7 до 12 мас.% при практически полном отсутствии Na<sub>2</sub>O, менее 0,2 мас. % и низких концентрациях SiO<sub>2</sub>. Для всех изученных пород отмечено преобладание калиевых полевых шпатов над кварцем (данные рентгенофазового анализа КПШ 45-50%, Q 10-35%), что и определяет их розово-красную окраску. Плагиоклазы среди обломков не обнаружены. Изученные породы представляют собой пирокластические разности, где в раскристаллизованной афанитовой калевопалевошпат-слюдистой массе с мелким рутилом и магнетитом и крупными идиоморфными кристаллами доломита с высоким анкеритовым миналом находятся крупные идиоморфные кристаллы КПШ с повышенными содержаниями Ва и акцессорные минералы - апатит (часто фторапатит), циркон с высокими концентрациями Th, рутил, магнетит, моноцит и другие редкоземельные минералы. Встречаются футлярные минералы, где в центре находится высокобариевый КПШ, в середине редкоземельный фторапатит, в кайме простой апатит. Подобный минеральный состав указывает на то, что эти породы являются продуктами трахитового вулканизма.

В коренном обнажении в левом притоке реки Уват была взята проба грубозернистой красноцветной породы с вышеприведенным минеральным составом для проведения U-Pb датирования цирконов методом LA ICP-MS. Изотопные исследования проведены в ГЕОХИ РАН. При катодоллюминесцентном изучении внутреннего строения продатированных цирконов преобладает осциляторная зональность характерная для магматических и вулканических пород. На основе U-Pb датирования цирконов из высококалиевых пород было выделено несколько разновозрастных популяций цирконов. Основная популяция цирконов (40 зерен) имеет возраст в интервале 630-650 млн лет и представлена зернами только с осциляторной зональностью. Средневзвешанное значение для цирконов этой популяции составляет 640±2,4 млн лет. Незначительно представлена популяции цирконов более древнего неопротерозоя около 720 млн лет (7 зерен). Присутствует несколько зерен с осциляторной зональностью с возрастом 1,0-1,1 млрд лет. Представительна популяция

палеопротерозоя цирконов с возрастом 1,8-1,96 млрд лет и единичными зернами в 2,5 млрд лет, в основном, с неясной, пятнистой или секторальной структурами зерен. Два зерна имеют архейский возраст – 2,67 и 3,4 млрд лет.

Таким образом, возраст этих вулканических образований определен в интервале 630-650 млн лет. Более древние цирконы являются ксеногенными и отражают возраст магматических и метаморфических пород слагающих в этом районе фундамент Бирюсинского выступа Сибирской платформы. Возрастной интервал доминантной популяции цирконов в 630-640 млн лет в пределах Бирюсинского Присяянья установлен также для пород Белозиминского карбонатитового комплекса и ийолитов Жидойского массива [3]. Это указывает на связь проявления эпизода изученной нами прирокластичности с одновозрастными глубинными магматическими событиями щелочной специализации в южной части Сибирской платформы. Следует отметить, что для песчаников ордовика и девона в пределах Бирюсинской глыбы выявлен пик с возрастом 630 млн лет на основе датирования цирконов [7]. Это указывает на значительное участие позднерифейских пород этого возраста в пределах питающих провинций.

Таким образом, в результате U-Pb датирования цирконов методом LA ICP-MS из красноцветных высококалиевых пирокластических пород щелочной специализации установлена синхронность в проявлении обширного трахитового вулканизма и щелочного магматизма в пределах Бирюсинского выступа Сибирской платформы на рубеже 640 млн лет.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 18-05-00604.*

#### **Литература:**

1. Владыкин Н.В. Петрология калиево-щелочных лампроит-карбонатитовых комплексов, их генезис и рудоносность. Геология и геофизика. Т.50. №12. С. 1443–1455.
2. Егоров К.Н., Киселев А.И., Меньшагин Ю.А., Минаева Ю.А. Лампроиты и кимберлиты Присяянья: состав, источники, алмазоносность. Доклады Академии наук. 2010.Т. 435,. Т.6, С. 791–797.
3. Ярмолук В.В., Коваленко В.И., Сальникова Е.Б., Никифоров А.В., Котов А.Б., Владыкин Н.В. Позднерифейский рифтогенез и распад Лавразии: данные геохронологических исследований щелочно-ультраосновных комплексов южного обрамления Сибирской платформы. Доклады Академии наук. 2005. Т. 404. № 3. С. 400–406.
4. Кузьмин М.И., Ярмолук В.В. Мантийные плюмы Северо-Восточной Азии и их роль в формировании эндогенных месторождений. Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 2. С. 153–184.
5. Федерягина Е.Н., Летникова Е.Ф., Прошенкин А.И. Минеральный состав вендской щелочной прирокластичности Бирюсинского Присяянья. Вопросы естествознания. 2018. Т.1. С.141–148.
6. Летникова Е.Ф., Изох А.Э., Федерягина Е.Н., Прошенкин А.И., Вишневецкий А.В., Иванов А. В. Проблема диагностики продуктов щелочного вулканизма в осадочной летописи Сибирской платформы. Проблемы тектоники и геодинамики Земной коры и мантии. Материалы I Тектонического совещания. 2018. Т.1. С. 393–396.
7. Glorie S., De Grave J., Buslov M.M., Zhimulev F.I., Safonova I.Yu. Detrital zircon provenance of early Palaeozoic sediments at the southwestern margin of the Siberian Craton: Insights from U–Pb geochronology. Journal of Asian Earth Sciences/ 2014. V. 82. P.115–123.

**ИЗУЧЕНИЕ САЛАГАЕВСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА КОМПЛЕКСОМ  
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

*Федорова Т.А.<sup>1</sup>, Еделев А.В.<sup>2</sup>, Юркевич Н.В.<sup>2</sup>, Карин Ю.Г.<sup>2</sup>.*

<sup>1</sup>Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,  
Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

Аннотация. Актуальность исследований сульфидных отходов обусловлена экологическими рисками в связи с формированием кислого дренажа, распространяющего токсичные элементы на десятки километров от хранилищ, просачиванием поровых высокоминерализованных растворов в горизонт грунтовых вод, загрязнением почв и атмосферного воздуха за счет эолового сноса тонкоизмельченного материала хвостов [1]. Интерес к теме сульфидных отходов продиктован еще и перспективами извлечения из них ценных компонентов. [2] Одним из перспективных подходов к изучению состава хвостохранилищ и путей миграции дренажных растворов является применение геофизических методов. Электроразведка позволяет оптимизировать систему мониторинга хвостохранилищ, сократив число отбираемых проб для геохимических исследований, оценить ресурсы полезных компонентов и оконтурить зоны распространения подземных дренажных потоков [3]. В работе представлены предварительные результаты изучения отходов Салагаевского хвостохранилища Кемеровской области геофизическими методами.

Ключевые слова: электротомография, естественная поляризация, электромагнитное профилирование, геохимические методы.

**STUDY OF SALAGAEVSKY TAILINGS WITH A COMPLEX OF GEOPHYSICAL  
AND GEOCHEMICAL METHODS**

*Fedorova T.A.<sup>1</sup>, Edelev A.V.<sup>2</sup>, Yurkevich N.V.<sup>2</sup>, Karin Y.G.<sup>2</sup>.*

<sup>1</sup> Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup> A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

Annotation. The relevance of the studies of sulfide wastes is caused by environmental risks due to the formation of acid drainage, which spreads toxic elements tens of kilometers from storage facilities, seepage of pore high mineralized solutions into the groundwater horizon, pollution of soils and atmospheric air due to eolian drift of finely ground tail material [1]. Interest in the topic of sulfide wastes is also dictated by the prospects of extracting valuable components from them [2]. One of the promising approaches to studying the composition of tailing dumps and ways of migration of drainage solutions is the application of geophysical methods. Electro reconnaissance allows us to optimize the monitoring system for tailing dumps, reducing the number of sampled samples for geochemical studies, assessing the resources of useful components and contouring the distribution zones of underground drainage flows [3]. The paper presents preliminary results of studying the waste of the Salagaev tailing dump of the Kemerovo region by geophysical methods.

Key words: electro tomography, natural polarization, electromagnetic profiling, geochemical methods.

Салагаевское хвостохранилище расположено в непосредственной близости от города Салаир Кемеровской области. Хранилище отходов представляет собой гидроотвал.

Поскольку хвосты имеют сопротивление значительно ниже окружающих коренных пород, логично предположить, что методы электроразведки будут эффективны при оконтуривании области распространения и обнаружения возможных путей миграции стоков за пределы хранилищ. В данном случае были применены метод электротомографии, для оценки распределения вещества по глубине, метод частотного электромагнитного профилирования для изучения малоглубинного строения. Так же были проведены опытно-методические работы методом ЕП. Большая часть измерений проходила на площадке 50x50 метров.

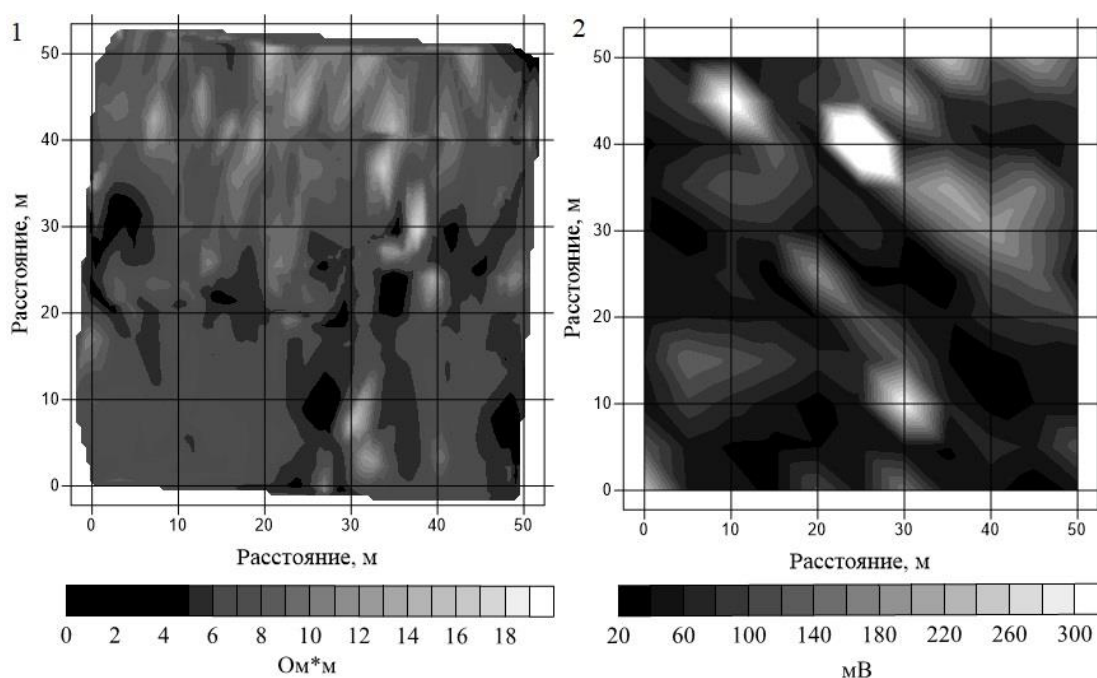


Рисунок 1 - 1) Распределение УЭС по исследуемой площади по результатам электромагнитного профилирования. 2) Карта распределения естественного потенциала.

В первую очередь была отснята площадка методом частотного электромагнитного профилирования (аппаратура ЭМС) (рис.1.1). Северная часть площадки имеет повышенное сопротивление, более 8 Ом·м, поскольку позже намытые отходы, расположенные в верхней части, имеют большее УЭС, однако мощность этих отходов к южной части площади снижается.

По данным площадной съемки ЕП (рис.1.2) были выявлены три аномальные зоны: на координатах (10, 45), (25, 40) и (30, 10). Предположительно наличие аномально высоких потенциалов в этом месте может быть связано с большей эманацией газов или с процессами происходящими непосредственно вблизи поверхности.

Также на данном участке проводилась суточная электротомография. В результате были построены 24 разреза: первый был сделан в 12:58 первого дня измерений, второй в 13:03 второго дня измерений. Установлено, что за сутки могут происходить небольшие

изменения в приповерхностной зоне разреза (до 1 м). Вдоль разреза появляются как высокоомные аномалии (70-100 Ом\*м), так и аномалии пониженного сопротивления (до 10-20 Ом\*м).

Полученные результаты позволяют судить о распределении вещества как по площади, так и по глубине. Площадные измерения УЭС и ЕП дают информацию о наличии активных зон. Мониторинг УЭС позволяет увидеть изменения в разрезе и выявить активные зоны, которые интересны для дальнейшего изучения, с целью определения природных процессов и влияния их на миграцию вредных веществ посредством эманации газов или дренирования растворов через тело хвостов.

#### **Литература:**

1. Nearing G. S. et al. Electromagnetic induction for mapping textural contrasts of mine tailing deposits. *Journal of Applied Geophysics*. 2013. V. 89. P. 11-20.
2. Yurkevich N.V., Saeva O.P., Karin Y.G. Geochemical anomalies in two sulfide-bearing waste disposal areas: Fe, Cu, Zn, Cd, Pb, and As in contaminated waters and snow, Kemerovo and Chelyabinsk regions, Russia. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 2015. V. 15. I. 1. P. 76-89.
3. Nordstrom D. K., Blowes D. W., Ptacek C. J. Hydrogeochemistry and microbiology of mine drainage: an update. *Applied Geochemistry*. 2015. V. 57. P. 3-16.

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ  
ОБЪЕКТА УЛУКОВЬЕ ГОМЕЛЬСКОГО РАЙОНА ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Федорский М.С.*

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Гомель, Республика  
Беларусь, [admiral\\_freedom@rambler.ru](mailto:admiral_freedom@rambler.ru)

Аннотация: В работе рассматриваются инженерно-геологические условия площадки под строительство многоквартирного дома расположенной на первой надпойменной террасе р. Ипуть, сложенной аллювиальными отложениями с включениями линз торфа.

Ключевые слова: аллювий, торф, фундамент, осадка

**ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF CONSTRUCTION SITE OBJECT  
OLUKOLE GOMEL DISTRICT, GOMEL REGION OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

*Fedorski M. S.*

Gomel state University named after Skorina, Gomel, Republic of Belarus,  
[admiral\\_freedom@rambler.ru](mailto:admiral_freedom@rambler.ru)

Abstract: the paper discusses the engineering-geological conditions of the site for the construction of an apartment building located on the first terrace above the floodplain of the Iput river, composed of alluvial deposits with inclusions of peat lenses.

Key words: alluvium, peat, Foundation, sediment

Согласно инженерно-геологической карте Республики Беларусь, изучаемый участок относится к перигляциальной формации поверхностных отложений. Строительная площадка приурочена к аллювиальному фациально-генетическом комплексу (а<sub>1</sub>Q<sub>3pz</sub>). Инженерно-геологические условия следует рассматривать как сложную, многофакторную, изменяющуюся во времени систему, состояние которой определяется как геолого-структурными, так и климатическими условиями изучаемой площадки [1, с. 11].

Эта система включает в себя пять составляющих, которые называются факторами инженерно-геологических условий.

**Геологическое строение.** В разрезе строительной площадки в пределах глубин до 12,0 м установлены следующие отложения:

Голоцен. Судобльский горизонт (аQ<sub>4sd</sub>)

Растительный слой мощностью 0,3 м.

Верхний плейстоцен. Поозерский горизонт (аQ<sub>3pz</sub>)

Аллювиальные отложения представлены песками пылеватыми, средними, мелкими, супесями, суглинками, торфами. Цвет отложений серый. Вскрытая мощность отложений от 6,5 до 11,7 м.

### Олигоцен. Харьковская свита (Р<sub>3</sub>hr)

Отложения представлены алевритами. Цвет зеленый. Вскрытая мощность от 1,4 до 5,2 м.

**Геоморфология участка и современные геологические процессы.** Площадка приурочена к первой надпойменной террасе реки Ипуть поозерско-голоценового возраста (a<sub>1</sub>Q<sub>3</sub>pz). Рельеф площадки ровный. Абсолютные отметки устьев буровых скважин колеблются от 124,12 м. до 124,90 м. Разность высот составляет 0,78 м. Условия поверхностного стока удовлетворительны. Неблагоприятные геологические процессы не установлены.

**Гидрогеологические условия.** На участке изысканий грунтовые воды вскрыты на глубине 1,1-1,7 м, что соответствует абсолютным отметкам 122,68-123,30 м. Источник питания – атмосферные осадки.

В период обильного выпадения осадков и весеннего снеготаяния возможен подъем уровня подземных вод на 0,5 м.

По данным химического анализа и на основании СНИП 2.03.11-85 подземные воды по отношению к бетону марки W4 – неагрессивны (бетон марки W4 выделяется по степени водонепроницаемости, способен выдерживать давление воды до 0,4 МПа) [1, с. 5].

**Мерзлотные условия.** Площадка относится к южной зоне развития сезонномерзлых грунтов

Участок изысканий расположен в климатической зоне, где нормативная глубина сезонного промерзания 1,23 м (П9-2000 к СНБ 5.01.01-99) [1, с. 8].

В соответствии с ГОСТ 20522-96, СТБ 943-2007 и ТКП 45-5.01-15-2005 выделены инженерно-геологические элементы:

**ИГЭ-1. Торф** черный хорошо разложившийся залегает в виде слоя мощностью 1,1 м в интервале 7,8 - 9,0 м. Встречен в скважинах № 20, 21. Коэффициент пористости по данным лабораторных исследований колеблется в пределах 2,19 - 5 ( $e = 3,3$ ). Угол внутреннего трения,  $\varphi = 21^\circ$ , удельное сцепление,  $C = 0,04$  МПа. Нормативные и расчетные значения деформационных характеристик даны на основании ранее выполненных изысканий на смежном участке, объект № 60/09 (арх № 6379). Модуль деформации,  $E = 3,0$  МПа.

**ИГЭ-2. Песок средний средней прочности** залегает в виде слоя мощностью от 1,4 до 6,9 м в интервале 2,0 - 9,8 м. Коэффициент фильтрации колеблется в пределах 1,13 - 1,84 (среднее значение - 1,37) м/сутки. Нормативные значения плотности грунта получены расчетным путем при  $e = 0,62$  и  $W = 22,8$  %.

**ИГЭ-3. Песок мелкий маловлажный** залегает в виде слоя мощностью от 1,2 до 11,1 м в интервале 0,3 - 12 м. В естественных условиях находится в маловлажном состоянии. Коэффициент пористости по данным лабораторных исследований колеблется в пределах 0,64 - 0,66 ( $e = 0,66$ ). Коэффициент фильтрации колеблется в пределах 3,25 - 4,12 (среднее значение - 3,85) м/сут.

**ИГЭ-4. Песок пылеватый маловлажный средней прочности** залегает в виде слоя мощностью от 0,6 до 1,5 м в интервале 0,3 - 1,8 м. В естественных условиях находится в маловлажном состоянии. Коэффициент пористости по данным лабораторных исследований колеблется в пределах 0,63 - 0,67 ( $e = 0,65$ ). Коэффициент фильтрации колеблется в пределах 0,7 - 0,99 (среднее значение - 0,86) м/сут.

**ИГЭ-5. Песок пылеватый водонасыщенный средней прочности** залегает в виде слоя мощностью от 0,9 до 1,4 м в интервале 5,3 - 6,7 м. В естественных условиях находится

в водонасыщенном состоянии. Нормативные значения плотности грунта получены расчетным путем при  $e = 0,63$  и полном водонасыщении.

**ИГЭ-6. Супесь пластичная средней прочности** залегает в виде слоя мощностью от 0,5 до 2,1 м в интервале 0,3 - 3,6 м. В естественных условиях имеют пластичную консистенцию с показателем текучести  $I_L = 0,5$ . Коэффициент пористости по данным лабораторных исследований колеблется в пределах 0,64 - 0,71 ( $e = 0,67$ ).

**ИГЭ-7. Суглинок мягкопластичный средней прочности** залегает в виде слоя мощностью от 0,6 до 1,2 м в интервале 1,3 - 2,9 м. В естественных условиях имеют мягкопластичную консистенцию с показателем текучести  $I_L = 0,52$ . Коэффициент пористости по данным лабораторных исследований колеблется в пределах 0,65 - 0,73 ( $e = 0,7$ ).

**ИГЭ-8. Алеврит** залегает в виде слоя мощностью от 1,4 до 5,2 м в интервале 6,8 - 12,0 м. Коэффициент пористости по данным лабораторных исследований колеблется в пределах 0,7 - 0,82 ( $e = 0,77$ ) [1, с. 6-7].

Таким образом, изучив участок работ с разных позиций, можно сделать вывод, что участок является неоднородным по соотношению инженерно-геологических элементов. На глубине заложения фундамента присутствует два инженерно-геологических элемента: песок мелкий средней прочности (ИГЭ 3) и песок средний средней прочности (ИГЭ 2). ИГЭ 3 является преобладающим и по своим прочностным и деформационным характеристикам обладает удовлетворительной несущей способностью и устойчивостью.

Торфяные грунты, вскрытые скважинами № 20 и 21, представляют собой отдельный подучасток, осадка торфяного слоя составляет 8,5 мм, что составляет 33 % от общего значения осадки здания.

#### **Литература:**

1. Отчет об инженерно-геологических изысканиях на площадке проектируемого строительства трех 28-квартирных жилых домов в н.п. Улуковье Гомельского района (поз.36, 37, 38). / ОАО «Институт Гомельоблстройпроект»; главный инженер проекта А.М. Матарас. Гомель, 2017. 19 с.



## ДИСПЕРСИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ ПОРОД БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОКАРОТАЖА

*Федосеев А.А.*

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия,

[FedoseevAA@ipgg.sbras.ru](mailto:FedoseevAA@ipgg.sbras.ru)

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука, Новосибирск, Россия

Аннотация. В настоящее время не существует общей методической базы для комплексной обработки данных геофизических исследований скважин (ГИС) в интервалах баженовской свиты, включая литолого-электрофизическую интерпретацию. Приведены результаты развития методики интерпретации данных современного программно-аппаратурного комплекса СКЛ в разрезе баженовской свиты. Выполнен анализ дисперсии электрофизических свойств и построены модели относительного содержания породообразующих компонентов баженовской свиты в разрезах более четырех десятков скважин в центральных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна.

Ключевые слова: баженовская свита, геофизические исследования скважин, частотная дисперсия, литологическая интерпретация, породообразующие компоненты.

## DISPERSION OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF LITHOLOGICAL TYPES OF BAZHENOV FORMATION BY ELECTRICAL LOG DATA

*Fedoseev A.A.*

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

[FedoseevAA@ipgg.sbras.ru](mailto:FedoseevAA@ipgg.sbras.ru)

Abstract. At present, there is no general methodological basis for the complex processing of log data in the intervals of the Bazhenov Formation, including lithological and electrophysical interpretations. The results of the development of the methodology for interpreting the data of the modern software and hardware SKL complex in the section of the Bazhenov Formation are presented. The dispersion of electrophysical properties is analyzed and models of the relative content of rock-forming components of the Bazhenov Formation are constructed in sections of more than four dozen wells in the central regions of the West Siberian sedimentary basin.

Key words: Bazhenov Formation, geophysical studies of wells, frequency dispersion, lithological interpretation, rock-forming components.

На протяжении последних десятилетий огромный интерес ученых направлен на всестороннее изучение нетрадиционного источника углеводородного сырья в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции – баженовскую свиту. Она является как основной нефтепроизводящей толщей, так и региональным флюидоупором в отложениях оксфорда верхней юры. Характерной особенностью ее строения служит высокая степень

неоднородности вещественного состава, обусловленная изменением относительного содержания в разрезе свиты глинистого, кремнистого, карбонатного и органического вещества [1]. Наряду с геологическим изучением разрезов сложного объекта, такого как баженовская свита, большое внимание уделяется интерпретации данных ГИС.

В настоящее время для изучения баженовской свиты широко используются современные скважинные комплексы СКЛ с расширенным набором методов ГИС, выполняющие высокоточные измерения за одну спускоподъемную операцию. СКЛ включает метод высокочастотного электромагнитного каротажного зондирования (ВЭМКЗ), по данным которого можно оценивать дисперсию электрофизических свойств основных литологических типов пород баженовской свиты с использованием развитого интерпретационного обеспечения [2-7].

Целью настоящей работы является развитие комплексной интерпретации данных ГИС для изучения литолого-электрофизических характеристик пород баженовской свиты. Основной решаемой задачей является установление частотных зависимостей удельного электрического сопротивления ( $UЭС$ ) и относительной диэлектрической проницаемости (ОДП) на основе совместной численной инверсии измеряемых разности фаз и отношения амплитуд ВЭМКЗ для различных литологических типов пород баженовской свиты [8–13].

В рамках литологической интерпретации выполнялось построение объемной модели относительного содержания породообразующих компонентов баженовской свиты, выделение основных литологических типов пород баженовской свиты и построение корреляционных схем [14].

Численная инверсия разности фаз и отношения амплитуд ВЭМКЗ выполнялась в рамках двухслойной модели среды “скважина-пласт” с определением  $UЭС$  и ОДП пласта в диапазоне частот 0.875-14 МГц в интервалах основных литологических типов пород баженовской свиты. На рисунке 1 представлены частотные зависимости  $UЭС$  и ОДП для шести литологических типов пород баженовской свиты в разрезе одной из скважин Восточно-Сургутской площади.

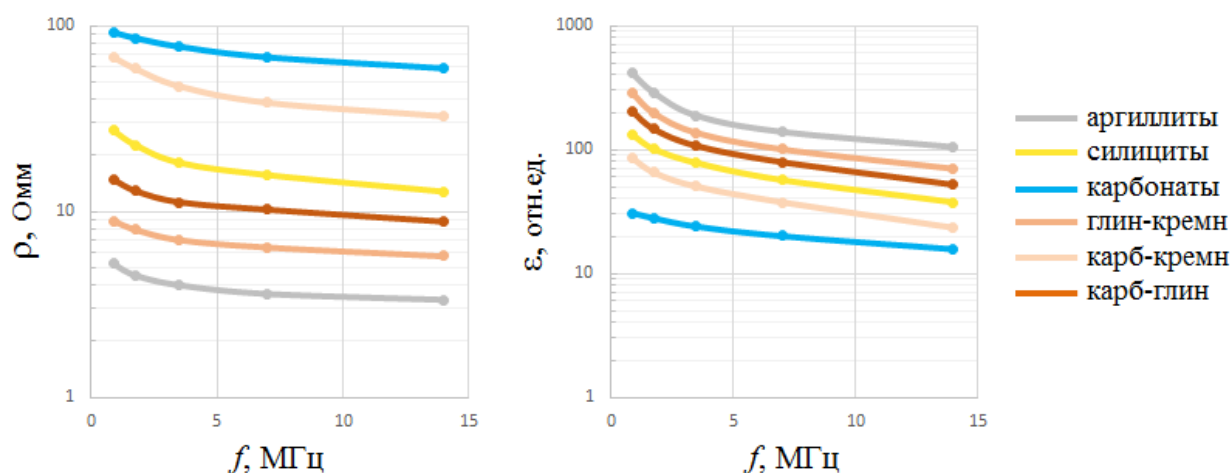


Рисунок 1 – Частотные зависимости  $UЭС$  ( $\rho$ ) и ОДП ( $\epsilon$ ) для основных литологических типов пород баженовской свиты (скважина Восточно-Сургутской площади).

В результате сопоставительного анализа данных ГИС и керна, отмечено, что каждая отдельная породообразующая компонента (глинистая, кремнистая, карбонатная и органическое вещество) оказывает различное влияние на распределение электрофизических свойств в породе. Так, пирит, глинистые компоненты значительно понижают значения УЭС пород и повышают ОДП, а карбонатные компоненты, апатиты, наоборот, увеличивают УЭС и уменьшают ОДП. При совпадении соотношения породообразующих компонентов из разных скважин частотно зависимые кривые характеризуются близкими значениями УЭС и ОДП в диапазоне частот 0.875-14 МГц, что подтверждается результатами лабораторных исследований керна. Проведен анализ дисперсионных свойств пород баженовской свиты, в результате которого установлено, что преобладающее влияние на дисперсию оказывают глинистые породообразующие компоненты, органическое вещество и пирит.

В результате исследований по данным ГИС комплекса СКЛ и лабораторным измерениям керна построены литолого-электрофизические модели баженовской свиты, для которых установлены частотные зависимости электрофизических параметров пород в разрезах более четырех десятков скважин ряда месторождений Широкого Приобья.

*Научный руководитель – проф. РАН, д.ф.-м.н. В.Н. Глинских.*

#### **Литература:**

1. Гурари Ф.Г. Доманикиты и их нефтегазоносность. Советская геология. 1981. № 11. С. 3–12.
2. Глинских В.Н., Никитенко М.Н., Эпов М.И. Линеаризованные решения двумерных прямой и обратной задач высокочастотного электромагнитного каротажа в проводящих средах с учетом токов смещения. Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 12. С. 31-42.
3. Глинских В.Н., Никитенко М.Н., Эпов М.И. Моделирование и инверсия данных электромагнитных зондирований в пластах конечной мощности, вскрытых на биополимерных и нефтяных буровых растворах. Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 11. С. 1803-1813.
4. Глинских В.Н., Нестерова Г.В., Эпов М.И. Моделирование и инверсия данных электромагнитного каротажа с использованием петрофизических моделей электропроводности. Геология и геофизика. 2014. Т. 55. №5-6. С. 1001-1010.
5. Эпов М.И., Глинских В.Н. Быстрое двумерное моделирование высокочастотного электромагнитного поля для задач каротажа. Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 9. С. 942-952.
6. Эпов М.И., Глинских В.Н. Линеаризация относительных характеристик высокочастотного магнитного поля в двумерных проводящих средах. Геология и геофизика. 2004. Т. 45. №2. С. 266-274.
7. Эпов М.И., Глинских В.Н., Сухорукова К.В., Никитенко М.Н., Еремин В.Н. Численное моделирование и инверсия данных электромагнитного каротажа в процессе бурения и шаблонирования нефтегазовых скважин. Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 8. С. 1520-1529.
8. Павлова М.А., Сухорукова К.В., Глинских В.Н., Казаненков В.А. Интерпретация материалов геофизических исследований скважин нефтеносного разреза баженовской свиты: литотипы и их физические параметры. «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012», VIII Международная конференция (Новосибирск, 10-20 апреля 2012 г.): материалы конференции. Новосибирск: СГГА. 2012. Т. 1. С. 127–131.
9. Павлова М.А., Сухорукова К.В., Глинских В.Н. Интерпретация данных электрометрии на интервале баженовской свиты. «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013», IX Международный научный конгресс (Новосибирск, 15-26 апреля 2013 г.): материалы конференции. Новосибирск: СГГА. 2013. Т. 2. С. 132–136.
10. Павлова М.А., Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Камкина А.Д., Глинских В.Н. Модель баженовской свиты на примере данных участка Салымского месторождения. Геология нефти и газа. 2015. № 3. С. 57–62.
11. Сухорукова К.В., Глинских В.Н., Нечаев О.В., Никитенко М.Н., Павлова М.А., Суродина И.В., Эпов М.И. Численная интерпретация данных комплекса методов скважинной электрометрии в высокоомных отложениях баженовской свиты. Материалы 4-ой международной научно-практической конференции "Тюмень-2015": Глубокие горизонты науки и недр, г. Тюмень, 23-27 марта 2015 г. [Электронный ресурс]. 2015. С. UR03.
12. Павлова М.А., Сухорукова К.В., Эдер В.Г., Глинских В.Н., Камкина А.Д., Замирайлова А.Г. Литолого-электрофизическая модель баженовской свиты участка Салымского месторождения по данным керна

- и электрометрии. «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015», XI Международный научный конгресс (Новосибирск, 13-25 апреля 2015 г.): материалы конференции. Новосибирск: СГУГиТ. 2015. Т. 2. С. 178–182.
13. Михайлов И.В., Глинских В.Н., Никитенко М.Н., Суродина И.В. Совместная численная инверсия данных индукционных и гальванических каротажных зондирований в моделях геологических сред с осевой симметрией // Геология и геофизика. 2017. Т. 58. №6. С. 935-947.
  14. Федосеев А.А., Глинских В.Н., Казаненков В.А. Относительное содержание породообразующих компонентов и основные литологические типы пород баженовской свиты и её стратиграфических аналогов по данным геофизических исследований скважин и керна. Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2018. Т. 13. № 2. 19 с.

**НОВЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ЗОН РАЗГРУЗКИ  
ГИДРОТЕРМ ПАУЖЕТСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)**

*Феофилактов С.О.<sup>1</sup>, Букатов Ю.Ю.<sup>1</sup>, Денисов Д.К.<sup>1</sup>, Нуждаев И.А.<sup>1</sup>, Абкадыров И.Ф.<sup>1</sup>,  
Долбня Б.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия,  
[serg415@inbox.ru](mailto:serg415@inbox.ru)

<sup>2</sup> Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Петропавловск-  
Камчатский, Россия

Аннотация. Проведены комплексные геофизические работы на Верхне-Паужетском поле с целью изучения его структурных особенностей. В комплекс методов вошли: магниторазведка, гравиразведка, электроразведка (ВЭЗ и ПС), температурная съемка, микросейсмические зондирования. По результатам комплексного анализа имеющихся данных выделены блоки пород, играющие важную роль в формировании и разгрузке гидротерм в приповерхностной части разреза. По результатам площадных съемок оконтурены скрытые области разгрузки гидротерм.

Ключевые слова: термальное поле, геотермальное месторождение, геофизические методы, проницаемые породы.

**NEW GEOPHYSICAL DATA ABOUT UNLOADING HYDROTHERMAL ZONE  
STRUCTURE IN PAUZHETKA GEOTHERMAL DEPOSIT (SOUTHERN  
КАМЧАТКА)**

*Feofilactov S.O.<sup>1</sup>, Bukatov Yu.Yu.<sup>1</sup>, Denisov D.K.<sup>1</sup>, Nuzhdaev I.A.<sup>1</sup>, Abkadyrov I.F.<sup>1</sup>,  
Dolbnya B.M.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Institute of Volcanology and seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia,  
[serg415@inbox.ru](mailto:serg415@inbox.ru)

<sup>2</sup> Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

Abstract. The complex investigations with geophysical methods were carried out on Verhne-Pauzhetsky field. The aim of the work was to explore the structural peculiarities of the field. The methodical complex was consisted of magnetic and gravimetric exploration, geoelectrics, temperature survey, macroseismic soundings. We marked out rock blocks using complex analysis of available data. These blocks play a significant role during formation and unloading of the thermal springs in the upper section part. Concealed areas of the unloading solution were contoured using results of the area surveys.

Key words: thermal field, geothermal deposit, geophysical methods, permeable rocks.

Паужетское геотермальное месторождение расположено на юге полуострова Камчатка в 200 км от столицы Камчатского края – г. Петропавловска-Камчатского. В 1966 г. здесь построена первая в стране опытно-промышленная геотермальная станция, которая обеспечивает электроэнергией ближайшие населенные пункты и рыбоперерабатывающие предприятия по настоящее время. Но в последние годы ощущается нехватка электрической мощности ГеоТЭС вследствие снижения параметров эксплуатационных участков и отдельных скважин, а также роста энергопотребления в районе. Это напрямую связано с недостаточной изученностью строения Паужетской гидротермальной системы и ее центральной части – геотермального месторождения. Остались открытыми принципиальные вопросы: о типе и местоположении источника (источников ?) тепла, не ясно – существуют ли в недрах системы подводящие каналы для паро-газового флюида, не изучено строение зон разгрузки парогидротерм даже в районе основных термальных полей.

В последние годы сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН проводятся комплексные геологические и геофизические исследования на термальных полях Паужетского геотермального месторождения. В комплекс методов вошли: площадные магнитометрические, гравиметрические, электроразведочные (метод ПС), температурные съемки, а также, профильные измерения методом ВЭЗ и микросейсмического зондирования. По этим данным уже удалось получить первые результаты для Восточно-Паужетского термального поля (т/п). По итогам интерпретации геолого-геофизических данных установлено наличие на небольшой глубине (первые десятки метров) кровли субинтрузивного тела среднего или основного состава, с внедрением которого может быть связано образование тектоно-магматического поднятия [3]. Аналогичное поднятие выделяется в центральной части месторождения [1]. К нему приурочено Верхне-Паужетское т/п.

По результатам температурной съемки грунтов на глубине 60-80 см определено, что температурная граница поля выходит за пределы естественной разгрузки Верхне-Паужетских гидротерм. Максимальные температуры грунтов в центральной части поля достигают 105-107 °С.

В аномальном магнитном поле ( $\Delta T_a$ ) термальная площадка характеризуется пониженными значениями поля до -120 нТл. Минимальные значения поля отмечены на периферии поля с западной стороны до -500 нТл.

По результатам гравиметрических работ построена карта распределения аномального гравитационного поля в редукции Буге для плотности промежуточного слоя 2,1 г/см<sup>3</sup>. Верхне-Паужетское т/п характеризуется повышенными значениями аномального гравитационного поля. В центральной части поля выделяется участок с значением аномального гравитационного поля до +0,45 мГал.

По результатам электроразведочных работ методом ВЭЗ выделяется проводящий горизонт с удельным электрическим сопротивлением 2-8 Ом·м, выходящий к поверхности в районе естественной разгрузки гидротерм. Под Верхне-Паужетским т/п обнаружен участок с повышенным значением удельного электрического сопротивления 20-40 Ом·м, предположительно представленный метасоматическими породами [2]. Карта распределения естественных потенциалов (ПС) в районе термопроявления указывает на скрытые разгрузки терм по периферии термального поля ( $\Delta U$  достигает +60 мВ). Центральная часть Верхне-Паужетского поля характеризуется пониженными значениями ПС ( $\Delta U$  достигает -25 мВ).

По результатам микросейсмических зондирований на Верхне-Паужетском т/п в приповерхностной части (до 600 м) выделены контрастные по скоростям зоны. Определена область пониженных скоростей, уходящая на глубину до 1 км. Вероятно, эта область характеризует гидротермально измененные породы, насыщенные паро-газовым теплоносителем.

В результате исследований авторами доклада получены принципиально новые данные о строении Паужетского геотермального месторождения. Зоны разгрузки гидротерм имеют слоисто-блоковое строение и связаны: в центральной части месторождения – с метасоматическими зонами; в районе Восточно-Паужетского т/п – с апикальной частью субинтрузивного тела основного или среднего состава.

Авторы глубоко признательны всем участникам Южнокамчатско-Курильской экспедиции ИВиС ДВО РАН за содействие в проведении полевых исследований.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-35-00138).*

#### **Литература:**

1. Структура гидротермальной системы. Москва. Наука. 1993. 298 с.
2. Феофилактов С.О., Нуждаев И.А., Букатов Ю.Ю. Строение зон разгрузки гидротерм Паужетского геотермального месторождения (Южная Камчатка) по геофизическим данным. XXVII Всероссийская молодежная конференция «Строение литосферы и геодинамика» с участием исследователей из других стран. Институт земной коры СО РАН. Иркутск. 2017. С. 244-245.
3. Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., Букатов Ю.Ю., Нуждаев И.А., Нуждаев А.А. Новые данные о строении зоны разгрузки гидротерм в районе Восточно-Паужетского термального поля. Вулканология и сейсмология. 2017. № 5. С. 36-50.

## ВЫСОКОТИТАНИСТЫЙ КАЛИЕВЫЙ АМФИБОЛ ИЗ АГПАИТОВЫХ СИЕНИТОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (РОССИЯ)

*Филина М. И., Когарко Л. Н., Кононкова Н. Н.*

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, Москва, Россия  
[makimm@mail.ru](mailto:makimm@mail.ru)

Аннотация. Нами были впервые исследованы высокотитанистые калиевые амфиболы из агпаитовых сиенитов Кольского полуострова. Исследуемые амфиболы, относятся к натрий-кальциевой и натриевой группе, повышенное содержание  $K_2O$  - 3.11-4.81 вес.%, позволяет К доминировать над Na в позиции А. Зональность химического состава амфиболов выражается в увеличении содержаний натрия, калия, железа и уменьшении содержаний магния и кальция от ядра к периферии кристаллов. Основываясь на более ранних экспериментальных работах показано, что тренд изменения состава амфибола от Са через Na-Са к Na амфиболам отражает понижение температуры и фугитивности кислорода на уровне или ниже буфера QFM.

Ключевые слова: минералы группы амфиболов, агпаитовые сиениты, Кольская щелочная провинция.

## TITANIUM-RICH POTASSIUM AMPHIBOLE OF THE AGPAITIC SYENITE (KOLA PENINSULA, RUSSIA)

*Filina M.I., Kogarko L.N., Kononkova N.N.*

Vernadsky Institute, Moscow, Russia, [makimm@mail.ru](mailto:makimm@mail.ru)

Abstract. Titanium-rich potassium amphibole from the agpaitic syenites of the Niva intrusion and the dyke "Mohnatyie Roga" have been investigated. The studied amphibole belong to the sodium-calcium and sodium groups, the  $K_2O$  content is 3.11-4.81% wt.%, which allows K to dominate over Na in position A. Crystals are zonal: from core to rim increase contents of sodium, potassium, and iron, and decrease in the content of magnesium and calcium. In earlier experimental studies of the stability fields of amphiboles, depending on the oxygen fugacity and temperature, it was shown that the trend of a change in the amphibole composition from Ca through Na-Ca to Na amphiboles reflects a decrease in temperature and oxygen fugacity at or below the QFM buffer.

Key words: minerals of the amphibole group, agpaitic syenites, Kola alkaline province.

Натриевые и натрий-кальциевые амфиболы широко распространены в щелочных, особенно агпаитовых породах, пегматитах и метасоматитах, связанных с щелочными интрузиями [1,2]. Калий является типичным компонентом многих щелочных амфиболов, но содержание  $K_2O$  обычно не превышает 1-2 мас.%. В 2004 г. был утвержден новый минеральный вид – калиевый арфведсонит  $KNa_2Fe_{2+4}Fe^{3+}Si_8O_{22}(OH)_2$ , найденный в щелочных пегматитах из трех щелочных комплексов: Илимауссакского, Ловозерского и Хибинского [3].



Нами были впервые исследованы высокотитанистые калиевые амфиболы из агпаитовых сиенитов интрузии Нива и дайки участка «Мохнатые Рога», расположенных в северо-западной части Беломорского подвижного пояса. Сиениты из этих объектов практически идентичны по химическому и минеральному составу [1,3]. Главные минералы агпаитовых сиенитов: калиевый полевой шпат (25–30 об. %), натролит (10–15 об. %), эгирин-авгит (10–15 об. %), энigmatит (10–15 об. %), калиевый амфибол (5–10 об. %), характерной особенностью породы, является присутствие среди породообразующих минералов в количестве до 20 об. % минералов группы лампрофиллита (МГЛ): лампрофиллита, фторлампрофиллита, баритолампрофиллита, и фторбаритолампрофиллита. По сравнению с нефелиновыми сиенитами Хибинского и Ловозерского массивов изучаемые породы содержат значительно меньше кремнезема, в то время как содержание железа и титана значительно выше, что отражается в химическом составе породообразующих минералов [4,5].

Амфибол в породе образуют удлиненные крупные зерна, размером 1-1.5 мм буровато-коричневого цвета, со слабым синеватым оттенком, поперечные реже продольные сечения часто имеют шестиугольную форму. Минерал заметно плеохроирует в зеленовато-бурых и синевато-зелёных тонах с обратной схемой абсорбции. В породе амфибол чаще всего ассоциирует с эгирин-авгитом, мелкие игольчатые зерна которого, располагаются как по краям, так и внутри кристаллов, также амфибол может располагаться по краям зерен энigmatита.

Согласно современной классификации группы амфиболов [6], исследуемые амфиболы относятся к натрий-кальциевой и натриевой группе, содержание  $K_2O$  - 3.11-4.81 вес.%, что позволяет К доминировать над Na в позиции А. Характерной особенностью исследованных амфиболов является высокое содержание титана - до 4.71 мас. %, а также фтора - до 3.54 мас. % (табл. 1). Амфиболы зональные: центральные части по составу соответствуют высокотитанистому калиевому катофориту, калиевому катофориту или высокотитанистому калиевому энкерманиту, краевые части высокотитанистому калиевому арфведсониту или калиевому арфведсониту. Зональность выражается в увеличении содержаний натрия, калия, и железа от ядра к периферии, и уменьшении содержаний магния и кальция. Центральные части кристаллов содержат значительные количества титана и фтора, причем содержание фтора, коррелирует с содержанием титана - с уменьшением содержания титана, уменьшается содержание фтора (табл.1), что свидетельствует высокой активности фтора на начальных стадиях кристаллизации расплава. В экспериментальных работах по исследованию полей устойчивости амфиболов в зависимости от фугитивности кислорода и температуры, показано, что тренд изменения состава амфиболов от Ca через Na-Ca к Na амфиболам отражает понижение температуры и фугитивности кислорода на уровне или ниже буфера QFM [7].

**Таблица 1 Представительные анализы химического состава (мас. %) зональных кристаллов амфибола из дайки участка Мохнатые рога и интрузии Нива.**

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	C	R	C	R	C	R	C	R	C
SiO <sub>2</sub>	52.62	50.08	49.86	48.65	50.91	49.57	51.03	50.61	50.81
TiO <sub>2</sub>	3.16	2.74	3.02	2.11	4.36	2.83	4.38	2.02	4.71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.76	0.83	0.75	0.88	1.57	0.18	1.42	0.59	1.83
MnO	0.52	0.33	0.53	0.27	0.46	0.72	0.55	0.60	0.53
FeO	14.16	25.90	14.19	24.20	13.92	29.32	14.86	25.54	14.15
MgO	12.53	5.69	12.40	6.49	11.64	1.13	11.43	4.58	11.73
CaO	3.11	0.79	3.05	0.75	2.86	0.06	2.97	0.22	3.35
Na <sub>2</sub> O	6.43	7.06	6.36	7.15	6.72	7.21	6.63	6.88	6.44
K <sub>2</sub> O	3.76	4.55	3.60	4.19	3.25	4.81	3.16	4.77	3.11
ZrO <sub>2</sub>	0.79	0.00	0.85	0.06	0.48	нпо	0.12	нпо	0.12
BaO	0.11	0.05	0.07	0.05	0.29	0.22	0.13	0.13	нпо
SrO	0.49	0.03	0.57	0.17	0.33	0.05	0.28	0.07	0.60
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	но	но	но	но	0.03	0.01	0.02	0.00	0.06
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.01	0.05	0.10	но	но	но	но	но
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	нпо	нпо	0.12	нпо	но	но	но	но	но
ThO <sub>2</sub>	0.07	нпо	0.07	нпо	но	но	но	но	но
UO <sub>2</sub>	0.64	0.73	0.73	0.88	но	но	но	но	но
F	3.34	0.83	3.54	1.44	3.04	0.02	3.13	0.21	2.97
Сумма	102.51	99.62	99.76	97.39	99.86	96.13	100.11	96.22	100.41
O=F	1.41	0.35	1.49	0.61	1.28	0.01	1.32	0.09	1.25
Сумма	101.10	99.27	98.27	96.78	98.58	96.12	98.79	96.13	99.16

Примечание. 1-4 – амфиболы из дайки участка Мохнатые Рога (образцы № 11-Юк-8, 11-Юк-32). 5-9 – амфиболы из интрузии Нива (образцы № Н-8-1, Н-8-3). Зоны кристаллов: С – центральная. R- краевая. нпо – ниже предела обнаружения, но – не определялось.

*Работа выполнена за счет средств, выделенных на выполнение госзадания.*

#### **Литература:**

1. Deer W.A., Howie, R A., Zussman J. Rock-Forming Minerals. London. Volume 2B Double-Chain Silicates. 1997. 764 pp.
2. Hawthorne F.C. The crystal chemistry of the amphiboles: The structure and chemistry of arfvedsonite. Canadian Mineralogist. 1976. № 14. p. 346-356.
3. Pekov I.V., Chukanov N.V., Lebedeva Yu.S., Pushcharovsky D.Yu., Ferraris G., Gula A., Zadov A.E., Novakova A.A., Petersen O.V. Potassicarfvedsonite, KNa<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>+4Fe<sub>3</sub>+Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>, a K-dominant sodic amphibole of the arfvedsonite series from agpaitic pegmatites - Mineral data and type of disorder in the A site. Neues Jahrbuch für Mineralogie - Monatshefte. 2004. № 12. p. 555-574.
4. Акименко М.И., Когарко Л.Н., Сорохтина Н.В., Кононкова Н.Н., Мамонтов В.П. Новое проявление щелочного магматизма на Кольском полуострове, агпайтовая дайка в Кандалакшском районе. Доклады академии наук. 2014. № 458 с. 193-197.
5. Arzamastsev A.A., Belyatskiy B.V., Arzamastseva L.V. Agpaitic magmatism in the northeastern Baltic Shield: a study of the Niva intrusion, Kola Peninsula, Russia. Lithos. 2000. № 51. p. 27-46.
6. Hawthorne F.C., Oberti R., Harlow G. E., Maresch W.V., Martin R.F., Schumacher J.C., Welch M. D. IMA Report Nomenclature of the amphibole supergroup. American Mineralogist. 2012. V. 97. p. 2031-2048.
7. Mitchell R.H. A review of the compositional variation of amphiboles in alkaline plutonic complexes. Lithos. 1990. 135-156.

## О ВЗАИМОСВЯЗИ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ НЕФТИ И ГАЗА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИРАНА

*Хадавимогаддам Ф., Мищенко И.Г.*

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина,  
[hadavimoghaddam.f@gubkin.ru](mailto:hadavimoghaddam.f@gubkin.ru)

Аннотация. Основной целью работы является оценка возможности практического применения одного из расчётных методов применительно к нефтяным месторождениям Исламской Республики Иран, которые различаются между собой не только термобарическими условиями, но и самими свойствами пластовых флюидов. В работе рассмотрено десять нефтяных месторождений Ирана.

Ключевые слова: основные свойства нефти, нефтяное месторождение Ирана, пластовые флюидов

### RELATIONSHIP OF THE MAIN PROPERTIES OF IRANIAN OIL RESERVOIRS

*Hadavimoghaddam F., Mishchengo I.G.*

Gubkin Russian state university of oil and gas, [hadavimoghaddam.f@gubkin.ru](mailto:hadavimoghaddam.f@gubkin.ru)

Abstract. The primary objective of this study is to evaluate the possibility of applying one of the methods of calculation pertaining to the oilfields of the Islamic Republic of Iran, which differ not only in terms of their thermobaric conditions, but also in terms of the properties of their reservoir fluids. Ten oilfields are examined in this study.

Key words: main Oil properties, Iranian oil field, formation fluids.

Значение свойств пластовых флюидов любого нефтяного месторождения является обязательным условием эффективной его разработки. Это касается не только различных методов воздействия на призабойные зоны скважин, но и подбора оборудования для эксплуатации скважинам [1]. Свойства пластовых флюидов изменяются не только при изменении термобарических условий, но и от скважины к скважине, а также от текущего состояния разработки месторождения [2]. Все известные методы определения свойств пластовых флюидов делятся на две группы: экспериментальные и расчётные. Каждая из групп имеет как преимущества, так и определённые недостатки. Проведение экспериментальных исследований требует сложного и дорогостоящего оборудования, а также высококвалифицированного персонала. Кроме того, сам отбор глубинных проб является сложной операцией. Так как к настоящему времени накоплен значительный информационный банк данных по свойствам флюидов нефтяных месторождений, расчётные методы в этих условиях оказываются предпочтительными. В основе этих

методик лежит обобщённая методика МИНХ и ГП им. И.М. Губкина, а также некоторые корреляционные взаимосвязи, полученные И.Т. Мищенко [3].

Методики предназначены для расчета основных свойств нефти и газа при различных условиях в частности:

- Методика 1 – при  $y_m \leq 60\%$ ;  $\rho_r > 0.770 \text{ кг/м}^3$
- Методика 2 – при  $y_m > 60\%$ ;  $\rho_r > 0.770 \text{ кг/м}^3$
- Методика 3 – при  $y_m > 60\%$ ;  $\rho_r \leq 0.770 \text{ кг/м}^3$

Не останавливаясь на этих методиках, ниже они будут рассмотрены на конкретных примерах нефтяных месторождений Ирана.

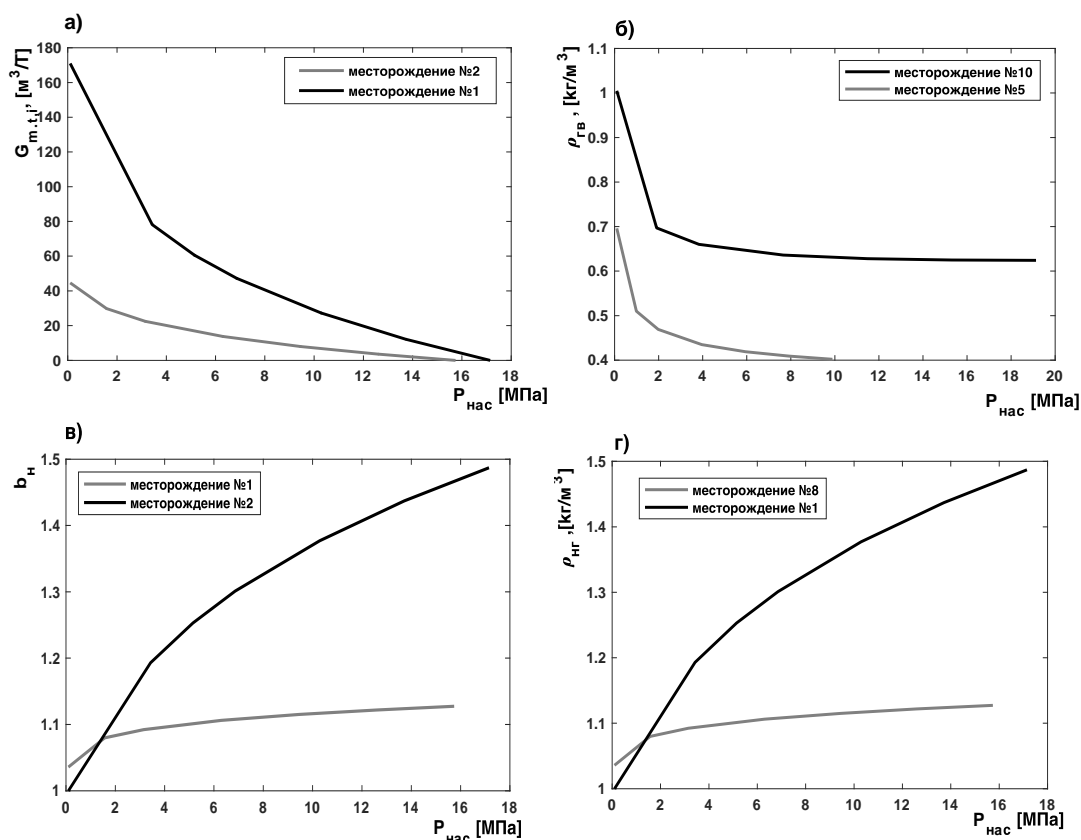
В процессе выполнения диссертация и, учитывая, что у рассматриваемых месторождений значительно изменяется начальное пластовое давление  $P_{пл}$  и начальная пластовая температура, автором сделана попытка поиска и установления взаимосвязи между этими параметрами, для чего, во-первых, использованы некоторые данные иранских нефтяных месторождений.

**Таблица 1. Основные исходные промысловые данные иранских месторождений**

Параметр	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
$P_{пл}$ , МПа	24,63	35,70	25,10	9,13	29,5	24,8	33,5	22,03	25,77	32,81
$t_{пл}$ , °С	84,00	113,00	102,78	86,66	123,9	103	132,22	80	88,9	125,65
$y_m$ %	65,16	75,22	68,07	39,58	81,3	20,99	71,2	83,76	34,43	42,24
$y_a$ %	0,13	0,45	0,54	1,80	1,8	0,13	0,44	0,3	0,18	0,57
$G_o$ , $\text{М}^3/\text{М}^3$	40,00	171,30	126,00	51,40	129,3	53,43	153	119,3	60	80,10
$P_{нас}$ , МПа	17,66	23,80	15,00	9,02	16,85	12,77	22,54	14,5	18,04	23,04
$\rho_{нд}$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	898,10	880,00	898,10	852,00	850	852	885	811	851	854
$\rho_{нпл}$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	840,00	760,00	758,00	801,00	686	785	702	703	690	680
$\rho_r$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	0,93	1,00	1,11	1,32	0,9	1,490	1,127	0,901	0,985	0,959

*Примечание: темно-серым цветом обозначены минимумы, светло серым – максимумы.*

По данным таблицы видно, что: 1) пластовое давление меняется в интервале от 9 МПа до 35,7 МПа, 2) содержание метана меняется в интервале 20,99 % до 83,76%, 3) содержание азота меняется в интервале 0,13 % до 1,8%, 4) давление насыщения меняется от 9 МПа до 23,8 МПа, 5) газонасыщенность меняется от 40  $\text{м}^3/\text{м}^3$  до 171,3  $\text{м}^3/\text{м}^3$ , 6) плотность дегазированной нефти меняется от 811  $\text{кг}/\text{м}^3$  до 898,1  $\text{кг}/\text{м}^3$ , 7) плотность пластовой нефти меняется от 680  $\text{кг}/\text{м}^3$  до 840  $\text{кг}/\text{м}^3$ , 8) плотность газа меняется от 0,9  $\text{кг}/\text{м}^3$  до 1,490  $\text{кг}/\text{м}^3$ . По результатам расчетов построены графики зависимости основных свойств при температуре 20°C, представленные на рисунке 1.



**Рисунок 1 – зависимости основных свойств при  $t = 20$  °C: а) Зависимость объёма выделившегося газа от давления, б) зависимость относительной плотности выделившегося газа, в) Зависимость объёмного коэффициента нефти от давления, г) Зависимость относительной плотности газонасыщенной нефти.**

В работе проведена оценка возможности практического применения одного из расчётных методов применительно к нефтяным месторождениям Исламской Республики Иран, которые различаются между собой не только термобарическими условиями, но и самими свойствами пластовых флюидов. Рассмотрено десять нефтяных месторождений Ирана и в результате было получено различное значение расчетной ошибки, иногда значительное, что говорит о возможности на данном этапе применения данного метода с определёнными ограничениями по параметрам.

В целом выбранные для расчетов свойств нефти и газа методики (методика 1 и 2) могут быть рекомендованы для практических расчетов свойств, учитывая стоимость, длительность и трудоёмкость их экспериментального определения.

#### Литература:

1. Штоф М.Д. Расчет свойств пластовых нефтей: метод. руководство. Куйбышев. Гипровостокнефть, 1974. С. 40.
2. Дуношкин И.И. Расчет основных свойств пластовых нефтей при добыче и подготовке нефти, М, 1982. С. 17-23.
3. И.Т.Мищенко, Расчет основных свойств нефти и газа в функции давления и температуры, журнал нефть, газ и бизнес. 2015 №8 С. 20-24.

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОРФА НА ВАСЮГАНСКОМ ТОРФЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСУШЕНИЯ

*Хаустова А.А.<sup>1</sup>, Гашкова Л.П.<sup>1,2</sup>, Малолетко А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Научно-исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия,  
[maloletko.anton@yandex.ru](mailto:maloletko.anton@yandex.ru)

<sup>2</sup> Сибирский научно-исследовательский институт Сельского хозяйства и торфа - филиал  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского  
федерального научного центра агробιοтехнологий РАН, Томск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается динамика физико-технических свойств торфа на верховом болоте в результате проведенной осушительной гидроресомелиорации. Образцы торфа были отобраны с интервалом около 40 лет на одном участке болота до начала осушения и после его проведения. В результате осушения болота изменились такие физико-технические свойства торфа, как степень разложения и влажность. Ботанический состав и зольность торфа имеют сходные параметры до и после осушения.

Ключевые слова: верховое болото, осушение, физико-технические свойства торфа

## EVALUATION OF CHANGES IN THE PHYSICAL AND TECHNICAL PROPERTIES OF PEAT ON THE VASYUGAN BOG AS A RESULT OF DRAINING

*Khaustova A.A.<sup>1,2</sup>, Gashkova L.P.<sup>1,2</sup>, Maloletko A.A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> National Research Tomsk state university, Tomsk, Russia, [maloletko.anton@yandex.ru](mailto:maloletko.anton@yandex.ru)

<sup>2</sup> Siberian Research Institute of Agricultural and Peat – branch of Siberian Federal Scientific  
Centre of Agricultural Biotechnology, Tomsk, Russia

Abstract. The article deals with the dynamics of physical and technical properties of peat on the bog as a result of the drainage. Samples of peat were selected at intervals of about 40 years in one section of the bog before and after drying. As a result of draining the bog, such physical and technical properties of peat as the degree of humification and humidity have changed. Botanical composition and ash content of peat have similar parameters before and after drainage.

Key words: bog, drainage, physical and technical properties of peat

В результате организации осушительных каналов на болоте наблюдается снижение уровня болотных вод и увеличение амплитуды их колебания [1]. Снижение уровня болотных вод приводит к деградации торфяной залежи в результате окисления и уплотнения. Во время окислительных процессов отмечается потеря углерода [2]. На осушенных болотах возрастает количество выноса питательных микроэлементов [3,4]. В результате осушения отмечается изменение видового состава растительности болота. Уменьшение стока по осушительным каналам и подъема уровня болотных вод до

изначального ведёт к восстановлению естественного растительного покрова болота [5]. Все перечисленные процессы находят отражение в толще торфяной залежи.

Целью данной работы было сравнение физико-технических свойств торфа верхового болота до и после осушения.

Исследования были проведены на территории торфяного месторождения «Васюганское» расположенного в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины в пределах Бакчарского болотного массива (северо-восточный отрог Большого Васюганского болота) в подзоне южной тайги. В геоморфологическом отношении исследуемый участок торфяного месторождения располагается на водораздельном плато между средним течением рек Бакчара и Иксы. В начале 80-х гг. XX в. на территории торфяного месторождения была проведена осушительная гидролесомелиорация. Физико-технические свойства и ботанический состав образцов торфа, отобранных в 2018 г., были сравнены с результатами лабораторных испытаний, проведённых до осушения торфяного месторождения [6]. Для сравнения результатов лабораторных испытаний образцов торфа применялись непараметрические статистические методы. Для определения степени корреляции данных применялся тест Spearman, достоверность различий определялась тестом Wilcoxon.

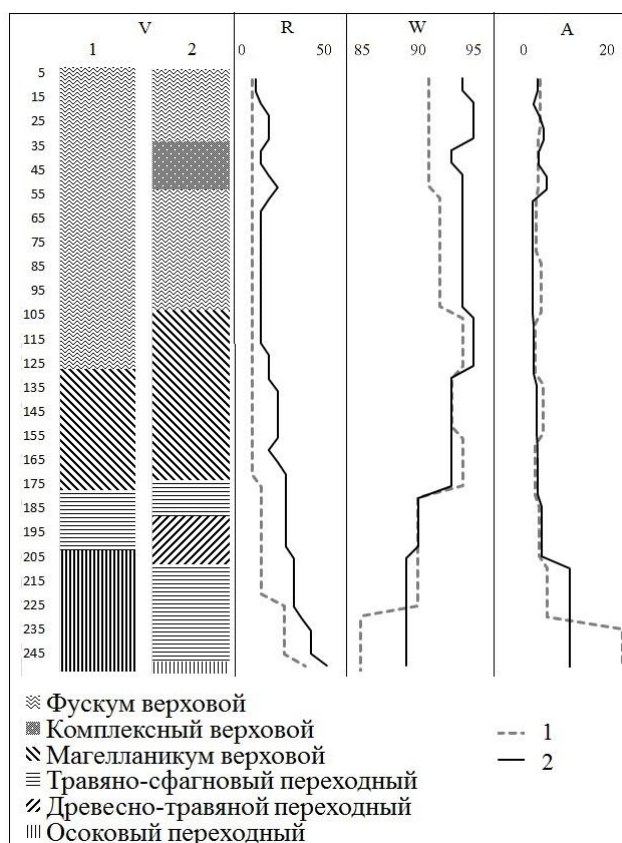
Растительность участка представляет собой сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз. Древесный ярус представлен сосной до 4 м высотой, с примесью кедра. Травяно-кустарничковый ярус с общим проективным покрытием 80% представлен хамедафне, голубикой, багульником, андромедой, пушицей и морошкой. В моховом ярусе с общим проективным покрытием 90% доминирует сфагнум бурый с примесью зеленых мхов и лишайников. Микрорельеф крупнокочковатый, образован слившимися моховыми кочками размером 2,5 на 1,5 м, которые занимают 80% площади, и вытянутыми понижениями размером 1,5 на 0,5 м.

Ботанический состав торфа сходен в обеих скважинах, до 170 см преобладает сфагновый верховой торф, в придонных слоях возрастает доля осок и древесины.

Степень разложения торфа из двух скважин коррелирует между собой ( $S=0,82$ , при  $p<0,05$ ). Но отличия между рядами данных статистически достоверны ( $Z=6,15$ , при  $p<0,05$ ). В среднем, степень разложения увеличилась по всей глубине залежи. Данную особенность можно объяснить увеличением степени разложения верхних слоев торфа в результате осушения, а также применением разных методов определения данного параметра.

Влажность торфа, как и степень разложения, меняется синхронно по всей глубине, обнаружена значимая корреляция ( $S=0,79$ , при  $p<0,05$ ), однако ряды достоверно различаются ( $Z=4,3$ , при  $p<0,05$ ).

Значения зольности торфа в скважинах 1980 и 2018 годов коррелируют по глубине ( $S=0,45$ , при  $p<0,05$ ), кроме того, значения данного параметра в двух скважинах не различаются достоверно ( $Z=1,72$ , при  $p=0,08$ ).



**Рисунок 1 – Сравнение ботанического состава (V), степени разложения (R), влажности (W) и зольности (A) торфяной залежи (1 – архивные данные; 2 – современные данные)**

Таким образом, в результате сравнения торфяной залежи до осушения и спустя 40 лет после него, обнаружены различия таких физико-технических свойств торфа, как степень разложения и влажность. Ботанический состав и зольность проанализированных нами образцов торфа и архивных данных оказались сходными.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00376 мол\_а.*

#### **Литература:**

1. David J. Luscombe, Karen Anderson, Emilie Grand-Clement, Naomi Gatis, Josie Ashe, Pia Benaud, David Smith, Richard E. Brazier. How does drainage alter the hydrology of shallow degraded peatlands across multiple spatial scales. *Journal of Hydrology*. Volume 541, Part B, October 2016, Pages 1329-1339.
2. Jennifer Williamson, Edwin Rowe, David Reed, Lucia Ruffino, Peter Jones, Rachel Dolan, Helen Buckingham, David Norris, Shaun Astbury, Chris D. Evans. Historical peat loss explains limited short-term response of drained blanket bogs to rewetting. *Journal of Environmental Management* 188 (2017) 278-286.
3. Mika Nieminen, Tapani Sallantausta, Liisa Ukonmaanaho, Tiina M. Nieminen, Sakari Sarkkola. Nitrogen and phosphorus concentrations in discharge from drained peatland forests are increasing. *Science of the Total Environment* 609 (2017) 974–981.
4. Hannu Marttila, Satu-Maaria Karjalainen, Minna Kuoppala, Mika L. Nieminen, Anna-Kaisa Ronkanen, Bjørn Kløve, Seppo Hellsten. *Science of the Total Environment*. 643 (2018) 1304-1313.
5. Liisa Maanavilja, Kaisu Aapala, Tuomas Haapalehto, Janne S. Kotiaho, Eeva-Stiina Tuittila. Impact of drainage and hydrological restoration on vegetation structure in boreal spruce swamp forests. *Forest Ecology and Management*. Volume 330, 15 October 2014, Pages 115-125.
6. Отчет о детальной разведке торфяного месторождения Васюганское (участок № 5 у с. Красный Бакчар) Бакчарского района Томской области / Производственное геологическое объединение по разведке торфа Торфгеология, Горьковская геолого-разведочная экспедиция. Горький, 1985.



**БЛОКОВАЯ СТРУКТУРА МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД ЮЖНОГО СКЛОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА (ПШАДСКО-БЕТТИНСКОЕ МЕЖДУРЕЧЬЕ)**

*Хачатрян В.Н., Бондаренко Н.А.*

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия,  
[akel.vladimir@yandex.ru](mailto:akel.vladimir@yandex.ru)

Аннотация. На основе морфометрических методов выделены морфотектонические структуры в пределах южного склона С-З Кавказа (Пшадско-Беттинское междуречье), которые представлены блоками разного ранга. Всего изучены долины 5 порядков, что позволило выделить на изучаемой площади два макроблока, состоящих из блоков более низкого ранга. Выделенные блоки являются результатом взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов. Сопоставление полученных данных с геологическим строением территории позволяет сделать вывод об активности морфоструктур и преобладании тектонических движений над эрозией и денудацией.

Ключевые слова: блоковые структуры, морфометрический анализ, линеаменты

**BLOCK STRUCTURE OF ROCKS MASSIFS OF THE SOUTHERN SLOPE OF THE NORTH-WEST CAUCASUS (PSHADSKO-BETTINSKOE MEZHDURECH'YE)**

*Khachatryan V.N., Bondarenko N.A.*

Kuban state University, Krasnodar, Russia, [akel.vladimir@yandex.ru](mailto:akel.vladimir@yandex.ru)

Abstract. Based on the morphometric methods selected morphotectonic structure within the southern slope of the NW Caucasus (Pshadsko-Bettinskoe mezhdurech'e), which are represented by blocks of different rank. In total, valleys of 5 orders of magnitude were studied/ That allowed to allocate two macroblocks, consisting of blocks of lower rank, at the studied area. The selected blocks are the result of the interaction of endogenous and exogenous factors. Comparison of the data obtained with the geological structure of the territory leads to the conclusion about the activity of morphostructures and the predominance of tectonic movements over erosion and denudation.

Key words: block structures, morphometric analysis, lineaments

В результате расчленения территории поверхностями структурных неоднородностей различных видов массивы горных пород Северо-Западного Кавказа имеют блочную структуру, где размеры отдельных структурных блоков определяются расстояниями между соседними поверхностями структурных неоднородностей одного типа (порядка). Изучаемая территория сложена породами флишевой формации Новороссийского синклиория: карбонатный флиш (маастрихт) и терригенный (даний). В первом случае циклиты представлены сочетанием: песчаник (обломочный известняк) - мергель-известняк (глина), а во втором – песчаник-аргиллит-глина (анкерит). Анизотропное строение

массивов и тектонические деформации определяют общую блоковую структуру территории.

Ранее для южного склона Северо-Западного Кавказа было установлено, что новейшие и современные тектонические движения блоков и отдельных их участков находят структурно-геоморфологическое отражение в развитии и активизации различных экзогенных геологических процессов. Как правило, их проявление особенно четко прослеживается в виде систем речных долин разного ранга, которые посредством избирательной эрозии закладываются по зонам тектонических нарушений [1].

В качестве объекта исследования в работе выбрана речная сеть Пшадско-Беттинского междуречья. Предметная область – разносторонние притоки различных порядков и их количественные соотношения. Цель работы – определение границ блоков, их ранжирование и установление направленности тектонических движений. Методика изучения блокового строения горного массива на участке Пшадско-Бетта опиралась на следующие теоретические представления [2]:

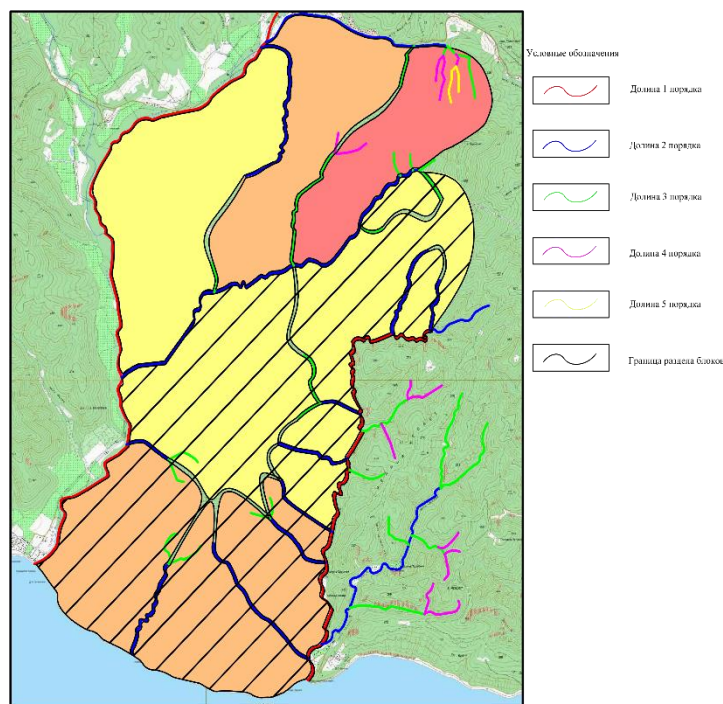
блоковая структура массивов горных пород обусловлена развитием упорядоченных иерархических систем структурных неоднородностей от микротрещиноватости до крупных разломов;

поверхностным выражением глубинной тектонической делимости земной коры региона являются линеаменты, подчеркнутые, главным образом, эрозионными долинами, которые посредством избирательной эрозии закладываются по зонам тектонических нарушений, и чем ниже порядок речной долины, тем более активную или глубокую тектоническую зону она наследуют.

Для выделения и ранжирования блоковых структур применялись методы морфометрического анализа рельефа поверхности [3, 4]. Фактическим материалом служила топокарта масштаба 1:25000.

На первом этапе был выполнен расчет порядков долин. Долина главного водотока принята за долину первого, самого высокого, порядка. Долины водотоков, впадающих в главный водоток, формируют долины второго порядка и так далее. Всего было выделены долины 5 порядков. Оценку блокового строения участков массива проводилась на данных о наиболее крупных притоках – долинах 2-го и 3-го порядков. Долины более низких порядков для анализа не использовались, т.к. их протяженность и вероятность, что тектонический фактор является одним из ведущих при формировании долин, весьма малы. Площадь главного линеамента-блокораздела определялся водораздельным пространством между двумя соседними долинами 2-го порядка, которые имеют значимую протяженность. Аналогичный метод использован и для выделения блоков более низкого ранга.

В результате была построена карты-схемы линеаментов-блокоразделов Пшадско-Беттинского междуречья (рис. 1). Ее анализ показал, что приповерхностная часть территории сложена морфоструктурами разного ранга. Согласно пространственному и количественному распределению притоков основных рек выделено два морфометрических блока (южный и северный). Блоки имеют удлиненную (субмеридиональную) в плане форму и представляют собой области, воздымающиеся или опускающиеся относительно друг друга. При этом южный блок воздымается относительно северного. Каждый блок состоит из участков более низкого ранга, положение которых определено количественным соотношением долин более высоких порядков. Это в целом согласуется с данными неотектонического районирования территории выполненным С.А. Несмеяновым [5].



**Рисунок 1 – Карта-схема линементов-блокоразделов Пшадско-Бетгинского междуречья**

О направленности тектонических движений можно судить по количественному соотношению разносторонних притоков в блоках. Южный блок характеризуется большим количеством притоков с востока у р. Пшад и с запада у р. Бетта. В случае, когда количество разносторонних притоков одинаково, интенсивность движения соседствующих блоков одинакова.

Сопоставление границ выделенных блоков с геологическим строением территории выявило лишь частичное их совпадение, что позволяет считать выделенные морфоструктуры активными.

Таким образом, предлагаемый методический подход позволит существенно уточнить модели изменения напряженно-деформируемого состояния массивов горных пород, что особенно важно при проектировании долгосрочных сооружений, сооружений повышенного уровня ответственности, линейных сооружений в целях повышения уровня безопасности при их долговременной эксплуатации. Полученный графический материал можно использовать для оценки геодинамического риска горных территорий, составления тектонических основ сейсмического микрорайонирования и пр.

#### **Литература:**

1. Ефременкова О.И. Определение границ и ранжирование блоков реперного участка горного массива. Научное сообщество студентов: междисциплинарные исследования: сборник статей по материалам III международная студенческая научно-практическая конференция № 3. [sibac.info/sites/default/files/conf/file/stud\\_3\\_3.pdf](http://sibac.info/sites/default/files/conf/file/stud_3_3.pdf).
2. Корсакова О.П., Колька В.В., Савченко С.Н. Блочные структуры Кольского полуострова, их устойчивость в условиях природно-технических систем (на примере горных массивов Хибин и Ловозеро). Вестник МГТУ. Том 12. №3. 2009. С. 478-491.
3. Симонов Ю.Г. Объяснительная морфометрия рельефа. М.: ГЕОС. 1999. 263 с.
4. Философов В.Л. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов, изд. Саратовского ун-та. 1975. 232 с.
5. Несмеянов С.А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа. М.: Недра. 1992. 254 с.

**СУЛЬФАТЫ В СНЕГОВОЙ ВОДЕ Г. СВИРСК (ПРИБАЙКАЛЬЕ)***Холодова М.С., Долгих П.Г.*

Институт геохимии им. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия, akimova@igc.irk.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований макрокомпонентного состава жидкой фазы снега территории г. Свирск. Установлено, что атмосферные выпадения обогащены сульфат и карбонат-ионами, где основными источниками поступления этих элементов является аккумуляторное производство. Несмотря на то, что атмосферный перенос высоких концентраций этих химических элементов носит локальный характер, существует серьезная проблема загрязнения экосистемы р. Ангары и территории города в период снеготаяния.

Ключевые слова: снеговой покров, техногенное загрязнение, макроэлементы

**SULPHATES IN SNOW WATER G. SVIRSK (BAIKAL)***Kholodova M.S., Dolgikh P.G.*

Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, akimova@igc.irk.ru

Annotation. The results of studies of the macrocomponent composition of the liquid phase of snow in the territory of Svirsk are presented. It has been established that atmospheric deposition is enriched in sulphate and carbonate ions, where battery production is the main source of input for these elements. Despite the fact that the atmospheric transfer of high concentrations of these chemical elements is local, there is a serious problem of pollution of the r. Hangars and the territory of the city during the snow melt.

Key words: snow cover, technogenic pollution, macroelements

Одним из наиболее эффективных методов оценки техногенного загрязнения атмосферного воздуха в зимний период, является изучение химического состава снегового покрова. Природные и техногенные вещества поступающих в атмосферу в виде газов, твердых и жидких аэрозолей переносятся на значительные расстояния от источников загрязнения и при осадении депонируются в снеговом покрове. Снег, также обладая высокой сорбционной способностью, во время снегопада захватывает существенную часть атмосферных аэрозолей в результате чего, загрязняющие вещества накапливаются на однородном по свойствам естественном субстрате [1]. Анализ растворимой фазы снегового покрова на различные элементы дает возможность не только устанавливать ореолы распространения их повышенных концентраций и выявить источники поступления, но и в целом прогнозировать влияние техногенных процессов на окружающую среду. Целью настоящего исследования стало изучение особенностей распределения концентраций основных ионов в снеговой воде промышленной и селитебной зон г. Свирск.

Материалом для исследования послужили данные по химическому составу зимних атмосферных осадков, отобранных в зонах воздействия промышленных предприятий г.

Свирск. Пробы снега, весом до 10-15 кг, отбирались в полиэтиленовые мешки, растаплавались при комнатной температуре и фильтровались через фильтр «синяя лента». Все работы по отбору, подготовке и анализу снеговых проб проводились в соответствии с методическими рекомендациями и руководством по контролю загрязнения атмосферы (РД 52.04.186 № 2932-83). Для определения элементного состава проб применялся комплекс современных методов в аккредитованном аналитическом центре ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН.

Уровни накопления химических элементов (Q) в снеговом покрове определялись с учетом количества выпавшего снега на единицу площади за весь период снегостояния. Количество макроэлементов в водной фазе снегового покрова (в г/м<sup>2</sup>) определялось по формуле [2]:

$$Q=(C \times V) \div S, \quad (1)$$

где C – концентрация химического элемента в снеговой воде, г/л; V – объем снеговой воды, л; S – площадь пробоотбора, м<sup>2</sup>.

Показатель уровня аномальности содержания элементов – коэффициент концентрации (КК), рассчитывается как отношение содержания элемента в анализируемой пробе снега (C) к его фоновому содержанию (Cф) [3]:

$$КК = C/Cф \quad (2)$$

В качестве фона использовались усредненные данные по содержанию макроэлементов в пробах снега, отобранных со льда оз. Байкал.

Высокая степень загрязнения атмосферы г. Свирск связана с локальным расположением в центральной части города всех основных местных источников техногенного загрязнения: ТЭЦ, заброшенная промплощадка бывшего Ангарского мышьякового завода (АМЗ), крупный завод по производству аккумуляторов «ВостСибЭлемент». Промышленная площадка расположена в непосредственной близости к жилой зоне города и на удалении не более метров от р. Ангары – главной водной артерии региона, имеющей рыбохозяйственное значение и используемой в качестве основного источника питьевого водоснабжения для населения г. Свирск.

По химическому составу фоновые пробы водной фазы снегового покрова относятся к гидрокарбонатно-сульфатному кальциевому типу. В г. Свирск химический тип снеговой воды в селитебной зоне остается таким же, в промышленной зоне изменяется на сульфатно-гидрокарбонатный. В снеговой воде промышленной зоны г. Свирска значения рН изменяются от 6,1 (слабокислые воды) до 8,2 (слабощелочные воды), причем на большинстве станций значения водородного показателя соответствуют щелочным водам. Несколько меньшие изменения рН (от 5,9 до 7,9) характерны для жилых районов города. рН проб снеговой воды с акватории оз. Байкал в среднем составил – 6,01.

Аномальность содержания химических элементов в пробах снеговой воды г. Свирск была выявлена при помощи составления геохимических ассоциативных рядов элементов с коэффициентом концентрации в порядке убывания. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (14) – Ca<sup>2+</sup> (11) – F<sup>-</sup> (9) – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (7) – K<sup>+</sup> (4) – Cl<sup>-</sup> (2) – Mg<sup>2+</sup> (2,2) – Na<sup>+</sup> (1,5)

Анализ количественного распределения химических элементов в растворимой фазе снегового покрова показал, что наибольшей контрастностью (КК) для г. Свирск обладают сульфат-ион, ион кальция и фтора, обуславливающие техногенную нагрузку.

Проведенные исследования на территории г. Свирск обнаружили повышенное содержание сульфат-иона в пробах снеговой воды – средняя концентрация SO<sub>4</sub> составила 24,73 мг/л, наибольшая – 44,2 мг/л. Сравнительный анализ концентраций сульфат-иона в

пробах снеговой воды городов Иркутской области показал, что в г. Свирск наблюдаются наибольшие концентрации этого макрокомпонента, в большинстве случаев значительно превышающие показатели, полученные для других промышленных центров. Так например, в г. Братске (Речной порт) максимальное содержание сульфат-иона в снеговых водах составило 31,5 мг/л [4], в г. Иркутск – 19,6 мг/л, в г. Шелехов – 15,0 мг/л, в г. Ангарск – 12,1 мг/л, в г. Саянск – 6,7 мг/л. Эти концентрации не достигают ПДК для питьевых вод.

Расчеты поступления  $\text{SO}_4^{2-}$  на единицу площади снегового покрова в различных по техногенной нагрузке районах г. Свирск показали локальность переноса этого элемента от промышленного узла. Ореолы рассеивания концентраций  $\text{SO}_4^{2-}$  в снеговой воде г. Свирск указывают, что основным источником техногенного поступления сульфатов является Свирский аккумуляторный завод. Шлейф высоких концентраций этого поллютанта распространяется на прилегающую к городу акваторию р. Ангары. Следует отметить, что поступление сульфат-иона в снеговой покров г. Свирск в сотни раз превышает таковое на фоновой территории. В среднем, на квадратном километре промышленной зоны города за зимний период в снеговом покрове (жидкая фаза) аккумулируется 997 кг сульфат-иона, тот же показатель для жилых кварталов города составляет 418 кг/км<sup>2</sup>. Совсем незначительным по сравнению с величинами выглядит накопление сульфат иона в снеговом покрове Южного Байкала (фон) – 8,5 кг/км<sup>2</sup>.

Таким образом, высокие уровни аккумуляции сульфат-иона в снеговом покрове г. Свирск, указывают на существующую проблему загрязнения окружающей среды. Следует отметить, что количество сульфат-иона поступающее со снеговой водой в окружающую среду города и экосистему р. Ангары, имеет существенные величины и при многолетней техногенной эмиссии может оказывать негативное влияние на все составляющие окружающей среды, особенно это относится к живым организмам, включая человека. Полученные данные могут быть использованы при принятии инженерно-технических решений по минимизации загрязнения объектов окружающей среды в зоне деятельности промышленных предприятий, городских территорий и акватории р. Ангара.

*Работа выполнена в рамках исполнения государственного задания № 0350-2016-0025 и РФФИ Проект – (№ 18-301-11001) – мол\_а.*

### **Литература**

1. Ломоносов И.С., Макарова В.Н., Хаустов А.В. Экогеохимия городов Восточной Сибири. Якутск. Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1993. 108 с.
2. Коваль. П.В., Руш Е.А., Удодов Ю.Н., Королева Г.П., Андрулайтис Л.Д., Зарипов Р.Х. Геоэкология: воздействие сосредоточенного источника ртутного загрязнения на компоненты природной среды. Инженерная экология. 2004. № 6. С. 18–45.
3. Ачкасов А.И., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Ревич Б.А., Сает Ю.Е., Саркисян С.Ш., Смирнова Р.С., Трефилова Н.Я., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М. Недра. 1990. 335 с.
4. Янченко Н.И., Королёва Г.П., Ланько А.В., Акимова М.С. Поступление тяжелых металлов, сульфат-ионов и ионов фтора со снеговой водой в братское водохранилище / Вестник Иркутского государственного университета, Серия «Науки о Земле». 2010. № 7. С. 57–63.

**РАННЕПЕРМСКИЙ (300-270 МЛН. ЛЕТ) МАГМАТИЗМ ВОСТОЧНОГО  
КАЗАХСТАНА: РЕЗУЛЬТАТ СОЧЕТАНИЯ ПЛЕЙТ- И ПЛЮМ-  
ТЕКТОНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

*Хромых С.В.<sup>1,2</sup>, Котлер П.Д.<sup>1,2</sup>, Владимиров А.Г.<sup>1,2</sup>, Изох А.Э.<sup>1,2</sup>, Крук Н.Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия  
[serkhrom@igm.nsc.ru](mailto:serkhrom@igm.nsc.ru)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Приведен обзор раннепермского (300-270 млн лет) магматизма Восточного Казахстана. Показано, что объемы, состав и металлогеническая специфика магматических ассоциаций являются результатом сочетания процессов посторогенического растяжения литосферы на фоне активности Таримского мантийного плюма.

Ключевые слова: Центральная Азия, Таримский плюм, мантийно-коровое взаимодействие

**EARLY PERMIAN (300-270 MA) MAGMATISM IN EASTERN KAZAKHSTAN:  
IMPLICATIONS FOR PLATE TECTONIC-PLUME INTERPLAY**

*Khromykh S.V.<sup>1,2</sup>, Kotler P.D.<sup>1,2</sup>, Vladimirov A.G.<sup>1,2</sup>, Izokh A.E.<sup>1,2</sup>, Kruk N.N.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia, [serkhrom@igm.nsc.ru](mailto:serkhrom@igm.nsc.ru)

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The review of Early Permian (300-270 Ma) magmatism in Eastern Kazakhstan is given. The volume composition and ore specialization of the magmatic complexes are results of Interplay of post-orogenic extension processes and Tarim mantle Plume activity.

Key words: Central Asia, Tarim mantle plume, mantle-crust interaction

Территория Восточного Казахстана является центральной частью Алтайской коллизионной системы герцинид, образованной при косом столкновении Сибирского и Казахстанского палеоконтинентов. На посторогеническом этапе развития, в ранней перми, на территории был проявлен масштабный вулканизм и базит-ультрабазитовый и гранитоидный магматизм. Краткий обзор этих ассоциаций приведен ниже.

В центральной части коллизионной системы расположено несколько мульд, заполненных субщелочными базальтами, андезибазальтами и андезитами. Базитовые породы содержат повышенные количества щелочей, калия, фосфора, титана, а также Ва, Zr, легких лантаноидов. U-Pb датирование цирконов из вулканических пород позволило получить значения возраста в 297-290 млн лет. В юго-восточной части территории известны два вулканических аппарата центрального типа, сложенные дацитами, риодацитами и риолитами. В них встречены субвулканические тела, содержащие гранатовые и клинопироксеновые дацит-порфиры. Результаты их петрологических исследований, показали, что их магмы были сформированы в нижнекоровых условиях (10 кбар) при T от

1100°C до 1200°C за счет частичного плавления коровых субстратов под воздействием мантийных магм [1].

В пределах Чарской зоны известны несколько ареалов развития сравнительно небольших массивов габброидов и пикритоидов. С габброидами связаны рудопроявления Ti, с пикритоидами – Cu-Ni-ЭПГ минерализация. Состав базит-ультрабазитовых пород характеризуется повышенной калиевостью и обогащенностью несовместимыми элементами (легкие лантаноиды, Ba, Sr, Rb, Zr). Возраст габброидов оценен U-Pb датированием цирконов в  $293 \pm 2$  млн лет, а возраст пикритоидов – Ar-Ar датированием магматических амфибола и слюд в  $280 \pm 3$  млн лет. Сделано предположение, что формирование габброидов и пикритоидов произошло в результате термального взаимодействия мантийного плюма с литосферной мантией и включало два эпизода ее плавления [2].

В центральной части Чарской зоны среди раннекаменноугольных осадочно-вулканогенных пород расположены несколько относительно крупных многофазных интрузий, сложенных широким спектром пород – от габброидов и долеритов через монцодиориты и монцониты до граносиенитов, гранитов и лейкогранитов. Недавно было завершено детальное исследование пород Преображенского интрузива. Выявлено, что в процессе формирования интрузива происходило взаимодействие базитовых и гранитоидных магм на разных глубинных уровнях – на нижнекоровом уровне доминировало химическое смешение магм (миксинг) с образованием гибридных кварцевых монцонитов, на среднекоровом уровне частично контаминированные магмы взаимодействовали с образованием минглинг-структур, на верхнекоровом уровне базитовые магмы не взаимодействовали с гранитоидами, а внедрялись по трещинам в виде даек. Возраст формирования Преображенского массива оценен U-Pb датированием цирконов в 291-290 млн лет [3].

Масштабное переплавление осадочно-метаморфических толщ на посторогенном этапе привело к формированию крупных гранитоидных батолитов на месте турбидитовых палеобассейнов – Калба-Нарымского и Жарма-Саурского. Наиболее масштабно гранитоидный магматизм проявлен в Калба-Нарымской зоне. Геохронологические исследования последних лет позволили установить, что главный объем Калбинского батолита сформирован на посторогенной стадии в интервале 295-275 млн лет [4]. В составе Калба-Нарымского батолита выделено две главные ассоциации 1) гранодиорит-гранитная, сформировавшая главный объем батолита в интервале 296-286 млн лет назад, и 2) гранит-лейкогранитная, образовавшая несколько самостоятельных крупных массивов с возрастом 283-276 млн лет. Проведенное петрогеохимическое моделирование показало, что гранитоиды первой ассоциации формировались при частичном плавлении метапелитовых источников с участием небольшой доли метабазитового субстрата, а гранитоиды второй ассоциации – при плавлении метапелитовых субстратов в условиях привноса флюидом высокозарядных и редких элементов [5]. Характерной особенностью Калбинского батолита является присутствие редкометалльных гранитных пегматитов, формирующих крупные промышленные месторождения Li, Be, Cs, Ta, Nb (Асубулак, Белогорское, Огневка, Кварцевое и др.). Их фациальными аналогами являются пояса даек онгонитов северо-восточного простирания. Возраст редкометалльных пегматитов и онгонитов, установленный Ar-Ar датированием слюд, составил 290-285 млн лет. Исследования поясов онгонитовых даек позволило установить, что они содержат промышленные концентрации Li, Rb, Cs, обогащены F. Сформировавшие дайковые пояса магмы были образованы при



дифференциации гранитоидных магм Калбинского батолита в условиях привноса с ювенильными флюидами рудных компонентов [6]. Источником ювенильных флюидов, обогащенных специфичными компонентами, мог являться подкоровый мантийный резервуар. Его производные являются наиболее поздними магматическими образованиями и представлены поясами базитовых даек северо-восточного простирания. Базиты представлены субщелочными долеритами, диоритами и лампрофирами и содержат повышенные концентрации Cs, Rb, Be, Li, Nb, Ta, F и В. Их возраст оценен U-Pb датированием цирконов и составляет 279 млн лет.

Обзор полученных данных свидетельствует что на территории Восточного Казахстана в интервале 300-270 млн лет назад было проявлен масштабный базит-гранитоидный магматизм. Породы мантийного генезиса являются субщелочными, геохимически обогащенными и отвечают породам внутриплитных (плюмовых) геодинамических обстановок. Исходя из полученных данных, целесообразно расширить область Таримской крупной магматической провинции на северо-запад, охватив территорию Восточного Казахстана. Столь значительное распространение термического возмущения в верхней мантии очевидно стало возможным благодаря процессам пост-орогенического растяжения после коллизии Сибирского и Казахстанского континентов. Реологическое ослабление литосферы позволило глубинным расплавам проникать в литосферную мантию, образовав крупные очаги базитовых магм. В дальнейшем развитие мантийно-корового взаимодействия происходило по двум сценариям (механизмам) – 1) прямое взаимодействие базитовых магм с коровыми субстратами на средне-верхнекорových уровнях и 2) флюидное воздействие на процессы генерации и дифференциации гранитоидных магм.

Таким образом, современный геологический облик и металлогеническая специфика территории Восточного Казахстана является результатом плейт-тектонических процессов посторогенического растяжения на фоне повышенного термического градиента в мантии, вызванного активностью Таримского мантийного плюма.

*Работа выполнена в рамках проектов фундаментальных исследований ИГМ СО РАН (базовый проект № 0330-2016-0003), при поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 5.1688.2017/ПЧ, проект № 14.Y26.31.0018), РФФИ (грант 17-05-00825).*

#### **Литература:**

1. Хромых С.В., Куйбида М.Л., Крук Н.Н. Петрогенезис высокотемпературных кремнекислых расплавов в вулканических структурах Алтайской коллизионной системы герцинид, Восточный Казахстан // Геология и геофизика. 2011. т. 52. № 4. с. 529–540.
2. Хромых С.В., Владимиров А.Г., Изох А.Э., Травин А.В., Прокопьев И.Р., Азимбаев Е., Лобанов С.С. Петрология и геохимия габброидов и пикритоидов Алтайской коллизионной системы герцинид: свидетельства активности Таримского плюма. Геология и геофизика. 2013. т. 54. № 10. с. 1648–1667.
3. Хромых С.В., Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н., Котлер П.Д., Соколова Е.Н. Мантийно-коровое взаимодействие в петрогенезисе габбро-гранитоидной ассоциации Преображенского интрузива, Восточный Казахстан. Петрология. 2018. т. 26. № 4. с. 376-399.
4. Хромых С.В., Цыганков А.А., Котлер П.Д., Навозов О.В., Крук Н.Н., Владимиров А.Г., Травин А.В., Юдин Д.С., Бурмакина Г.Н., Хубанов В.Б., Буянтусев М.Д., Анциферова Т.Н., Караваева Г.С. Позднепалеозойский гранитоидный магматизм Восточного Казахстана и Западного Забайкалья: тестирование плюмовой модели. Геология и геофизика. 2016. т. 57. № 5. с. 983-1004.
5. Котлер П.Д. Петрология гранитоидов Калба-Нарымского батолита (Восточный Казахстан). Диссертация на соискание уч. степени канд. геол.-мин-наук. Специальность 25.00.04 –петрология, вулканология. Новосибирск. 2017. 205 с.
6. Соколова Е.Н., Смирнов С.З., Хромых С.В. Условия кристаллизации, состав и источники редкометалльных магм при формировании онгонитов Калба-Нарымской зоны Восточного Казахстана. Петрология. 2016. т. 24, № 2. с. 168-193.

## ПРИЗНАКИ ГИПЕРГЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЗОЛОТА В ОТВАЛАХ ЗОЛОТОРУДНЫХ И РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Хусаинова А.Ш.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

[khusainova@igm.nsc.ru](mailto:khusainova@igm.nsc.ru)

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. В данной работе показано, что золото в экзогенной среде подвергается различным гипергенным трансформациям. Во-первых, изменяется морфология поверхности золота, которая выражена в структурах роста и растворения. Во-вторых, образуются различные псевдоморфозы по металлам, пленки разного состава на поверхности частиц, а также преобразуется химический состав золотоносных фаз. В-третьих, происходит механическая дифференциация вещества и образование зон вторичного обогащения. Таким образом, в работе показано как влияет способ складирования вещества и извлечения золота, а также физико-химические и биогенные процессы на степень гипергенных преобразований.

Ключевые слова: золото, гипергенные признаки, техногенно-минеральные образования

### **SUPERGENE GOLD TRANSFORMATION IN THE GOLD-BEARING WASTES**

*Khusainova A. Sh.*

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch Russian Academy of Sciences,

Novosibirsk, Russia, [khusainova@igm.nsc.ru](mailto:khusainova@igm.nsc.ru)

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The article shows that gold is exposed by various supergene transformations in the exogenic environment. Firstly, there is the alteration of the gold particles morphology. Secondly, there is the gold pseudomorphoses creation on the metals. The films which are formed on the gold particles have the different chemical composition. In some cases, gold fineness is altered. Thirdly, minerals and rocks undergo mechanical differentiation in the tailings. In the result the secondary enrichment horizon may be formed. Thus, the supergene transformation degree depends on the methods of store substance and gold extraction, also physical and chemical conditions and biology processes occurring in the wastes.

Key words: gold, supergene processes, wastes of mining

Вопрос о масштабах процессов растворения, перераспределения и образования «нового» золота в зоне гипергенеза актуален и дискусионен. Данная работа посвящена выявлению комплексов гипергенных признаков преобразования золота в техногенно-минеральных образованиях на примере хвостохранилищ и отвалов золоторудных и россыпных месторождений. В данном исследовании были изучены отвалы намывного и

насыпного (отвального) типов. К первой группе относятся отвалы Чернореченской россыпи (Средний Урал, Свердловская область) [3], р. Удереи (Енисейский Кряж, Красноярский край) [1], золоторудного месторождения Гардан (Алтая-Саянская складчатая область, Республика Тыва) [5]. Ко второму типу – отвалы рр. Ис и Тура (Средний Урал, Свердловская область) [2], Белоключевского и Ново-Урского месторождений (Салаирский кряж, Кемеровская область) [4]. Месторождения и, образованные в результате переработки руды хвостохранилищ, различаются по породно-минеральному составу, генезису, способу обогащения и складирования вещества.

Методика. На всех объектах для выделения золота использована единая методика отбора и обогащения проб. Исследования химического состава проб проходили в Центре коллективного пользования научным оборудованием для многоэлементных и изотопных исследований СО РАН (ЦКП МИИ СО РАН), а также в секторе «Наноминералогия» Пермского государственного университета (ПГНИУ). Исследование и описание морфологии частиц золота осуществлялись с помощью бинокулярного микроскопа Nikon SMZ-745 (ПГНИУ) и стереоскопического микроскопа Nikon SMZ1500 (ПГНИУ), химический состав и морфологические особенности золота с помощью методов сканирующей электронной микроскопии LEO VP 1430 (Carl Zeiss, Германия) INCA Energy SEM 350 (Oxford Instruments) и рентгеноспектрального микроанализатора JEOL 01430VP (ИГМ СО РАН) и JSM 6390LV фирмы JEOL (ПГНИУ).

Результаты. В ходе изучения золота из техногенно-минеральных образований различных месторождений, автором выделены следующие общие признаки преобразования золота в гипергенной среде, такие как:

1. Механическая дифференциация вещества в отвале. Распределение и концентрирование вещества и золота зависят от способа складирования. Так, например, для намывных отвалов характерна дифференциация вещества по горизонтали: от устья (точка поступления материала) к периферии, т.е. от грубообломочного к тонкодисперсному [1, 3, 5]; в то время как для насыпных отвалов – по вертикали [2, 4]. Максимальные содержания золота в намывных отвалах относятся к устью забоя, с последующим снижением крупности частиц и содержания по периферии; в насыпных отвалах – пик приурочен к горизонту вторичного обогащения.

2. Изменение морфологии частиц. Протекающие в отвале физические процессы преобразования вещества приводят к изменениям и преобразованиям золотоносных фаз. Данные процессы зависят от способа складирования вещества, способа извлечения и обогащения золота и физико-химических условий среды. В намывных отвалах преобладающим фактором преобразования золота является водная среда с постоянной сменой водного потока. В то время как в насыпных отвалах поступление воды осуществляется за счет атмосферных осадков, которые, мигрируя по отвалу, растворяют и осаждают золото. Доказательством данных процессов является морфология поверхности золота. Частицы несут на себе следы роста и/или растворения золотоносных фаз за счет физико-химического и/или биогенного влияния [4]. Автором выделены следующие особенности преобразования золота: укрупнение (агрегация) или диспергация частиц [5], которые образуются благодаря дисперсным, коллоидным фазам и золотосодержащим растворам. Кроме того, происходит образование новых золотоносных фаз с ртутью и интерметаллидами [2, 3, 5].

3. Изменение химического состава поверхности золота и образование пленок. Это явление происходит при поверхностном взаимодействии золотоносных фаз с отвальными

растворами, обогащёнными различными элементами. Отмечено, что для отвалов намывного типа изменение химического состава золота характеризуется изменением доли элементов-примесей (возрастание доли Cu, Ag, Fe, Hg, Co, Bi, Pd) и уменьшение пробности самого золота по профилю хвостохранилища [2, 3, 5]. Однако, обратная ситуация складывается для отвалов насыпного типа [4]. Золото такого типа чаще всего имеет пробность такую же, как и в природных объектах или выше.

4. Псевдоморфозы золота. В результате изменений условий среды, золотоносные фазы могут осаждаются из отвальных растворов на поверхности различных подложек. Автором выделены псевдоморфозы золота по зубчикам от медных молний, различным шарикам и палочкам из отвалов насыпного типа [2, 3].

#### **Выводы.**

1. В отвалах намывного типа распределение вещества и золота происходит по законам механической дифференциации. Материал распределяется от устья к периферии: от грубообломочного до дисперсного вещества, образуя своеобразный конус-выноса. Осадконакопление контролируется сменой динамики потока. В отвалах насыпного типа, в результате распределения вещества, образуется горизонт вторичного обогащения.

2. Изменение морфологии частиц, поверхностного состава и минеральных фаз золота происходит под действием экзогенных процессов. В результате взаимодействия породного вещества, в особенности сульфидных минералов, со сточными и поверхностными водами происходит окисление и растворение минералов, например, золота из сульфидных минералов, элементов-примесей в золоте и самого природного золота. Данные процессы приводят к миграции, а затем осаждению элементов как на золоте, так и на других материалах, с образованием новых золотоносных фаз, а также псевдоморфоз.

3. Бактерии, грибы и другие микроорганизмы оказывают существенное влияние на преобразование и образование гипергенного («нового») золота в техногенной среде, которые отражаются в структурах роста на поверхности частиц.

4. Гипергенные изменения золота проявляются за небольшой (краткий) промежуток времени.

*Исследование выполнено в рамках госзадания (проект 0330-2016-0001), при частичной финансовой комплексной программы фундаментальных научных исследований СО РАН II.1. № 303.*

#### **Литература:**

1. Путин Д.Г., Хусаинова А.Ш., Павлов А.В. Золото из техногенных отвалов бассейна реки Удерей (Енисейский кряж) // Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам X Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых): в 2 т. Пермь, 2017. С.78-81.
2. Хусаинова А.Ш. Типоморфизм золота из техногенных отвалов бассейна рр. Тура, Ис (Урал) // Металлогения древних и современных океанов-2016. Научное издание. Миасс: ИМин УрО РАН, 2016. С. 176-178.
3. Хусаинова А.Ш. Типоморфизм золота из техногенно-минеральных образований россыпей Красноуральского района (Северный Урал). Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам IX Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых): в 2 т. Пермь, 2016. С.78-81.
4. Хусаинова А.Ш. Трансформация самородного золота в техногенных отвалах Урского рудного поля // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: сб. мат-лов Всеросс.науч. конференции с междунар. уч. Чита, 2018. С. 383-386.
5. Хусаинова А.Ш. Эволюция золота в системе «коренной источник – россыпь – техногенные образования» на примере объектов Республики Тыва. Вестник молодых ученых ПГНИУ [Электронный ресурс]: сб. научн. тр. ПГНИУ. Пермь, 2015. С. 86-92.

**АТТРИБУТНЫЙ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ – КАК ОСНОВНОЙ СПОСОБ ПРОГНОЗА ПРОДУКТИВНОСТЕЙ ЗАЛЕЖЕЙ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ФУНДАМЕНТА**

*Цепляева А.И.*

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

[ce\\_anna@mail.ru](mailto:ce_anna@mail.ru)

Аннотация. В работе анализируются материалы 3D-сейсморазведки и описывается процесс атрибутного анализа, выполненный в интервале пород доюрского комплекса. Полученные результаты демонстрируют практическую возможность поиска и картирования залежей нефти в верхней части фундамента на базе атрибутного анализа сейсмических данных.

Ключевые слова: атрибутный анализ, 3D-сейсморазведка, фундамент, нефтегазоносность

**ATTRIBUTE ANALYSIS OF SEISMIC DATA – THE BASIC METHOD OF THE PRODUCIBILITY FORECASTING OF RESERVOIRS OF THE PALEOZOIC BASEMENT**

*Tseplyaeva A.I.*

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

[ce\\_anna@mail.ru](mailto:ce_anna@mail.ru)

Abstract. In this work, the 3D-seismic prospecting material is analyzed and the process of attribute analysis, performed in the range of rocks of the pre-Jurassic complex, is described. The obtained results demonstrate the practical possibility of prospecting and mapping of oil deposits in the upper part of the basement based on the attribute analysis of seismic data.

Key words: attribute analysis, 3D seismic prospecting, basement, oil and gas potential

За последнее десятилетие нефтегазовые компании все более успешно размещают скважины в продуктивных зонах фундамента. Ключевым фактором, определяющим формирование коллекторов в метаморфических породах палеозойского и допалеозойского фундамента, является трещиноватость, имеющая различное происхождение.

Для успешного прогнозирования геолого-физических свойств трещиноватых коллекторов требуется как изучение пород скважинными методами, так и применение передовых методов обработки и интерпретации данных сейсморазведки для предсказания распространения этих свойств в межскважинном пространстве. Эти трещинные зоны зачастую слабо выражены в сейсмических данных, но недавние достижения технологий, связанных с сейсмическими атрибутами и визуализацией помогают специалистам в их обнаружении и описании [1].

Объектом исследования является одно из месторождений нефти Красноленинского свода (Западная Сибирь), где рассматривается протерозой-палеозойский комплекс, сложенный метаморфическими породами, который подробнее описывается в работе [2].

В качестве базового инструмента для анализа были использованы данные 3D-сейсморазведки, полностью охватывающей площадь исследования. После выполнения стандартных процедур коррекции, внесения поправок в исходные сейсмотрассы и временной миграции, был получен итоговый сейсмический куб. Структурная интерпретация по целевым горизонтам проводилась в программном комплексе «Petrel» (Schlumberger). На данном этапе также был выделен набор основных тектонических нарушений в интервале от ОГ «М» (кровля викуловской свиты) до ОГ «А» (кровля фундамента).

Для вычленения зон неоднородности вдоль ОГ «А» и в различных временных интервалах от него использовался набор структурных (геометрических) сейсмических атрибутов – «Variance», «Chaos», «Ant Tracking», «Local Structural Dip», «Local Structural Azimuth», а также амплитудная (объёмная) кривизна («3D-Curvature») и ряд её разновидностей – максимальная отрицательная кривизна («Most negative curvature»), максимальная положительная кривизна («Most positive curvature») и кривизна Гаусса («Gaussian curvature») [3, 4].

На следующем этапе были рассчитаны соответствующие объёмные («RMS», «Quadratude Amplitude», «Reflection Intensity») и поверхностные («Maximum&Minimumamplitude», «Average amplitude», «Mean amplitude» и т.д.) амплитудно-зависимые сейсмические атрибуты, позволяющие подчеркнуть изменения волнового поля, связанные с предполагаемыми зонами присутствия коллекторов. Также дополнительно проанализированы материалы сейсмической инверсии. Основной принцип сейсмической инверсии заключается в переходе от динамических характеристик сейсмических волн (амплитуда, частота, фаза) к параметрам, напрямую характеризующим физические свойства пород разреза (скорость продольных и поперечных волн, объёмная плотность и их производные – акустический и сдвиговый импедансы).

В процессе работы была установлена зависимость между результатами испытания скважин и их положением относительно зон пониженной плотности на картах акустического импеданса. Проведенное сопоставление между промысловыми и сейсмическими данными показало, что совместное использование сейсмических атрибутов «AntTracking», «RMS» и «Chaos» позволяет выделять перспективные участки в верхней части палеозойского фундамента, связанные с повышенной трещиноватостью. Наиболее эффективным атрибутом при прогнозе коллекторских свойств пород палеозойского фундамента является акустический импеданс.

Полученные результаты демонстрируют практическую возможность поиска и картирования залежей нефти в верхней части фундамента на базе атрибутного анализа сейсмических данных.

#### **Литература:**

1. Закревский К.Е., Кундин А.С. Особенности геологического 3D-моделирования карбонатных и трещинных резервуаров. Москва. ООО «Белый Ветер». 2016. 404 с.
2. Tseplyaeva, A. I. (2015): Perspectives of oil and gas presence in pre-jurassic sediments on the example of one west siberian deposit. in IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 27. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/27/1/012019>
3. Aarre V., Astratti D., Dayyni T.N.A.Al, et al. Seismic Detection of Subtle Faults and Fractures. Oilfield Review. 2012. 24 (2). P. 28-43.
4. Chopra S., Marfurt K.J. Seismic Attributes for Prospect Identification and Reservoir Characterization. 2007. 331 p.

**ЛАМПРОИТОВЫЕ ПОРОДЫ РЯБИНОВОГО МАССИВА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛДАН) – РЕЗУЛЬТАТ СМЕШЕНИЯ ЛАМПРОИТОВОЙ И КАМАФУГИТОВОЙ МАГМ**

*Чайка И.Ф.<sup>1,2</sup>, Соболев А.В.<sup>3,4</sup>, Изох А.Э.<sup>1,2</sup>, Батанова В.Г.<sup>3,4</sup>, Крашенинников С.П.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия, [ivanlab211@gmail.com](mailto:ivanlab211@gmail.com)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет,

<sup>3</sup>IS TERRE, Гренобль, Франция

<sup>4</sup>Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,

Аннотация. Полученные в ходе изучения расплавных включений в оливине и хромшпинелидах данные, а также данные по химическому составу этих минералов, свидетельствуют о том, что в формировании лампроитовых пород Рябинового массива (Алданский щит, Центральнo-Алданская мезозойская высококалиевая провинция) принимали участие два типа магм: низко-Са лампроитового и высоко-Са камафугитового составов. Качественная модель зарождения и эволюции этих магм предполагает их образование из как минимум двухкомпонентного литосферного источника (обедненный перидотит + карбонат-флогопитовые обогащенные домены) в обстановке растяжения.

Ключевые слова: лампроит, камафугит, расплавные включения, оливин, хромшпинелид

**LAMPROITE-SERIES ROCKS OF THE RYABINOVIIY MASSIF (ALDAN SHIELD) AS RESULT OF MIXING BETWEEN LAMPROITE AND KAMAFUGITE MAGMAS**

*Chaika I.F.<sup>1,2</sup>, Sobolev A.V.<sup>3,4</sup>, Izokh A.E.<sup>1,2</sup>, Batanova V.G.<sup>3,4</sup>, Krashennnikov S.P.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>V.S.Sobolev Institute of Geology and mineralogy SB RAS, [ivanlab211@gmail.com](mailto:ivanlab211@gmail.com)

<sup>2</sup>Novosibirsk State University,

<sup>3</sup>IS TERRE, Grenoble, France

<sup>4</sup>Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS

Abstract. Obtained data on olivine- and Cr-spinelide-hosted melt inclusions as well as chemical composition of these minerals show that lamproite-series rocks of the Ryabinoviy massif (Aldan Shield, Central Aldan Mesozoic high-potassic province) were resulted from mixing of two distinct magmas: low-Ca lamproitic and high-Ca kamafugitic. Qualitive model of origination and evolution of these magmas suggests their origin from at least two-component lithospheric source (depleted peridotite + carbonate-phlogopite enriched domains) in extensional settings.

Key words: lamproite, kamafugite, melt inclusions, olivine, Cr-spinelide

Среди всех магматических пород высококалиевые разновидности выделяются в отдельную категорию, куда входят лампроиты, камафугиты, кимберлиты и щелочные лампрофиры [1]. Лампроиты – широкая группа магматических, преимущественно

гипабиссальных, пород. Она характеризуется ультракалиевой щелочностью и высоким (>10% содержанием MgO). Камафугиты, относясь также к высококалиевым породам, отличаются повышенным содержанием Ca, что проявляется в наличии специфических фаз, таких как мелилит. Несмотря на схожую геохимическую специфику этих пород и принадлежность главным образом к внутриплитным обстановкам, эти две группы пород редко встречаются в пределах одной и той же провинции, и даже в таком случае образуются в разное время и за счет различных механизмов [2].

Изучались расплавные включения в оливинах и хромшпинелидах из низкотитанистых лампроитов Рябинового массива (Алданский щит, Центрально-Алданская мезозойская высококалиевая провинция), а также их минералы-хозяева. Непрогретые включения раскристаллизованы, гомогенизация с последующей закалкой проводилась в вертикальной трубчатой печи Nabertherm RHTV 1700 [3]. Состав полученных закалочных стекол определялся с помощью микрозондового и SIMS анализов. Состав минералов-хозяев определялся с помощью микрозондового анализа, в том числе - высокоточной методики примесного анализа оливина [4]. Температуры кристаллизации оливина оценивались по оливин-шпинелевому термометру [5].

Полученные данные свидетельствуют о контрастных составах включений из оливинов и хромшпинелидов. По химической классификации [6] включения в хромшпинелидах отвечают лампроиту (ультра-К, низко-Са), тогда как включения в оливине по составу ближе к камафугиту (Na-К щелочности, высоко-Са). Основываясь на геохимических трендах и составах минералов-хозяев, показано, что имело место смешение этих магм при температуре около 1200 °С. Процессы силикатно-карбонатно-солевой несмесимости, показанные в предыдущих исследованиях [7] могли происходить как после смешения этих магм, так и вместе с ним. Основываясь на полученных данных, предполагается, что Th, U, Ta, Nb и LREE перераспределялись в карбонатно-солевую фракцию, образуя комплексы с F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

Полученные данные и изотопный состав изученных пород [8] указывают на древний (AR-PR) литосферный мантийный источник, обогащенный в ходе древних субдукционных процессов. Несмотря на различные составы, расплавы, отвечающие проанализированным включениям, могли образоваться из источника одного типа, представленного обедненным перидотитом с участками глиммеритового или флогопит-пироксенитового состава [9]. Камафугитовая магма при этом выплавлялась в ходе низкотемпературного декомпрессионного плавления в условиях насыщения карбонатом, а последовавший за декомпрессией привнос тепла из нижележащей астеносферной мантии привел к выплавлению более высокотемпературной лампроитовой магмы. Таким образом, на примере рассмотренного проявления обоснована возможность пространственно-временного совмещения лампроитового и камафугитового магматизма. Подобная связь, применительно к Центрально-Алданской щелочной провинции, может частично объяснять необычно широкие вариации составов и щелочности мезозойских магматических пород Центрального Алдана.

*Работа выполнена за счет средств гранта РФФИ (проект No 15-17-20036); исследования во Франции поддержаны грантом Labex OSUG@2020 (Investissements d'avenir – ANR10 LABX56).*

#### **Литература:**



1. Петрографический кодекс России: магматические, метаморфические, метасоматические импактные образования, СПб., Издательство ВСЕГЕИ, 2008, 200
2. Cundari, A., Ferguson A. K. Petrogenetic relationships between melilitite and lamproite in the Roman Comagmatic Region: the lavas of S. Venanzo and Cupaello. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 1991. Vol. 107, p. 343-357.
3. Krasheninnikov S.P. et al., Experimental Testing of Olivine-Melt Equilibrium Models an High Temperatures. *Doklady Earth Sciences*. 2017. Vol. 475. №2. P. 919-922
4. Batanova V.G., Sobolev A.V., Kuzmin D.V. Trace element analyzis of olivine: High-precision analytical method for JEOL JXA-8230 electron probe microanalyser. *Chem. Geol.* 2015, vol. 419, pp. 149-157
5. Coogan L.A., Saunders A.D., Wilson R.N. Aluminium-in-olivine thermometry of primitive basalts: Evidence of an anomalously hot mantle source for large igneous provinces. *Chem. Geol.* 2014, 368. 1-10.
6. Foley S.F. et al. The ultrapotassic rocks: characteristics, classification and constrains for petrogenetic models. *Earth Science Reviews*. 1987. 24. P. 81-134
7. Rokosova E. Yu., Panina L.I. Shonkinites and minettes of the Ryabinoviy massif (Central Aldan): composition and crystallization conditions // *Russian Geology and Geophysics*. 2013. 54. P. 613-626
8. Чайка И.Ф., Васюкова Е.А. Минералогия, геохимия и изотопия лампроитовых пород Тобукского комплекса и их связь с Au-рудоносным массивом Рябиновый // *Металлогения древних и современных океанов*. 2017. 1. С. 38-51
9. Förster M.W. et al., Melting and dynamic metasomatism of mixed harzburgite + glimmerite mantle source: Implications for the genesis of orogenic potassic magmas // *Chem. Geol.* 2016. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2016.08.037

**НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ИЗОТОПНО-ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТРИАСОВОГО ВУЛКАНИЗМА ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ (НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ТАЛЬМИНСКОЙ ВУЛКАНОСТРУКТУРЫ)**

*Чащин С.А., Попов В.К., Чащин А.А., Будницкий С.Ю.*

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия  
[s.cha@fegi.ru](mailto:s.cha@fegi.ru)

Аннотация. В сообщении представлены результаты минералого-петрографического, геохимического и изотопно-геохронологического изучения вулканитов тальминской толщи распространенной на юге (юго-западе) Приморья в пределах Хасанской впадины. Возраст пород тальминской тощи согласно данным радиоизотопного датирования (U-Pb-методам) соответствует уровню верхнего триаса (232.8-212.4 млн. лет). На основании полученных минералогических данных сделано предположения об участии процессов гибридизации в петрогенезисе средних и кислых пород тальминской толщи.

Ключевые слова: триас, геохронология, минералогия, геохимия, юг Приморья.

**NEW RESULTS OF MINERALOGICAL, GEOCHEMICAL AND ISOTOPE-GEOCHRONOLOGICAL STUDY OF TRIASSIC VOLCANISM IN SOUTH PRIMORYE (ON THE EXAMPLE OF TALMINSKY VOLCANIC STRUCTURE)**

*Chashchin S.A., Popov V.K., Chashchin A.A., Budnitskiy S.Yu.*

Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia, [s.cha@fegi.ru](mailto:s.cha@fegi.ru)

New geochemical, isotopic and geochronological investigation of volcanic rocks of the Talminskaya series prevailing in the south, south-west of Primorye, within the Khasanskaya valley, has yielded the Upper Triassic (232.8-212.4 Ma) age according to U-Pb dating. The obtained data allowed a suggestion about hybridization in the formation of mediosilicic and silicic rock of these series.

Key words: Triassic, geochronology, mineralogy, geochemistry, South Primorye

Выполнены петрографо-минералогические, геохимические и изотопно-геохронологические исследования вулканических образований тальминской толщи, распространенной на юге (юго-западе) Приморья в пределах Хасанской впадины. Толща выделена при проведении ГДП-200 Ханкайской серии листов К-52-XI, XVII [1] и сложена в основании разреза туфоконгломератами, туффитами и туфоалевролитами, выше – лавами базальтов, андезитов, игнимбритами и туфами дацитов и риолитов. Ранее в 60-х годах прошлого столетия данные вулканиты были выделены как «толща сенонских порфиритов и их туфов» [2]. В настоящее время возраст пород тальминской толщи принят с определенной долей условности как поздне триасовый на основании сопоставления с

подобными образованиями на территории КНР (район г. Лаохейшань), в которых ископаемая флора датируется норийским-рэтским веками [3].

**Возраст изученных вулканитов.** Для установления времени формирования пород тальминской толщи были выполнены детальные геохронологические исследования образцов типовых вулканитов, слагающих постройку одноименного палеовулкана. На первом этапе изотопно-геохронологического изучения вулканитов тальминской толщи датирование пород было осуществлено К-Аг методом в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН. Полученные результаты К-Аг датирования (по валовым пробам пород) указывают на то, что формирование толщи происходило в тоарское и плинсбахское время ранней юры (194–178 млн. лет). Однако, принимая во внимание, что эффузивы, слагающие Тальминский палеовулкан, в той или иной степени затронуты вторичными изменениями, возникла необходимость проверки полученных датировок. В связи с этим на втором этапе геохронологических исследований было выполнено U-Pb датирование цирконов из кислых пород палеовулкана. Так, цирконы, выделенные из игнимбритов риодацитового состава, исследовались в ДВГИ ДВО РАН методом LA-ICP-MS на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Agilent 7500a с системой лазерного удаления пробы UP-213. Средневзвешенный конкордантный возраст цирконов составил  $232.8 \pm 1.1$  млн. лет при СКВО = 2.3. Параллельно этим же методом в Национальном музее Геологии и Палеонтологии г. Цукуба, Япония были продатированы кристаллы циркона из дацитов. Полученные U-Pb датировки образуют на гистограмме возрастов два хорошо выраженных статистических максимума – 212 млн. лет и 220 млн. лет. Таким образом, предварительные данные абсолютных возрастов, полученные U-Pb-методами по цирконам указывают, что образование пород тальминской толщи происходило в карнийское и норийское время верхнего триаса.

**Петрография и минералогия.** Базальты и андезибазальты представляют собой темно-серые с зеленоватым оттенком породы с порфировой или субафировой структурой. По минеральному составу среди них выделяются Pl+Crpx+Amf и Pl+Amf разности. При этом первый минеральный парагенезис характерен для магнезиальных базальтоидов, тогда как второй свойственен для глиноземистых андезибазальтов. В основной массе пород присутствуют микролиты Pl, Crpx, Amf, Mt и TiMt. Вкрапленники плагиоклаза во всех типах базальтоидов отвечают составам лабрадоров ( $An_{66.9-55.4}$ ) и андезинов ( $An_{44.1-34.1}$ ). Отдельные кристаллы минерала имеют прямую зональность ( $An_{66.9-55.4}$  в центральной части и  $An_{43.5-53.8}$  в краевой). Редкие вкрапленники клинопироксена отвечают по составу диопсиду ( $Wo_{47-45}Fs_{6-9}$ ) реже авгиту ( $Wo_{44}Fs_{14-17}$ ), а микролиты – авгиту ( $Wo_{44-43}Fs_{15-13}$ ). Отдельные зерна диопсида окружены каймой авгита ( $Wo_{42-44}Fs_{13-16}$ ). Примечательно, что в зернах диопсида и авгита в качестве примеси присутствует  $Cr_2O_3$  (до 1.21 мас. %). Амфибол представлен кальциевыми разновидностями и соответствует по составу магнезиальной роговой обманке (Mg# 0.74-0.86). Характерной особенностью встречающихся в основной массе микролитов Mt является наличие в них  $Cr_2O_3$  (0.65-12.61 мас. %) и примеси  $V_2O_5$  (0.33-0.51 мас. %).

Андезиты и дациты - темно-серые или черные породы иногда со столбчатой или плитчатой отдельностью. Структура пород мелкопорфировая или афировая. По минеральному составу среди них выделяются две основные петрографические разности – Pl+Crpx±Orpx и редко встречающиеся Pl+Amf. Плагиоклаз образует мелкие шестоватые кристаллы, а также микролиты в основной массе, по составу относящиеся к лабрадору ( $An_{68.1-52.1}$ ) или андезину ( $An_{48.8-41.1}$ ). Среди вкрапленников минерала встречаются кристаллы как с прямой ( $An_{68.1-56.9}$  в центральной части и  $An_{56.4-47.9}$  в краевой) так и обратной

( $Ap_{53.3-37.9}$  в центральной части и  $Ap_{64.5-40.3}$  в краевой) зональностью. Вкрапленники и микролиты клинопироксена имеют авгитовые составы ( $Wo_{44.6-40.1} Fs_{18.3-24.1}$ ). Иногда зерна авгита окружены пижонитовой каймой ( $Wo_{7.6-6.3} Fs_{48.5-50.3}$ ). Нередко кристаллы авгита обнаруживают зональность прямого типа ( $Wo_{43.6-42.4} Fs_{8.3-12.6}$  в центральной части и  $Wo_{43.6-41.6} Fs_{17.9-15.9}$  в краевой). Помимо этого, отдельные вкрапленники авгита имеют обратную зональность, связанную с падением ферросилитовой молекулы от центра ( $Fs_{24.1-14.9}$ ) к краю ( $Fs_{14.1-9.5}$ ) зерна. Редко встречающиеся кристаллы ортопироксена по составу отвечают бронзиту ( $Wo_{3.4-4.1} Fs_{29.4-28.5}$ ). Амфибол в породах представлен магнезиоганстингситом ( $Mg\# 0.71-0.82$ ). Своеобразной особенностью андезитовых лав Тальминского палеовулкана является наличие в них включений диоритов и кварцевых диоритов.

Наличие в средних и кислых лавах тальминской толщи вкрапленников плагиоклаза и клинопироксена с обратной зональностью, а также присутствие включений диоритов дают основания предполагать активное участие процессов гибридизации в происхождении этих пород.

**Петрохимический и редкоэлементный состав.** На классификационной диаграмме  $SiO_2 - (K_2O + Na_2O)$  фигуративные точки составов пород тальминской толщи располагаются в полях базальтов, андезибазальтов, андезитов, дацитов, риолитов нормальной щелочности.

По соотношения калия и кремнезема проанализированные базальты и андезибазальты толщи относятся к умереннокалиевой известково-щелочной серии. По величине отношения  $Na_2O/K_2O$ , все они обладают калиево-натриевой специализацией (1.8-4.8). С учетом полученных петрохимических и геохимических данных среди изученных базальтов и андезибазальтов были выделены магнезиальные и глиноземистые разновидности. Базальтоиды первой группы обладают, прежде всего, высокими концентрациями  $MgO$  (7.6-10.5 мас. %) при  $Mg \# = 69.8-75.5$  и низкими -  $Al_2O_3$  (13.73-15.5 мас.%). По величине коэффициента глиноземистости все они принадлежат к умеренноглиноземистым разновидностям ( $al=0.77-0.99$ ). Помимо этого, им свойственны несколько повышенный уровень содержания  $CaO$  и низкий -  $SiO_2$ . Геохимической особенностью данных пород являются высокие концентрации  $Cr$ ,  $Ni$ ,  $Sc$  и низкие -  $Rb$ . Повышенный уровень содержания  $MgO$ ,  $Cr$ ,  $Ni$  в магнезиальных базальтах хорошо согласуется с их петрографическими особенностями, а именно с присутствием в вулканитах вкрапленников высокомагнезиального клинопироксена. Для этих пород типичны несколько повышенные содержания REE ( $\Sigma TR+Y = 151-222$  г/т) и высокая степень фракционирования легких лантаноидов по отношению к тяжелым ( $La/Yb = 14.6-26.74$ ).  $Eu$  аномалия в магнезиальных лавах не проявлена ( $Eu/Eu^* = 0.68-1.05$ ).

Глиноземистые базальтоиды характеризуются высокими содержаниями  $Al_2O_3$  (16.6-18.6 мас. %) и умеренными -  $MgO$  (3.40-5.41 мас. %), при  $Mg \# = 54.6-65.5$ . Величина коэффициента глиноземистости в них колеблется от 1.0 до 1.5, что позволяет относить вулканиты к высокоглиноземистому типу. Для них свойственно умеренное содержание REE ( $\Sigma TR+Y = 83-166$  г/т) и невысокие отношения легких лантаноидов по отношению к тяжелым ( $La/Yb = 2.94-12.05$ ). Отдельные образцы имеют слабо выраженную отрицательную  $Eu$ -аномалию ( $Eu/Eu^* = 0.69-0.94$ ). По сравнению с вулканитами первой группы глиноземистым базальтам присущи повышенные концентрации  $Al_2O_3$ , HREE, а также в какой-то мере  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Na_2O$ , и пониженные -  $MgO$  и  $CaO$ ,  $Cr$ ,  $Ni$ ,  $Rb$ , LREE.

На диаграммах Th-Hf/3-Ta и Th-Hf/3-Nb/16 точки составов базальтоидов обеих групп попадают в поля вулканитов островных дуг и активных континентальных окраин. Помимо этого, на мультиэлементных графиках в описываемых базальтах также фиксируются «надсубдукционные» характеристики - минимумы по Nb-Ta и Ti.

Более кислые члены тальминской толщи - андезиты, дациты и риолиты по содержанию  $K_2O$  соответствуют умереннокалиевой известково-щелочной серии. Исключение составляют отдельные образцы андезитов и дацитов, фигуративные точки которых попадают в поле низкокалиевой серии. По величине  $Na_2O/K_2O$  отношения умереннокалиевые андезиты, дациты и риолиты обладают калиево-натриевой специализацией (0.51-3.3). По содержанию глинозема андезиты и дациты принадлежат к высокоглиноземистым образованиям ( $al = 1.5-2.4$ ), а риолиты к крайне высокоглиноземистым разностям ( $al = 13.9-14.7$ ). Суммарное содержание REE+Y составляет в андезитах 97.4-114.2 г/т, несколько повышаясь в андезидацитах, дацитах до 114.9-152.9 г/т и снижаясь в риолитах до 110.3-121.8 г/т. Отношения La/Yb колеблется от 5.42-7.30 в андезитах до 6.25-12.15 андезидацитах, дацитах и составляет 6.31-6.63 в риолитах. Для андезитов, дацитов и риолитов также характерно наличие Eu минимума ( $Eu/Eu^* = 0.58-0.78$ ; 0.42-0.67 и 0.05-0.06 соответственно). На дискриминантных диаграммах Th-Hf/3-Ta, Th-Hf/3-Nb/16 и Nb/La-Ba/La фигуративные точки изученных андезитов и андезидацитов располагаются в области составов вулканитов активных континентальных окраин и островных дуг.

Исходя из полученных геохимических данных можно сделать предположение о значительном участии в формировании базальтовых магм исследуемого палеовулкана литосферной мантии, преобразованной субдукционными процессами.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ мол\_а №18-35-00180.*

#### **Литература:**

1. Кутуб-Заде Т.К., Коваленко С.В., Короткий А.М. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Сер. Сихотэ-Алинская. Лист К-52-XI, XVII. Объяснительная записка. СПб. 2000. 140 с.
2. Васильев Б.И. Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Сихотэ-Алинская. Лист К-52-XVII. Объяснительная записка. М., 1960.
3. Коваленко С.В. Континентальные поздне триасовые вулканы Южного Приморья // Корреляция мезозойских континентальных образований Дальнего Востока и Восточного Забайкалья: Тез. докл. стратиграф. совещ. Дальневосточн. РМСК. Чита, 2000. С. 71-73.

## ЧИСЛЕННОСТЬ БАКТЕРИОФАГОВ В ЗОНАЛЬНЫХ И ПОЛЯРНЫХ ТИПАХ ПОЧВ

*Чекин М.Р.<sup>1</sup>, Кудинова А.Г.<sup>2</sup>, Лапыгина Е.В.<sup>3</sup>, Лысак Л.В.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

[mihail456@gmail.com](mailto:mihail456@gmail.com)

<sup>2</sup>Институт молекулярной генетики Российской академии наук, Москва Россия

<sup>3</sup>Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

<sup>4</sup>Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация: Статья посвящена проблеме экологической значимости микробных сообществ в почве посредством сравнения численности их составляющих – бактериофагов, бактерий и фильтрующихся форм прокариот (ФФП).

Ключевые слова: микробиология; почвоведение; экология; бактериофаги; полярные области

## THE QUANTITY OF BACTERIOPHAGES IN ZONAL AND POLAR TYPES OF SOILS

*Chekin M.R.<sup>1</sup>, Kudinova A.G.<sup>2</sup>, Lapygina E.V.<sup>3</sup>, Lysak L.V.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Moscow Lomonosov State University, Moscow, Russia, [mihail456@gmail.com](mailto:mihail456@gmail.com)

<sup>2</sup>Institute of Molecular Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Moscow State University named after MVLomonosov, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Moscow State University named after MVLomonosov, Moscow, Russia

Annotation: The article is considered to the problem of ecological significance of microbial communities in soil by comparing the number of their constituents – bacteriophages, bacteria and filtering forms of prokaryotes.

Keywords: microbiology; soil science; ecology; bacteriophages; polar areas.

Бактериофаги – самые мелкие и многочисленные обитатели нашей планеты, неотъемлемая часть микробных сообществ экосистем Земли. Об экологической значимости бактериофагов в почве известно значительно меньше, чем в водных экосистемах, хотя можно предположить, что бактериофаги имеют значение в регуляции численности бактерий в почве [1, 2].

Целью нашей работы является разработка метода определения численности бактериофагов в почвах методом прямой эпифлуоресцентной микроскопии при помощи люминесцентного красителя SYBR Green 1. Этот краситель широко используется при определении численности бактериофагов в водных средах.

Объектами исследования будут служить образцы верхних (0-10 см) горизонтов торфяной почвы, каштановой почвы, почв Арктики и Антарктиды. Образцы отобраны летом-осенью 2017 года.

1. Торфяная олиготрофная почва (Тверская обл., Западнодвинский лесоболотный стационар ФГБУН института Лесоведения РАН) (0-10 см, О),

2. Светлокаштановая почва (Волгоградская обл., с. Качалино) (0-10 см, АУ),

3. Псаммозем глееватый (Арктика, о. Алджера), горизонт 0-10 см
4. Литозем грубогумусовый мерзлотный (Арктика, о. Земля Александры), горизонт 0-10 см
5. Почва с гиполитным органогенным горизонтом (Антарктида, ст. Молодежная, холмы Талла), (0-10 см).

Определение численности бактериофагов в почве проводили с использованием красителя SYBR Green 1 (Molecular Probes, USA) методом эпифлуоресцентной микроскопии по методике, модифицированной нами для почвенных образцов.

Определение численности вирусов проводится с использованием красителя SYBR Green 1, успешно используемого для определения численности вирусов в водных средах, по методике [3], модифицированной нами. Краситель обладает высоким аффинитетом по отношению к ДНК и позволяет выявить и провести учет самых мелких компонентов микробных сообществ.

По данным эпифлуоресцентной микроскопии (краситель SYBR Green I) бактериофаги были обнаружены во всех проанализированных образцах верхних горизонтов (0-10 см) всех исследуемых почв (Таблица 1). Численность бактериофагов составила 0,1-1,1 млрд. в 1 г почвы. Максимальная численность бактериофагов была зафиксирована в торфяной почве (1,1 млрд. в 1 г почвы), минимальная численность – в почве Арктики (образец с о. Земля Александры) (0,1 млрд. в 1 г почвы). Также следует отметить, что численность в почве Антарктиды составила 0,5 млрд. в 1 г почвы, что выше в 2-5 раз численности бактериофагов в других образцах экстремальных почв (Арктика) и выше чем в каштановой почве (0,34 млрд. в 1 г почвы).

Определение численности бактерий показало, что численность бактерий в торфяной почве практически сопоставима с численностью в каштановой (3,6 млрд. в 1 г торфяной почвы и 3,0 млрд. в 1 г каштановой почвы). Однако численность бактериофагов в образце торфяной почвы (1,1 млрд. в 1 г почвы) в 4 раза больше численности фагов в каштановой (0,34 млрд. в 1 г почвы). Можно предположить, что численность бактериофагов зависит от степени увлажненности почвы, в более влажных, гидроморфных почвах их численность выше, чем в аридных. Численность бактерий в образцах экстремальных почв варьировала от 0,3 до 3,9 млрд. кл/г почвы, что выше, чем численность бактериофагов в соответствующих образцах почвы (0,1-0,5 млрд. в 1 г почвы), при этом численность бактериофагов в почве Антарктиды была выше численности бактерий в данном образце. Соотношение показателей численности бактериофаги/бактерии составляло 0,11-1,67.

Следующей целью нашей работы было сравнение полученных данных по общей численности бактерий с показателями численности фильтрующихся форм прокариот (ФФП). Показатели численности вирусов были на порядок выше, чем показатели численности ФФП в торфяной почве (фаги – 1,3, ФФП -0,24 млрд), численность ФФП в данном образце оказалась максимальной относительно других почв. Однако, стоит отметить незначительную разницу в численности ФФП, во всех образцах она не превышала 0,24 млрд в 1 г почвы, при том, что минимальная численность была зафиксирована в экстремальных типах почв 0,1-0,2 млрд кл в 1 г почвы. Соотношение бактериофаги/ФФП варьировало от 1,0 до 5,45. Максимальное значение соотношения бактериофаги/ФФП соответствовал торфяной почве, минимальное значение соотношения вирусы/ФФП – почвам Арктики.

**Таблица 1. Численность микроорганизмов в исследованных образцах (млрд. в 1 г почвы).**

<b>Микроорганизмы</b>	<b>Торфяная олиготрофная почва</b>	<b>Светлокаштановая почва</b>	<b>Почва с гиполитным органогенным горизонтом (Антарктида)</b>	<b>Псаммозем глееватый (о. Алджера, Арктика)</b>	<b>Литозем грубогумусовый мерзлотный (о. Земля Александры, Арктика)</b>
Численность бактериофагов	1,10	0,34	0,50	0,20	0,10
Общая численность бактерий	3,60	3,00	0,30	3,90	0,70
Численность ФФП	0,24	0,20	0,13	0,20	0,10

Таким образом, бактериофаги были зафиксированы как в зональных, так и в полярных типах почв. Численность вирусов была несколько ниже численности бактерий и выше численности ФФП. Зафиксирована достаточно высокая численность вирусов в торфяной почве. Значительная численность вирусных частиц в почвах позволяет предположить их экологически значимую роль в как зональных так и экстремальных почвенных сообществах.

#### **Литература**

1. Лапыгина Е.В., Лысак Л.В., Москвина М.И., Звягинцев Д.Г. Численность бактериофагов в аллювиально-дерновой почве (метод прямой эпифлуоресцентной микроскопии). Микробиология. – 2016. Т. 85, №6. С. 748-751.
2. Gonzales-Martin C., Teiggell-Perez N., Lyles M., Valladares B., Griffin D.W. Epifluorescent direct counts of bacteria and viruses from topsoil of various desert dust storm regions. Res. Microbiol. 2013. V. 81. P. 17–21.
3. Noble R.T., Fuhrman J.A. Use of SYBR Green 1 for rapid epifluorescence counts of marine viruses and bacteria // Aquat. Microb. Ecol. 1998. V. 14. P. 113–118.



**КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ СУЛЬФИДНОЙ ЖИДКОСТИ В ГАББРОИДНОМ МАССИВЕ  
РУДНЫЙ, СЗ МОНГОЛИЯ**

*Черданцева М.В.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[mariacherdantseva@gmail.com](mailto:mariacherdantseva@gmail.com)

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Знание процесса распределения рассеянных элементов в сульфидной жидкости имеет фундаментальное значение и может быть применено в целях эффективной оценки, прогноза и переработки Cu-Ni-ЭПГ руд. В представленной работе распределение элементов изучалось в небольшом габброидном теле Рудный, расположенном в СЗ Монголии, так как кристаллизацию сульфидной жидкости в нем можно считать происходящей в близких к закрытым условиям. Комплексный подход к изучению состава сульфидных глобул позволил получить наиболее полную картину распределения элементов при кристаллизации сульфидной жидкости в силикатном расплаве, и оценить особенности их фракционирования.

Ключевые слова: сульфидная жидкость, ЭПГ, распределение элементов, LA-ICP-MS

**SULFIDE LIQUID CRYSTALLIZATION IN RUDNIY GABBROID INTRUSION,  
NW MONGOLIA**

*Cherdantseva M.V.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia,

[mariacherdantseva@gmail.com](mailto:mariacherdantseva@gmail.com)

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The understanding of the process of trace elements distribution in sulfide liquid has a fundamental importance and can be applied for the efficient estimation, forecasting and exploration of Cu-Ni-EPG ores. In the work presented, the distribution of elements was studied in a small gabbroid intrusion Rudnyi located in the NW of Mongolia, since the crystallization of the sulfide liquid in it can be considered to occur in closed conditions. An integrated approach to studying the composition of sulfide globules made it possible to obtain the most complete picture of the distribution of elements in the crystallizing sulfide liquid, and to evaluate the features of their fractionation.

Key words: sulfide liquid, PGE, trace element distribution, LA-ICP-MS

Крупнейший и наиболее важный тип месторождений платиновых металлов связан с магматическими интрузивами основного-ультраосновного состава, где вследствие ликвации сульфидной жидкости происходит кристаллизация сульфидов Cu, Ni и Fe.

Поведение элементов-примесей при кристаллизации магматических расплавов является фундаментальной проблемой современной геохимии и петрологии.

Для выполнения поставленных задач использовался комплексный подход к изучению распределения элементов в сульфидах. Состав основных сульфидов (пирротин, пентландит, халькопирит, кубанит) и минералов элементов платиновой группы (ЭПГ) были изучены с помощью СЭМ с ЭДС, породное содержание элементов было изучено с помощью ICP-MS, а содержание рассеянных элементов в основных сульфидах было изучено с помощью сверхточного метода LA-ICP-MS.

Комплекс выполненных анализов, их сопоставление, пересчет масс-баланса и коэффициентов распределения, в совокупности с полученными другими исследователями данными, позволяет описать кристаллизацию сульфидной жидкости следующим образом: Начавший кристаллизоваться первым моносульфидный твердый раствор концентрирует в себе совместимые с ним Fe, Os, Ru, Ir и некоторое количество Pd, Co и Ni. При снижении температуры при реакции моносульфидного твердого раствора с промежуточными продуктами кристаллизации промежуточной сульфидной жидкости начинает кристаллизоваться грубозернистый пентландит, который начинает вбирать в себя нерастворимые в mss Ni, Co, Pd, Ru и нерастворимые в iss Ag и Rh, а также Au. При этом Pd и Ru становятся нерастворимыми в mss только вследствие снижения температуры. При дальнейшем снижении температуры Rh, Pd, Ag и Au перестают быть растворимыми в пентландите и начинают концентрироваться в остаточной сульфидной жидкости, богатой медью и всеми несовместимыми с mss компонентами, такими как Sn, Zn, Pt. Поэтому фиксируется некоторая зональность в распределении Ag и Pd - более высокие концентрации этих элементов отмечаются в центральной части грубозернистого пентландита. Все платиноиды, а в особенности Pt стремятся образовать связи с полуметаллами (Bi, Te и As), создавая собственные минеральные фазы. А поскольку только небольшое количество полуметаллов растворимо в mss [1], то наибольшее количество минералов платиновых металлов находится в пентландите и халькопирите. Не успевшие образовать собственные минеральные фазы Pt и Au концентрируются в халькопирите и пентландите, соответственно. При дальнейшем снижении температуры, на уровне около 250°C происходит разделение моносульфидного твердого раствора на две разности - богатый серой и тугоплавкими платиноидами (Os, Ir и Ru) моноклинный и бедный серой и тугоплавкими платиноидами гексагональный. Моносульфидные твердые растворы в дальнейшем распадаются с образованием монокристаллов пирротина и ламелл пентландита, куда сбрасываются нерастворимые с пирротинном Co и Ni. Промежуточный твердый раствор, закристаллизовавшийся из остаточной сульфидной жидкости при низких температурах, распадается с образованием ламелл кубанита в халькопирите. При этом кубанит концентрирует в себе несовместимое с халькопиритом серебро.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 14.Y26.31.0018) и РФФИ (16-35-00100)*

#### **Литература:**

1. Cafagna F. and Jugo P. J. An experimental study on the geochemical behavior of highly siderophile elements (HSE) and metalloids (As, Se, Sb, Te, Bi) in a mss-iss-pyrite system at 650°C: a possible magmatic origin for Co-HSE-bearing pyrite and the role of metalloid-rich phases in the fractionation of HSE. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2016, v. 178, pp. 233–258.

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И СТРУКТУРА ОТЛОЖЕНИЙ УЧАСТКА ХОРС-2 ИТМУРУНДИНСКОГО АККРЕЦИОННОГО КОМПЛЕКСА, СЕВЕРНОЕ ПРИБАЛХАШЬЕ**

*Чёрный Р.И.<sup>1,2</sup>, Сафонова И.Ю.<sup>1,2</sup>, Савинский И.А.<sup>1,2</sup>, Обут О.Т.<sup>2,3</sup>, Кривоногов С.К.<sup>1,2</sup>, Котлер П.Д.<sup>1,2</sup>, Хромых С.В.<sup>1,2</sup>, Перфилова А.А.<sup>1,2</sup>, Петренко Н.А.<sup>1,2</sup>, Гурова А.В.<sup>1,2</sup>, Маруяма Ш.<sup>2,4</sup>*

<sup>1</sup> Институт Геологии и Минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, Новосибирск, [ruslansahalin@icloud.com](mailto:ruslansahalin@icloud.com)

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск

<sup>3</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск

<sup>4</sup> Токийский Институт Технологий, Токио, Япония

Аннотация. В докладе представлены результаты исследования Итмурундинского аккреционного комплекса на основе научной литературы, картографических материалов и результатов полевых работ, проводившихся в рамках проекта Минобрнауки № 14.Y26.31.0018 «Мультидисциплинарное изучение складчатых поясов тихоокеанского типа и создание согласованной модели эволюции океанов, их активных окраин и мантийного магматизма» лаборатории эволюции палеоокеанов и мантийного магматизма (ЛЭПОМ) ГГФ НГУ. Выделены основные разновидности магматических и осадочных пород исследуемого участка, изучены структурные взаимоотношения между отдельными группами осадочных и магматических пород, полученные результаты рассмотрены с точки зрения современных моделей формирования аккреционных комплексов.

Ключевые слова: Итмурунды, аккреция, пелагические осадки, хемипелагические осадки.

**GEOLOGICAL STRUCTURE AND PATTERNS OF DEPOSITS OF THE HORSE-2 SITE OF THE ITMURUNDI ACCRETION COMPLEX, NORTH PRIBALHASH AREA**

*Cherny R.I.<sup>1,2</sup>, Safonova I.Y.<sup>1,2</sup>, Savinsky I.A.<sup>1,2</sup>, Obut O.T.<sup>2,3</sup>, Krivonogov S.K.<sup>1,2</sup>, Kotler P.D.<sup>1,2</sup>, Khromykh S.V.<sup>1,2</sup>, Perfilova A.A.<sup>1,2</sup>, Petrenko N.A.<sup>1,2</sup>, Gurova A.V.<sup>1,2</sup>, Maruyama S.<sup>2,4</sup>*

<sup>1</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia, [ruslansahalin@icloud.com](mailto:ruslansahalin@icloud.com)

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

<sup>4</sup>Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan

Abstract. The report presents the results of the study of Itmurundi accretion complex based on scientific literature, cartographic materials and results of field work carried out within the framework of the project of the Ministry of Education and Science № 14.Y26.31.0018 «Multidisciplinary study of the folded belts of the Pacific type and the creation of a consistent

model for the evolution of the oceans, their active margins and mantle magmatism» by the laboratory of evolution of paleoceans and mantle magmatism (LEPOM) GGD NSU. The main types of magmatic and sedimentary rocks of the investigated area were identified, the structural relationships between individual groups of sedimentary and magmatic rocks were studied, the results were considered from the point of view of modern models of accretion complex formation.

Key words: Itmurundi, accretion, pelagic sediments, hemipelagic sediments.

Итмурундинский офиолитовый пояс или Итмурундинская/Итмурунды-Казыкская зона находится в центральной части Казахстана, в северном Прибалхашье. Он расположен в пределах Итмурунды-Казыкской складчатой зоны, которая, в свою очередь, локализована в ядре Северо-Балхашского антиклинория центральной части Джунгаро-Балхашской складчатой системы [1, 2]. С конца 1990-х годов эта зона уже описывается некоторыми исследователями, как аккреционный комплекс или призма [3,4], изучение этого геологического объекта является крайне важным для получения более достоверной картины раннепалеозойской эволюции Палеоазиатского океана. В ходе полевых работ ЛЭПОМ ГГФ НГУ 2017, 2018 года на этом объекте были изучены обнажения магматических и осадочных пород, их структурное положение и литология, отобраны образцы пород для микропалеонтологического анализа, U-Pb датирования цирконов и геохимических исследований.

Выделяются три главные ассоциации пород: офиолиты (мантийная ассоциация), аккреционный комплекс (орогенная ассоциация) и континентальные отложения (пост-орогенная ассоциация). Вулканические и осадочные породы аккреционного комплекса входят в состав 3-х свит – итмурундинской (O<sub>1-2</sub>), казыкской (O<sub>2-3</sub>) и тюретайской (O<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>), разделенных тектоническими несогласиями. Центральную часть зоны занимает участок Хорс-2, в пределах которого на поверхность выходят породы итмурундинской свиты (O<sub>1-2</sub>): базальты, кремни, аргиллиты и алевролиты, граувакковые песчаники.

Повторяющиеся пачки пород – базальты-кремни-кремнистые аргиллиты – напоминают дуплекс-структуры и «хорсы» по [5], широко распространённые на многих аккреционных комплексах мира [6]. Изученные нами обнажения базальтов, кремней, кремнистых аргиллитов и алевролитов, и песчаников, их закономерные структурные взаимоотношения, т.е. нахождение базальтов в основании разрезов, их перекрытие кремнями и/или кремнистыми аргиллитами и алевролитами, и завершение разрезов песчаниками подтверждает соответствие этих ассоциаций пород модели стратиграфии океанической плиты (СОП), разработанной на аккреционных комплексах западной Пацифики [7, 8]. СОП представляет собой закономерную последовательность магматических (MORB, базальты срединно-океанических хребтов; OIB, базальты океанических островов; габбро и перидотиты) и осадочных (пелагические кремни, гемипелагические кремнистые осадки, турбидиты глубоководного желоба, симаунт: карбонатная «шапка», фации склонов и основания) пород океанической литосферы, которые соответственно изливались или отлагались на океаническом дне по мере того, как она двигалась от срединно-океанического хребта к зоне субдукции. Породы СОП, входящие в состав Итмурундинского аккреционного комплекса, формировались в ордовикском палео-океане, вероятно, в западной части Палеоазиатского океана [9], и были аккрецированы к его активной окраине в процессе субдукции.

### Литература:

1. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Лист L-43-XI. 1960 г.
2. Паталаха Е. А., Белый В. А. Офиолиты Итмурунды-Казыкской зоны. Офиолиты. 1981. С. 7-102.
3. Zhylkaidarov A. M. On the age of volcanogenic-cherty deposits of Dzhungar-Balkhash region on conodonts. Vestnik AN Kazahskoi SSR, 1988, p.84-86.
4. Степанец В. Г. Офиолиты Казахстана. Геология и геодинамика. Saarbrücken. 2016. 251 с.
5. McClay K. R. Glossary of thrust tectonic terms. England. 1992. 447 p.
6. Wakita K. Mappable features of mélanges derived from Ocean Plate Stratigraphy, in the Jurassic accretionary complexes of Mino and Chichibu terranes, Southwest Japan. Tectonophysics. 2012. P. 568–569.
7. Isozaki Y., Maruyama S., Fukuoka F. Accreted oceanic materials in Japan. Tectonophysics. 1990. №181. P. 179-205.
8. Maruyama S., Kawai T., Windley B. F. Ocean plate stratigraphy and its imbrication in an accretionary orogen: the Mona complex. Geological Society, London, Special Publications. 2010. №338. P. 55-75.
9. Dobretsov N. L., Buslov M. M., Vernikovskiy V. A., Neoproterozoic to Early Ordovician evolution of the Paleo-Asian Ocean: implications to the break-up of Rodinia. Gondwana Research. 2003. № 6. P.143-159.

**ПРИРОДА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ФЛЮИДОВ И МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ  
ИХ ЗАЛЕЖЕЙ В ГЫДАНСКОЙ ГАЗОНЕФТЕНОСНОЙ ОБЛАСТИ**

*Шадрина Е.С., Самойленко В.В., Гончаров И.В., Обласов Н.В.*

ОАО «ТомскНИПИнефть», Томск, Россия

[ShadrinaES@tomsknipi.ru](mailto:ShadrinaES@tomsknipi.ru)

Аннотация. По результатам комплексного геохимического исследования нефтей и газов нижнемеловых залежей Гыданского полуострова были выделены три генетических типа углеводородных флюидов и установлено влияние вторичных процессов на их состав и свойства. В разрезе меловых и юрских отложений района исследований были определены основные нефтегазоматеринские породы с высоким генерационного потенциалом и катагенетической зрелостью.

Ключевые слова: геохимические исследования, генетические типы нефти и газа, нефтегазоматеринские породы, Гыдан.

**THE ORIGIN OF HYDROCARBON FLUIDS AND THE FORMATION OF THEIR  
DEPOSITS IN THE GYDAN GAS-OIL-BEARING REGION**

*Shadrina E.S., Samoilenko V.V., Goncharov I.V., Oblasov N.V.*

TomskNIPIneft, JSC, Tomsk, Russia, [ShadrinaES@tomsknipi.ru](mailto:ShadrinaES@tomsknipi.ru)

Abstract. Three genetic types of hydrocarbon fluids were identified by comprehensive geochemical research. Secondary processes influence on fluid composition and properties was established. In Cretaceous and Jurassic sediments were identified thermally mature source rocks with high hydrocarbon generation potential.

Key words: geochemical research, genetic type of oil and gas, oil and gas source rocks, Gydan.

Гыданская газонефтеносная область – самая северная и труднодоступная область суши Западной Сибири, поэтому её изучение происходило замедленными темпами. Поэтому сейчас имеется сравнительно небольшой объём геохимической информации о природе и закономерностях распространения углеводородных флюидов. Однако, открытие в последние десятилетия здесь целого ряда месторождений и достижение колоссальных объемов добычи газа – свидетельство достаточно успешного развития этого нового газонефтедобывающего района Западной Сибири [1].

В работе проанализированы 31 проба нефти, 8 проб газа с 2 месторождений из нижнемеловых залежей, 358 проб кернового материала из разреза меловых и юрских отложений с 26 месторождений Гыданской газонефтеносной области. Настоящие исследования осуществлялись с помощью следующих методов исследования: газовая хроматомакс-спектрометрия (GC/MS) на приборе «Hewlett Packard» 6890/5973, изотопная

масс-спектрометрия DELTA V ADVANTAGE, пиролитический анализ образцов пород на установке «Rock-Eval 6 Turbo» фирмы VINCI Technologies.

По результатам комплексного геохимического исследования нефтей и газов выделены генетические типы нефтей и газов. На рисунках 1а и 1б представлены зависимости молекулярных параметров (Pr/Ph – отражает окислительно-восстановительные условия осадконакопления, Ki – зрелость исходного органического вещества) от изотопного состава углерода насыщенной фракции нефтей ( $\delta^{13}C$  – тип исходного органического вещества (ОВ)). На основании значений этих параметров изученные нефти разделились на две группы, которые отличаются типом и условиями накопления исходного органического вещества. Одна нефть на графиках заняла промежуточное место, поскольку имеет смешанную природу.

Изотопные и хроматографические исследования газов района исследования (рис.1б - диаграмма Бернарда в модификации Милькова А.В. [2]) позволили сделать вывод о том, что источником генерации газов являются породы, содержащие зрелый кероген III типа (неморской тип ОВ). Газ в вышерасположенных залежах имеет смешанную природу и представлен как газом этого же генетического типа, так и газом, образовавшимся в результате преобразования нефти микроорганизмами (биodeградация).

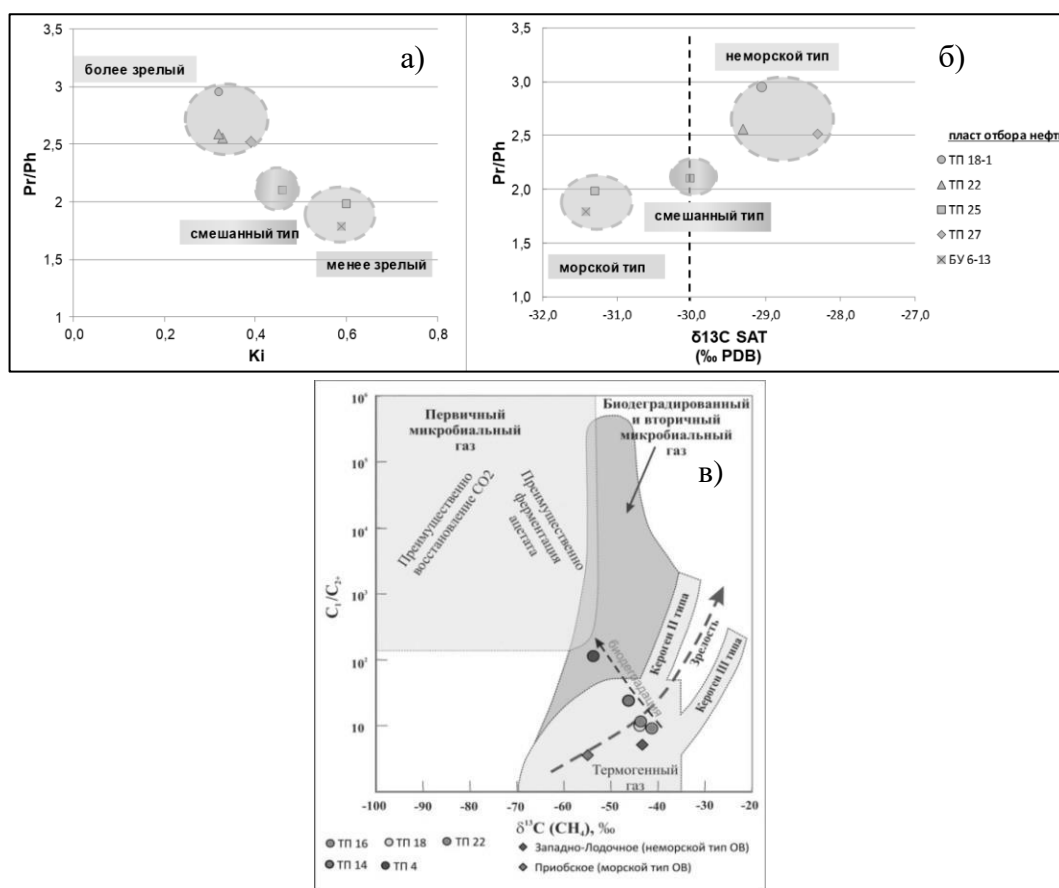
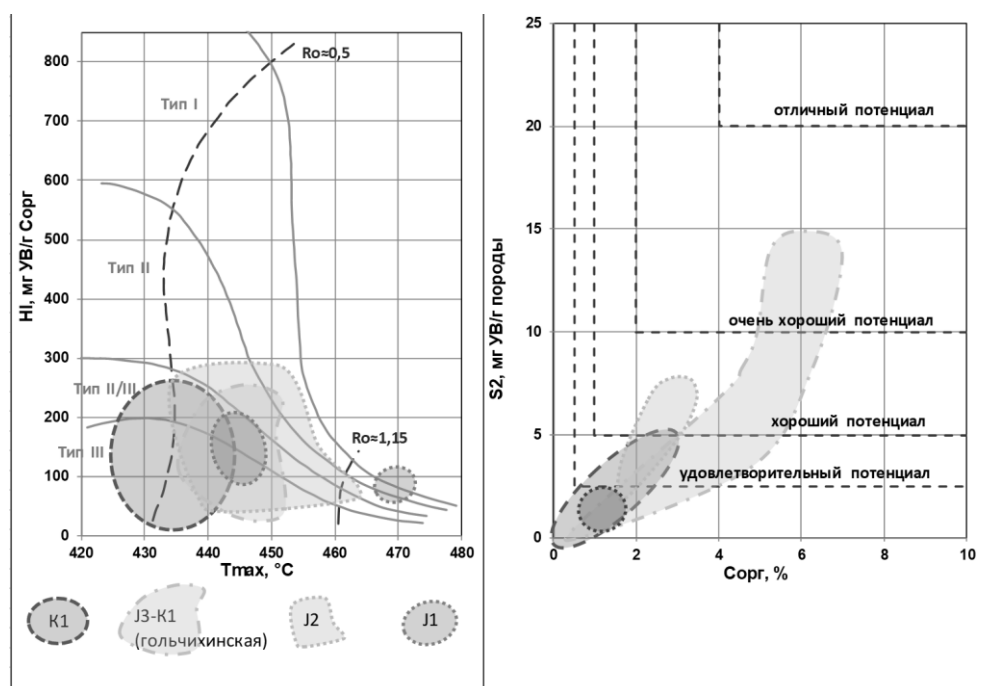


Рисунок 1 – Типизация нефтей (а, б) и газов (в) Гыданского полуострова на основе молекулярного и изотопного анализа

Для того, чтобы установить возможные источники генерации нефтей и газов, были проанализированы данные пироллиза пород из меловых и юрских отложений (рис.2). Породы выделялись по высокому генерационному потенциалу (S<sub>2</sub>, мг УВ/г породы и Сор<sub>г</sub>,

%), хорошему качеству органического вещества (HI, мг УВ/г Сорг) и нахождению его в главной фазе нефтеобразования (Tmax, °C). В результате были установлены три вероятных источника: это битуминозные отложения баженовского горизонта в разрезе гольчихинской свиты (J3-K1), малышевская и вымская свиты среднеюрских породы отложений (J2).



**Рисунок 2 – Характеристика типа и катагенеза органического вещества пород по данным пиролитического исследования**

### Литература

1. Скоробогатов В.А., Строганов Л.В. Гыдан: геологическое строение, ресурсы углеводородов, будущее. Москва. ООО «Недра-Бизнесцентр». 2006. 261 с.
2. Мильков А.В. Роль метанообразующей биodeградации углеводородов в формировании гигантских сеноманских залежей сухого газа на севере Западной Сибири. Геология нефти и газа. 2010. №4. С.55-62.



**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ  
ПРИ РЕГУЛЯРНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЯХ  
В ЗОНЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ**

*Шалагинов А.Е.<sup>1,2</sup>, Неведрова Н.Н.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

[shalaginovae@ipgg.sbras.ru](mailto:shalaginovae@ipgg.sbras.ru)

Аннотация. В статье представлены методические решения, применяемые при проведении регулярных электромагнитных наблюдений в сейсмоактивной зоне Горного Алтая. С использованием представленной методики впервые количественно оценен параметр электрической анизотропии ( $\lambda$ ) по данным установки АВ-МН в Чуйской впадине Горного Алтая. Установлено, что этот параметр наравне с электропроводностью можно эффективно использовать для характеристики напряженно-деформированного состояния геологических пород в зонах тектонических проявлений разрушительных землетрясений [1].

Ключевые слова: нестационарное электромагнитное зондирование, электропроводность, анизотропия, электромагнитный мониторинг.

**EXPERIENCE OF APPLICATION OF GALVANIC INSTALLATION  
AT REGULAR ELECTROMAGNETIC OBSERVATIONS  
IN THE ZONE OF SEISMIC ACTIVIZATION**

*Shalaginov A.E.<sup>1,2</sup>, Nevedrova N.N.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia.

<sup>3</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia.

[shalaginovae@ipgg.sbras.ru](mailto:shalaginovae@ipgg.sbras.ru)

Abstract. The article presents the methodological decisions applied when carrying out regular electromagnetic observations in the seismically active zone of the Gorny Altai. Using the presented technique, the electrical anisotropy parameter ( $\lambda$ ) was quantitatively estimated for the first time according to the АВ-МN installation in the Chui depression of Gorny Altai. It was established that this parameter along with the electrical conductivity can be effectively used to characterize the stress-strain state of geological rocks in the tectonic zones of destructive earthquakes [1].

Key words: TEM, conductivity, anisotropy, electromagnetic monitoring.

В центральной части Чуйской впадины Горного Алтая в районе пос. Мухор-Тархата, начиная с 2007 г., группой электромагнитного мониторинга Института нефтегазовой

геологии и геофизики СО РАН проводятся регулярные многолетние наблюдения методом становления электромагнитного поля (ЗС) с использованием индукционных (Q, q), комбинированных (AB-q) и гальванических (AB-MN) установок. В регионах с высокой сейсмической активностью повышенный интерес к исследованию разломных зон связан с тем, что они могут являться сейсмогенерирующими, поэтому определение степени их активности с помощью методов геоэлектрики является актуальной задачей. Наличие системы субвертикальных трещин с преобладающей ориентацией в каком-либо направлении будет порождать эффективную анизотропию, которая проявляется в электромагнитных полях.

Известно, что сигнал установки AB-MN существенно зависит от анизотропии проводимости, компоненты поля электрического диполя представляют собой сочетание гальванических и индукционных мод. Следовательно, при измерении электрических компонент поля при гальваническом возбуждении и регистрации сигнала можно исследовать электрическую анизотропию массива горных пород. Однако измерения с гальваническими установками (AB-MN) более подвержены влиянию различных искажающих факторов, таких как влияние неоднородностей разреза и вызванной поляризации (ВП) горных пород.

При индукционном возбуждении поля и регистрации сигнала локальные приповерхностные неоднородности, являющиеся геоэлектрическими помехами, влияют слабо, так как порождаемые ими искажения носят в основном гальванический характер. Совместное использование индукционной и гальванической установок, при измерениях в одном пункте, приводит к снижению действия принципа эквивалентности, что позволяет надежно и достоверно определить, как изотропные, так и анизотропные параметры модели. По данным соосной индукционной установки определяется геоэлектрическая модель и оцениваются изотропные параметры всех горизонтов геоэлектрического разреза, а коэффициент анизотропии ( $\lambda$ ) определяется по данным гальванической установки. Выбранная методика измерения обусловлена наименьшим влиянием искажающих факторов на установку «соосные петли», а установка AB-MN наиболее технологична при проведении полевых работ [2].

Методика интерпретации данных соответствует предложенной методике измерения - по данным индукционной установки определяется геоэлектрическая модель на участке исследования, которая далее рассматривалась как начальная модель для интерпретации данных установки AB-MN.

При измерениях гальванической установкой необходимо подобрать параметры приемно-генераторной установки так, чтобы измеренный сигнал был минимально искажен. На этапе подготовительных работ были выполнены зондирования установкой AB-MN с разным размещением приёмной линии MN относительно линии AB, изменялся азимутальный угол  $\phi$  и угол  $\psi$  между линией MN и AB (рис. 1).

Из сопоставления кривых ЭДС для измерений под разными азимутальными углами ( $\phi$ ) с параллельной установкой ( $\psi=0^0$ ) установлено, что при размещении линии MN под углами  $40-50^0$  полученные данные наименее искажены и погрешность подбора теоретической кривой минимальна.

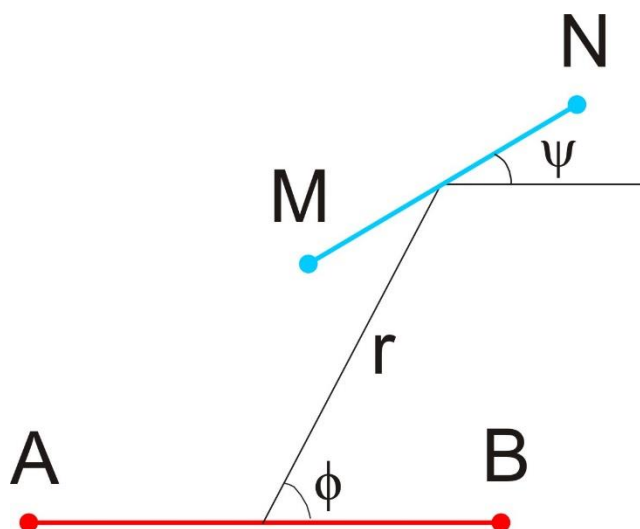


Рисунок 1 – Схема расположения линии MN относительно линии AB

Затем были сопоставлены полевые и теоретические кривые для измерений под разными углами  $\psi$  линии MN относительно линии AB. Из сопоставлений данных получено, что полевая кривая, полученная при измерении линией MN под углом  $\psi=0^0$ , лучше всего совпадает с теоретической кривой, рассчитанной для геоэлектрической модели этого участка

В результате исследования установлено, что на участке исследования в районе п. Мухор-Тархата измерения параллельной гальванической установкой с азимутальными углами  $40-50^0$  наименее всего искажены и геоэлектрическая модель, полученная в результате инверсии, соответствует геоэлектрической модели с соосной установкой.

По результатам обработки мониторинговых данных ЗС за 2007 -2017 гг. получены временные ряды значений УЭС и электрической анизотропии и вариации этих параметров для разных слоев геоэлектрического разреза. Привлечение, кроме традиционно используемого УЭС, коэффициента электрической анизотропии увеличивает информативность электромагнитного мониторинга, так как позволяет следить не только за вариациями, связанными с сейсмической активностью, но и эффективно исследовать трещиноватые разломные зоны с целью уточнения их местоположения и степени активности [3].

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 17-05-00654*

#### Литература:

1. Шалагинов А.Е. Вариации электрофизических параметров по данным нестационарного электромагнитного зондирования в зоне сейсмической активизации (на примере Горного Алтая): дис. к-та геол.-мин. наук : 25.00.10 : защищена 31.01.17 / Шалагинов Александр Евгеньевич. – Новосибирск: ИНГ СО РАН, 2017. 154 с.
2. Неведрова Н.Н., Шалагинов А.Е. Мониторинг электромагнитных параметров в зоне сейсмической активизации Горного Алтая. Геофизика. 2015. № 1. С. 31-40.
3. Шалагинов А.Е., Неведрова Н.Н., Шапаренко И.О. Вариации электрофизических параметров по данным электромагнитного мониторинга как индикатор активности разломных зон. Геодинамика и тектонофизика: Электронный журнал. 2018. Т. 9. № 1. С. 93-107.

**ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЛЮИДОВ НА  
ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ БЛАГОДАТНОЕ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ,  
РОССИЯ): ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В  
КВАРЦЕ**

*Шапаренко Е.О.*

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Новосибирск, Россия  
[shaparenkoe@gmail.com](mailto:shaparenkoe@gmail.com)

Аннотация. В настоящее время Благодатное месторождение представляет огромный интерес для изучения, так как является одним из крупнейших в российской золотодобывающей отрасли. Крупное золоторудное месторождение Благодатное находится в зоне влияния Татарского глубинного разлома на Енисейском кряже. Золотоносные ассоциации приурочены к кварцево-жильной зоне, в которой кварц образует жилы, линзы, желваки и прожилки. Были изучены флюидные включения из двух рудных тел с содержанием золота от 0,2 до 31 г/т. Установлены типы флюидов, которые принимали участие в формировании и преобразовании кварцевых жил месторождения Благодатное и их термобарогеохимические характеристики.

Ключевые слова: золото, флюидные включения, термобарогеохимические параметры, золотоносные флюиды

**THERMOBAROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF FLUIDS AT THE GOLD  
DEPOSIT BLAGODATNOYE (YENISEI RIDGE, RUSSIA): ACCORDING TO THE  
FLUID INCLUSIONS ANALYSIS**

*Shaparenko E.O.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia  
[shaparenkoe@gmail.com](mailto:shaparenkoe@gmail.com)

Abstract. Currently the Blagodatnoe deposit is of great interest for study, as it is one of the largest in the Russian gold mining industry. The large gold ore deposit, Blagodatnoye, is located in the zone of influence of the Tatar deep fault on the Yenisei Ridge. Gold-bearing associations are confined to the quartz-vein zone in which quartz forms veins, lenses, grooves, and veinlets. Fluid inclusions from two ore bodies with gold content from 0.2 to 31 g/t have been studied. The types of fluids that took part in formation and alteration of quartz veins of the Blagodatnoe deposit and their thermobarogeochemical characteristics have been established.

Key words: gold, fluid inclusions, thermobarogeochemical parameters, gold-bearing fluids.

Золоторудное месторождение Благодатное с запасами золота более 220 т находится в зоне влияния Татарского глубинного разлома на Енисейском кряже [3]. Золотоносные ассоциации (ранние – кварц±пирит±пирротин±арсенопирит и поздние – кварц-сфалерит-халькопирит±галенит) сконцентрированы в кварцево-жильной зоне мощностью до 150 м,

протяженностью 2,5 км и вертикальной амплитудой оруденения более 250 м [1]. Кварц является основным минералом, образуя жилы, линзы, желваки и прожилки. Выделено 3 генерации кварца: белый кварц, слагающий жилы, рассредоточенный по всей территории рудного поля; серый кварц с пылевидными включениями графита и золото-сульфидной минерализацией; кварц третьей генерации совместно с карбонатами, слагающий нитевидные прожилки, секущие ранние минеральные ассоциации [2].

Флюидные включения изучены в кварце из семи скважин двух рудных тел с содержанием золота в интервале от 0,2 до 1,4 г/т в первом теле и от 0,5 до 31,5 г/т во втором рудном теле. Для исследования первичных, первично-вторичных и вторичных включений применялся следующий комплекс методик: термометрия, криометрия и рамановская спектроскопия. Проанализированы следующие типы включений (Рис.1): однофазные ( $\text{Ж}_{\text{CO}_2}$ ,  $\Gamma_{\text{CO}_2}$ ,  $\text{Ж}_{\text{CO}_2+\text{CH}_4+\text{N}_2}$ ,  $\Gamma_{\text{CO}_2+\text{CH}_4+\text{N}_2}$ ), двухфазные ( $\text{Ж}_{\text{H}_2\text{O}}+\Gamma$ ) и трехфазные ( $\text{Ж}_{\text{H}_2\text{O}}+\text{Ж}_{\text{CO}_2}+\Gamma$ ,  $\text{Ж}_{\text{H}_2\text{O}}+\Gamma+\text{КР}$ ).

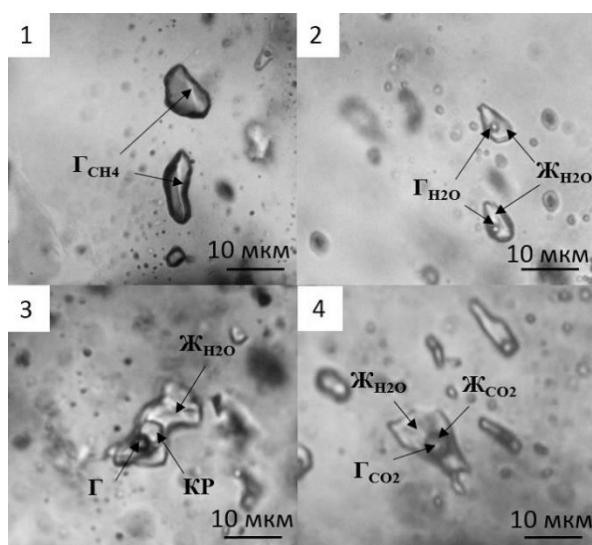


Рисунок 1 – типы флюидных включений в кварце Благодатного месторождения.

В результате проведенного анализа было установлено, что кварцевые жилы с высоким содержанием золота были сформированы водно-углекислотно-углеводородными флюидами в интервале температур от 230 до 350°C, давлений – от 1,8 до 2,6 кбар и солёности от 9,0 до 23,5 мас.% (NaCl-экв.) с преобладанием хлорида магния. В формировании кварцевых жил с низким содержанием золота принимали участие флюиды в интервале температур от 140 до 230°C, давлений 0,2 до 0,5 кбар и солёности 0,5 – 4 мас.% с преобладанием хлорида Na. На уже сформированные жилы накладывался высокосолёный (>40 мас.%) флюид, который в виде вторичных включений присутствует в кварце. Состав этого флюида определяют хлориды Ca и Na. Температура растворения кристаллика и общая гомогенизация составляет интервал 190-260°C.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в формировании и преобразовании кварцевых жил месторождения Благодатное принимали участие несколько типов флюидов с различными термобарогеохимическими характеристиками. Изменчивость характеристик может быть связана с нестабильностью окружающей обстановки, отражающей тектоническую активность участка, которая способствовала повышенному трещинообразованию. Это могло стать причиной перепадов давлений и температур, изменения кислотности-щелочности раствора, а, следовательно, и отложения золота.

### **Литература:**

1. Полева Т. В. Геология золоторудного месторождения Благодатное в Енисейском кряже / Полева Т. В., Сазонов А. М. Москва. Недра. 2012. 292 с.
2. Сердюк С.С., Коморовский Ю.Е., Зверев А.И., Ояберь В.К., Власов В.С., Бабушкин В.Е., Кириленко В.А., Землянский С.А. Модели месторождений золота Енисейской Сибири. Красноярск. СФУ. 2010. 584 с.
3. Anatoly M. Sazonov, Igor F.Gertner, Elena A.Zvyagina, Platon A.Tishin, Tatyana V.Poleva, Sergey I. Leontyev, Yuri V.Kolmakov, Tatyana S.Krasnova Ore-forming Conditions of the Blagodat Gold Deposit in the Riphean Metamorphic Rocks of the Yenisey Ridge According to Geochemical and Isotopic Data. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. V.2. 2009. P. 203-220.

## ГАББРОИДНЫЕ МАССИВЫ КАК ТЕПЛОВОЙ ИСТОЧНИК ХАНГАЙСКОГО БАТОЛИТА

*Шаповалова М.О.<sup>1,2</sup>, Шелепаев Р.А.<sup>1,2</sup>, Толстых Н.Д.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

[shapovalovam@igm.nsc.ru](mailto:shapovalovam@igm.nsc.ru)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. В работе приведены новые данные по петро- и геохимии пород ультрамафит-мафитовых массивов Хангайского нагорья (Орцог-Ула, Дулан-Ула, Манхан-Ула и Ямат-Ула). Массивы вместе с синхронными во времени гранитными комплексами формируют Хангайский батолит. Выявлены как надсубдукционные метки, так и характеристики плюма в исследуемом регионе. Сравнительный анализ массивов Хангая с интрузиями Восточного Казахстана и Западного Прибайкалья, которые также относятся к Центрально-Азиатскому складчатому поясу (ЦАСП), показал, что двойственность их геохимических характеристик было определено взаимодействием мантийного плюма и надсубдукционной литосферы.

Ключевые слова: Хангайский батолит, ультрамафит-мафитовые интрузии, пермский возраст, Центрально-Азиатский складчатый пояс

## GABBROID INTRUSIONS AS THERMAL SOURCE OF HANGAY BATHOLITE

*Shapovalova M.O.<sup>1,2</sup>, Shelepaev R.A.<sup>1,2</sup>, Tolstykh N.D.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia,

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [shapovalovam@igm.nsc.ru](mailto:shapovalovam@igm.nsc.ru)

Abstract. We present new data on petro- and geochemistry of rocks of Hangay uplands ultramafic-mafic intrusions (Ortsog-Ula, Dulan-Ula, Mankhan-Ula and Yamat-Ula) in paper. The intrusions with syntectonic granite complexes form Hangay batholite. Subduction-related features and indicators of plume action on the explored region are revealed. We have done the comparative analysis of massifs with intrusions of East Kazakhstan and the Western Baikal region belonged to the same structure of the Central Asian Fold Belt (CAFB). The comparative analysis showed duality geochemical characteristics of CAFB region was defined by interaction of a mantle plum and subduction-related lithosphere.

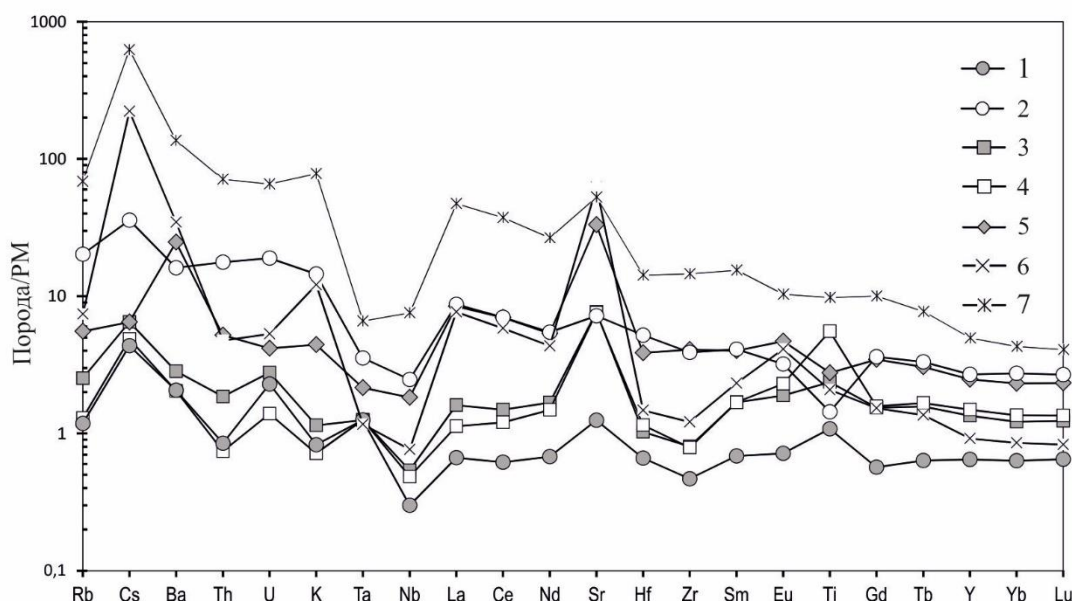
Key words: Hangay batholite, mafic-ultramafic intrusions, Permian age, Central Asian Fold Belt

Исследуемые ультрамафит-мафитовые массивы (Орцог-Ула, Дулан-Ула, Манхан-Ула и Ямат-Ула) находятся на территории Хангайского нагорья в северо-западной части Монголии и приурочены к центру Центрально-Азиатского складчатого пояса. В ходе исследования был выявлен возраст: массива Орцог-Ула  $278,7 \pm 2,5$  млн лет (1 фаза,  $^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$ ) и  $272 \pm 2$  млн лет (2 фаза, U-Pb, SHRIMP-II), массива Ямат-Ула -  $255,8 \pm 2,9$  млн лет (1 фаза, U-Pb),  $262,6 \pm 3,1$  млн (2 фаза, U-Pb) лет [1,2], что относится к пермскому периоду

их становления. Все интрузии слагают более ранние образования Хангайского батолита, который возник в интервале 269–240 млн лет [3], и являются его термальным источником.

Массив Орцог-Ула изучен детально. Выявлено, что он имеет две фазы внедрения, вторая фаза отличается от первой более высоким содержанием щелочей (появление биотита), титана и некогерентных элементов. Такое отличие свидетельствует об образовании этих фаз из различных магматических источников. На мультиэлементном спектре наблюдаются положительные аномалии Cs, Sr и отрицательные аномалии HFSE, таких как Ta, Nb для обеих фаз, и Zr и Th для первой фазы. Находящийся в 1,5 км массив Дулан-Ула имеет аналогичные графики распределения редких и редкоземельных элементов (рис. 1). Породы представлены сильноизмененными оливковыми габбро. Массив Манхан-Ула состоит из габбро и габброноритов. На мультиэлементном спектре также наблюдаются положительные аномалии Ba и Sr, и отрицательные - Ta и Nb.

В перидотит-габбро-монцогаббровом интрузиве Ямат-Ула, находящимся на юге Хангайского нагорья, ранее выделено 3 фазы внедрения [2], последняя из которых (монцогаббровая) также обогащена щелочами и некогерентными элементами, что указывает на обогащенный источник ее образования. Спектр редких и редкоземельных элементов соответствует спектрам вышеописанных массивов: пологий отрицательный наклон, максимумы по Cs, Ba, Sr и минимумы по Ta и Nb. Такие геохимические характеристики, наблюдаемые на спайдер диаграмме (рис. 1) (повышенные содержания Sr, Cs и Ba, низкие концентрации Nb и Ta) унаследованы от источника субдукционного происхождения.



**Рисунок 1 – Мультиэлементный спектр пород массивов Хангайского нагорья, нормированный на состав примитивной мантии [4]: 1,2 - Орцог-Ула (1- перидотит 1 фаза, 2- ОI-Вт мезогаббро 2 фаза); 3,4 – Дулан-Ула (ОI габбро); 5 – Манхан-Ула (габбронорит); 6,7 – Ямат-Ула (6- ОI габбро, 7- монцогаббро)**

Существуют две спорные точки зрения на формирование пород Хангайского нагорья в перми: 1) магматизм является следствием Хангайского мантийного плюма (или горячей точки) и относится к крупной изверженной провинции [5]; 2) магматизм связан с активной континентальной окраиной [6]. Геохимические характеристики пермских габброидов Хангай не дают однозначного ответа на вопрос о палеогеодинамической природе базитовых расплавов и о палеогеодинамической истории региона. С одной стороны, изученные



базитовые комплексы обладают характеристиками, типичными для базальтов островных дуг (положительные аномалии Sr, Cs и Ba, отрицательные аномалии Nb и Ta), с другой стороны присутствуют черты внутриплитных базальтов (обогащение щелочами, титаном и ЭПГ). С нашей точки зрения весьма вероятно модель взаимодействия мантийного плюма и надсубдукционной литосферы, что и определило двойственность геохимических характеристик пермских базитовых массивов, являющихся ранними фазами Хангайского батолита. Подобные массивы с характеристиками плюмовой и надсубдукционной природы встречаются и в других регионах ЦАСП. В Восточном Казахстане Суровско-Таловский габброидный интрузив состоит из двух разновидностей пород, одна из которых обогащена щелочами. Спектры редкоземельных элементов также показывают надсубдукционные метки [7]. Аналогичная картина с формированием пространственно и по времени сближенных габброидов разных геохимических типов наблюдается на территории Крестовской зоны Приольхонья Западного Прибайкалья [8]. По редкоэлементному составу габброиды второй фазы отличаются от пород первой фазы повышенными содержаниями несовместимых элементов при одинаковой магниальности пород, что также свидетельствует о существовании двух источников расплавов. В габброидах второй фазы четко проявлены отрицательная Ta-Nb и положительная Sr аномалии, что обычно интерпретируется как участие в магмогенерирующем источнике надсубдукционной компоненты. Доказывается плюм-литосферное взаимодействие на территории ЦАСП [7,8].

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ 17-05-00825, 16-05-00980 и интеграционного проекта СО РАН, «Карбон-пермо-триасовые гранитоидные батолиты и базитультрабазитовые комплексы южного обрамления Северо-Азиатского кратона: возрастные рубежи, численные модели формирования, металлогения»*

#### **Литература:**

1. Shapovalova M., Tolstykh N., Shelepaev R., Cherdantseva M. Petrology of Orsog-Uul peridotite-gabbro massif in Western Mongolia IOP Conf. Ser.: Earth Environ 2017.
2. Шелепаев Р.А., Егорова В.В., Изох А.Э., Вишневский А.В., Шелепов Я.Ю., Руднев С.Н. Пермские габброидные интрузивы Хангайского нагорья (Западная Монголия). Изотопное датирование геологических процессов: новые результаты, подходы и перспективы: Материалы VI Рос. конф. по изотопной геохронологии (г. Санкт-Петербург, 2–5 июня 2015 г.). СПб: Springer, 2015. С. 337–338
3. Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Сальникова Е.Б., Козаков И.К., Котов А.Б., Лебедев В.И., Ээнжин Г. Возраст Хангайского батолита и проблемы полихронности батолитообразования в Центральной Азии. Доклады академии наук. 2013. Т. 452. № 6. С. 646–652
4. McDonough W.F., Sun S.S., Ringwood A.E., Jagoutz E., Hofmann A.W. Potassium, Rubidium and Cesium in the Earth and Moon and the evolution of the mantle of the Earth. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1992, v. 56 (3), p. 1001-1012.
5. Ярмолюк В.В., Кузьмин М.И., Козловский А.М. Позднепалеозойский–раннемезозойский внутриплитный магматизм северной Азии: траппы, рифты, батолиты гиганты и геодинамика их формирования. Петрология. 2013. Т. 21. № 2. С. 115–142.
6. Ernst R. Large Igneous Provinces. 2014. 666 p.
7. Хромых С.В., Цыганков А.А., Котлер П.Д., Навозов О.В., Крук Н.Н., Владимиров А.Г., Травин А.В., Юдин Д.С., Бурмакина Г.Н., Хубанов В.Б., Буянтуев М.Д., Анциферова Т.Н., Караваева Г.С. Позднепалеозойский гранитоидный магматизм Восточного Казахстана и Западного Забайкалья: тестирование плюмовой модели. Геология и геофизика, 2016, т. 57, № 5, с. 983-1004.
8. Лавренчук А.В., Складаров Е.В., Изох А.Э., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Федоровский В.С., Мазукабзов А.М. Особенности состава габброидов Крестовской зоны (Западное Прибайкалье) как отражение взаимодействия надсубдукционной литосферной мантии с мантийным плюмом // Геология и геофизика, 2017, т. 58, № 10, с. 1439—1458.

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ВОЗРАСТ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ  
БАЯННУРСКОГО МАССИВА НЕФЕЛИНОВЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ СИЕНИТОВ  
(МОНГОЛЬСКИЙ АЛТАЙ)**

*Шелепов Я.Ю., Шелепаев Р.А.*

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева, Новосибирск, Россия  
Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия, [shelepov@igm.nsc.ru](mailto:shelepov@igm.nsc.ru)

Аннотация. Изучены геологическое строение, петрографический, петрохимический, редкоэлементный и Sm-Nd изотопный состав пород Баяннурского массива (Монгольский Алтай), а также установлен раннепермский возраст щелочных сиенитов массива. Также были проанализированы спектры распределения редкоземельных элементов и мультиэлементные спектры, и посчитаны значения  $\epsilon Nd (T)$  в породах массива.

Ключевые слова: нефелиновые сиениты, щелочной магматизм Западной Монголии, раннепермский магматизм

**GEOLOGICAL STRUCTURE, AGE AND COMPOSITION OF THE BAYAN-NUUR  
INTRUSION OF ALKALINE AND NEPHELINE SYENITE ROCKS (MONGOLIAN  
ALTAI)**

*Shelepov Y.Y., Shelepaev R.A.*

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia  
Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [shelepov@igm.nsc.ru](mailto:shelepov@igm.nsc.ru)

Abstract. Were studied geological structure, petrographic, petrochemical, rare element and Sm-Nd isotope composition of rocks of the Bayannur intrusion (Mongolian Altai), and was established Early Permian age of alkaline syenites of the intrusion. The spectra of the distribution of rare-earth elements and multielement spectra were also analyzed, and the values of  $\epsilon Nd (T)$  in the rocks of the intrusion were calculated.

Key words: nepheline syenites, alkaline magmatism of Western Mongolia, Early Permian magmatism

Баяннурский массив располагается в междуречье рек Кобдо-Гол и Цэцэгт-Гол, в 11 км южнее сомона Баян-Нур (Западная Монголия). Он представляет собой редкое проявление щелочного магматизма с породами, содержащими нефелин, нетипичное для магматических комплексов Западной Монголии.

Нефелиновые и щелочные сиениты Баяннурского массива образуют небольшой (0,2 км<sup>2</sup>) шток, располагающийся в Кобдоском флишоидном террейне [1] и прорывающий граниты второй фазы кобдинского комплекса [2] (рис. 1а, б). Баяннурский шток сиенитов имеет овальную форму, вытянутую в восточном направлении и четко выраженное зональное строение. Краевая часть штока шириной 30-50 м сложена светло-серыми порфирированными щелочными сиенитами, центральная розово-серыми среднезернистыми

нефелиновыми сиенитами (рис. 1 б). Переход от краевых разностей к центральным постепенный, но довольно быстрый. Внутри и за пределами массива присутствуют дайки щелочных сиенит-порфиров схожие по составу с таковыми из краевой фации.

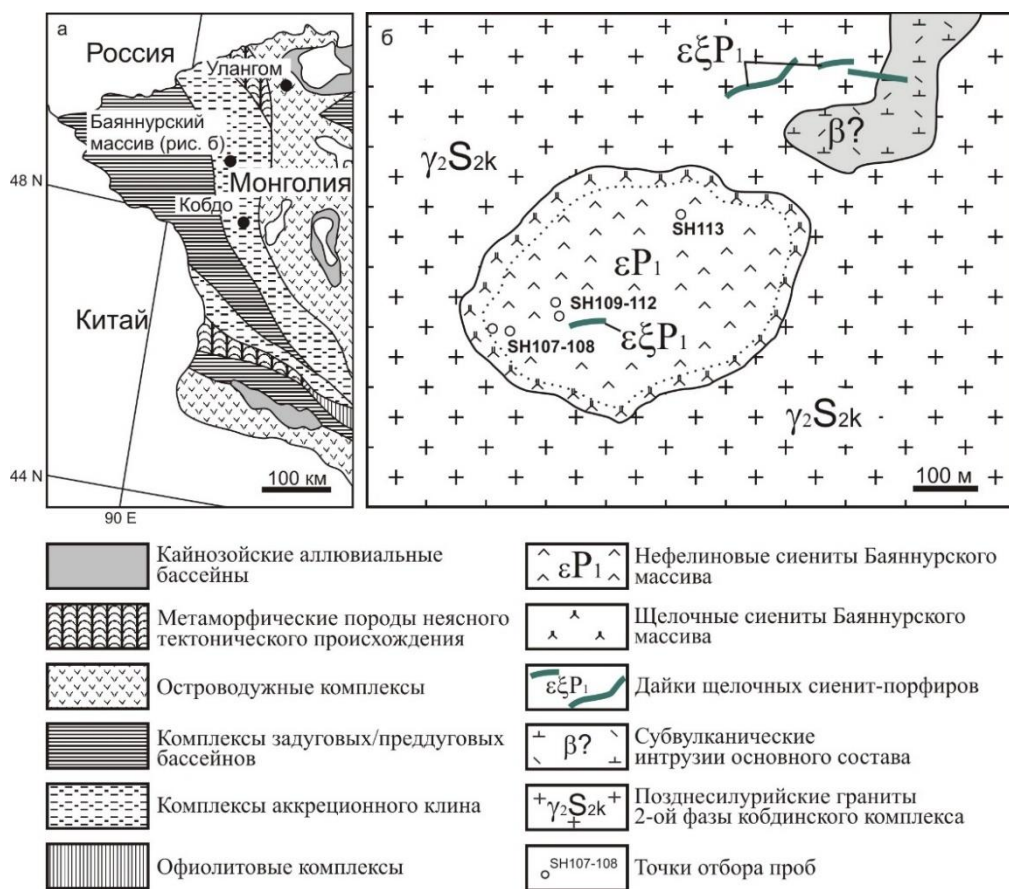


Рисунок 1 - а – геологическое строение Западной Монголии согласно [1], б – геологическое строение Баяннурского массива составлено с использованием [2].

Щелочные сиениты Баяннурского массива состоят на 79-84 об.% из пертитового калишпата, на 5 об.% из нефелина, на 5 об.% из плагиоклаза, на 3-8 об.% из эгирина и на 3 об.% из щелочного амфибола. Структура породы гипидиоморфная порфировидная. Калишпат образует лейсты длиной до 6 мм с неровными гранями. Нефелин находится в виде изометричных зерен до 0,5 мм в поперечнике. Эгирин в виде мелких короткопризматических зерен до 0,3 мм в длину. Амфибол в виде идиоморфных зерен до 1 мм в поперечнике. Плагиоклаз в виде мелких лейст длиной до 0,3 мм. Так же присутствуют акцессорные флюорит, в виде изометричных зерен размером до 0,3 мм в поперечнике, циркон, в виде пойкилитовых кристаллов и гранат.

Нефелиновые сиениты представлены эгириновыми мариуполитами и луявритами. Минеральный состав: альбит (30-50 об.%), пертитовый калишпат (5-25 об.%), нефелин (25-30 об.%), эгирин (7-10 об.%). Структура гипидиоморфная равномернозернистая с уменьшением степени идиоморфизма в ряду: плагиоклаз - нефелин - эгирин - калишпат. Плагиоклаз представлен лейстами длиной до 4 мм и хадокристаллов в эгиристине и нефелине. Нефелин в виде изометричных зерен размером до 3 мм в поперечнике замещенных по краям натролитом. Эгирин в виде короткопризматических ксеноморфных зерен до 3 мм в поперечнике. Калишпат в виде ксеноморфных зерен до 2 мм в поперечнике.

Для нефелиновых щелочных сиенитов характерны повышенные содержания щелочей и глинозема ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  – 12,3–14,5,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 19,3–20,5 мас. %) при содержаниях  $\text{SiO}_2$  56–60 мас. %, а также преобладание  $\text{Na}_2\text{O}$  над  $\text{K}_2\text{O}$  (7,6–10,3 и 4–4,9 мас. % соответственно). На классификационной TAS-диаграмме для вулканических пород [3], породы Баяннурского массива попадают в поля фонолитов и щелочных трахитов. По соотношению щелочей они относятся к средненатриевой и натриевой сериям [4].

Спектры распределения редкоземельных элементов (РЗЭ), нормированные по хондриту CI [5], характеризуются высокими содержаниями и положительным наклоном для легких РЗЭ (50-700 хондритовых единиц), и слабым положительным, горизонтальным или слабо отрицательным для тяжелых (30-100 хондритовых единиц) со значительной Eu аномалией ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  – 0,07–0,12). Мультиэлементные спектры, нормированные по примитивной мантии [5] (рис. 2), имеют ярко выраженные минимумы по Ba, Sr, Eu и Ti, а также небольшой минимум по K, и максимумы по некоторым HFSE (Zr, Hf).

Возраст щелочных сиенитов массива, полученный по зернам циркона с помощью масс-спектрометрии с приставкой лазерной абляции (LA-ICP-MS), соответствует ранней перми (285.7±5.1 млн. лет). Таким образом, Баяннурский массив, по времени становления, является синхронным с интрузивами, сформированными в результате воздействия Таримского плюма, наиболее близкие из которых находятся в северном Синьцзяне (Китай).

Значения  $\epsilon\text{Nd}$  (285 млн. лет) для нефелиновых и щелочных сиенитов составляет +6,1. Таким образом, породы Баяннурского массива попадают в общий тренд эволюции изотопного Sm-Nd состава разновозрастных внутриплитных базитовых комплексов Сибирского кратона и ЦАСП [6, 7].

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (проекты № 14.Y26.31.0018, № 5.1688.2017/ПЧ) и РФФИ (проекты 16-05-00980, 17-05-0825), а также при реализации программы фундаментальных исследований ИГМ СО РАН (базовый проект № 0330-2016-0003)*

#### **Литература:**

1. Badarch, G., Cunningham, W.D., Brian, F.W. A new terrane subdivision for Mongolia: Implications for the Phanerozoic crustal growth of central Mongolia. *Journal of Asian Earth sciences*. 2002. V. 21. P. 87-110.
2. Геологическая карта МНР масштаба 1:200 000. Часть листа М-46-XXVI, составлена: Уланбаторская ГСЭ. 1980 г.
3. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Санкт-Петербург. Издательство ВСЕГЕИ. 2009. 200 с.
4. Le Bas M.J., IUGS reclassification of the High-Mg and picritic volcanic rocks. *Journal of Petrology*. 2000. V. 41. P. 1467–1470.
5. McDonough, W. F., Sun, S.-s., Ringwood, A.E., Jagoutz, E. and Hofmann, A.W. K, Rb and Cs in the Earth and Moon and the evolution of the Earth's mantle. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1992. V. 56. P. 1001-1012.
6. Альмухамедов А.И., Медведев А.Я., Золотухин В.В. Вещественная эволюция пермотриасовых базальтов Сибирской платформы во времени и пространстве. *Петрология*. 2004. Т. 12. № 4. С. 339–353.
7. Ярмолюк В.В., Кузьмин М.И., Козловский А.М. Позднепалеозойский–раннемезозойский внутриплитный магматизм Северной Азии: траппы, рифты, батолиты гиганты и геодинамика их формирования. *Петрология*. 2013. Т 21. № 2. С. 115–142.

## ПРОБЛЕМЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

*Шинковская А.Н.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия  
[ans38@tpu.ru](mailto:ans38@tpu.ru)

Аннотация. Апеллируя к понятиям, которые закреплены статьями Гражданского и Градостроительного кодекса Российской Федерации автор выявляет и исследует причины возникновения существующих трудностей в области определения правовой категории объекта недвижимости. На примере строительства асфальтового завода наглядно показано наличие тесной взаимосвязи между существующими неточностями градостроительного законодательства и фактической легализацией нарушения человеческих прав и федеральных законов в области экологии.

Ключевые слова: объект капитального строительства, временная постройка, градостроительная деятельность, экология, недвижимость.

## PROBLEMS OF LEGAL REGULATION FOR OBJECTS OF CAPITAL CONSTRUCTION

*Shinkovskaya A.N.*

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, [ans38@tpu.ru](mailto:ans38@tpu.ru)

Abstract. Appealing to the concepts enshrined in the Civil and Urban Planning Code of the Russian Federation, the author identifies and explores the reasons for the difficulties in determining the legal category of the real estate. The example of the construction of an asphalt plant clearly shows the close relationship between the existing inaccuracies in planning legislation and the actual legalization of violations of human rights and federal laws in the field of ecology.

Key words: object of capital construction, temporary structure, urban planning, ecology, real estate.

В современном понимании право человека на частную собственность рассматривается наравне с основными правами человека, такими как: свобода мысли и слова, свобода совести или равенство перед законом и судом. Такое представление в общественном сознании возникло и закрепилось не так давно.

Частная собственность появилась в России лишь в последнем десятилетии прошлого века, как один из результатов проведенной Земельной реформы, целью которой было осуществление перехода к многообразию форм собственности и формирование механизма функционирования рынка недвижимости и рыночной экономики, необходимым элементом которой является гражданский оборот земель. С тех пор земля выступает в роли товара, для которого необходима единая система учета.

Сейчас в целях подтверждения существования недвижимости и легализации прав на нее потенциальному собственнику необходимо четко осознавать, какое имущество может быть отнесено к недвижимому согласно действующему законодательству.

На основании п. 1 ст. 130 Гражданского кодекса Российской Федерации к недвижимым вещам «относятся земельные участки, участки недр и все, что прочно связано с землей, то есть объекты, перемещение которых без несоразмерного ущерба их назначению невозможно, в том числе здания, сооружения, объекты незавершенного строительства» [1]. Согласно п. 10 ст. 1 Градостроительного кодекса Российской Федерации объектом капитального строительства может считаться «здание, строение, сооружение, объекты, строительство которых не завершено (далее — объекты незавершенного строительства), за исключением временных построек, киосков, навесов и других подобных построек» [2]. Интегрируя полученную информацию, можно заключить, что к недвижимому имуществу относятся земельные участки, участки недр и объекты капитального строительства.

Подробнее изучив содержание термина «объект капитального строительства», заметим, что такая категория объектов как «временные постройки» из его состава исключена и трактуется как «строения, сооружения, которые не имеют прочной связи с землей и конструктивные характеристики которых позволяют осуществить их перемещение и (или) демонтаж и последующую сборку без несоразмерного ущерба назначению и без изменения основных характеристик строений, сооружений».

Как замечает член Экспертного совета градостроительной деятельности Челышев Б.А., «исключение временных построек из сферы регулирования законодательства <...> означает, что на отношения, возникающие при создании таких построек, не распространяется действие законодательства о градостроительной деятельности...» [3]. Таким образом, не только аннулируются обязательства владельца такого временного объекта перед контролирующими органами, но и снижается уровень его социальной ответственности.

Закономерной становится проблема отнесения объекта к категории временных либо капитальных объектов.

В данном случае, принадлежность объекта к объектам капитального строительства может быть установлена двумя способами:

- 1) указанием исчерпывающего перечня таких объектов в законодательных актах;
- 2) указанием системного критерия, в данном случае наличие прочной связи с землей, позволяющего безошибочно определить объект как капитальный.

Исчерпывающий перечень капитальных объектов отсутствует, а второй способ вызывает недопонимание со стороны собственников недвижимости по нескольким причинам.

Первой причиной, открывающей обширное поле для рассуждений, является сам критерий. Использование формулировки «прочная связь с землей» вводит в заблуждение потенциальных собственников объекта недвижимости, вызывая закономерный вопрос: какая связь может считаться прочной? Наличие фундамента, как правило, может считаться показателем неразрывного сцепления объекта недвижимости с землей. Однако фундамент может быть выполнен из сборных элементов и перспективе его достаточно легко демонтировать или переместить вместе с находящимся на нем объектом. В таком случае, даже при фактическом существовании у объекта фундамента он будет отнесен к категории временных.

Вторая причина кроется в определении некапитальных объектов, наделяющем их конструктивными характеристиками, которые «позволяют осуществить их перемещение и (или) демонтаж и последующую сборку без несоразмерного ущерба назначению». Еще в далеком XV веке Аристотель передвинул колокольню церкви на 13 метров без единого повреждения. И неудивительно, что на данный момент перемещение зданий хоть и считается непростой с технической точки зрения задачей, но вполне осуществимо, а в отдельных случаях даже необходимо.

Вышеизложенные обстоятельства, касающиеся неоднозначности законодательства в области разделения объектов капитального и временного строительства, нередко становятся причиной возникновения вопросов, разрешение которых возможно только посредством обращения к специалисту. Однако и этот метод не всегда оказывается эффективным ввиду допущения законодательством субъективного подхода со стороны юриста.

Ярким примером такой ситуации может считаться случай, когда в с. Зоркальцево томской области была размещена асфальтобетонная установка, вызвавшая возмущение жителей [4]. Иск с требованием признать установку самовольной постройкой и снести за счет ответчика, поданный Администрацией Зоркальцевского сельского поселения на завод строительных материалов, на территории которого располагалась данная установка, был отклонен ввиду признания установки временным сооружением.

Аналогичная ситуация в г. Артёме закончилась удовлетворением иска в полном объеме, так как линия обвинения настаивала на нарушении ответчиком экологических норм, а не выдвигала требование признать завод самовольной постройкой [5].

Таким образом, можно сделать вывод о существовании тесной связи между существующими неточностями градостроительного законодательства и фактической легализацией нарушения человеческих прав и федеральных законов в области экологии. Решение вопроса об устранении спорных моментов законодательства, ужесточение экологического надзора и повышение уровня квалификации специалистов в области земельного права, позволили бы избежать путаницы в сознании потенциальных собственников и не допустить пренебрежения в ходе судебных разбирательств.

#### **Литература:**

1. Гражданский Кодекс Российской Федерации. Часть первая: Федеральный закон от 30.11.1994 № 51-ФЗ // Собр. законодательства РФ. 1994. № 32. Ст. 3301. // СПС «Консультант плюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. N 190-ФЗ (с изменениями от 22 июля, 31 декабря 2005 г., 3 июня, 27 июля, 4, 18, 29 декабря 2006 г., 10 мая, 24 июля, 30 октября, 8 ноября, 4 декабря 2007 г.) // «Российская газета» от 30 декабря 2004 г. // СПС «Консультант плюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
3. Чельшев Б.А. Об отнесении построек к объектам капитального строительства. Градостроительство. 2010. №4. С. 48–49.
4. Шинковская А.Н. Нарушение градостроительных регламентов на примере строительства асфальтового завода в с. Зоркальцево. Градостроительство. 2018. С. 714–716.
5. Асфальтобетонный завод в Артеме закрыли по иску прокурора // Primamedia.ru – Режим доступа <https://primamedia.ru/news/405102/>

**СФИНКТОЗОА РИФА БОЛЬШАЯ КОСЬЮ (Р. ИЛЫЧ, СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)***Шмелёва Л.А.*

ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия,

[lyubov.shmeleva@inbox.ru](mailto:lyubov.shmeleva@inbox.ru)

Аннотация. Впервые в составе каркасных организмов верхнеордовикского рифа Большая Косью на Северном Урале автором установлены сфинктозоа *Amblysiphonelloides reticulata* Rigby & Potter, 1986 и *Corymbospongia* sp., а также формы, схожие с *Colospongia ramosa* Riedel & Senowbari-Daryan, 1989 и *Discosiphonella* (*Cystauletes*) *mammilosa* King, 1943. Эти находки дополняют сведения о палеогеографическом и стратиграфическом распространении сфинктозоа и строении рифовой экосистемы.

Ключевые слова: сфинктозоа, рифы, верхний ордовик, р. Илыч, Северный Урал

**SPHINCTOZOA OF THE BOL'SHAYA KOS'YU REEF (ILYCH RIVER, NORTHERN URALS)***Shmeleva L.A.*

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia

[lyubov.shmeleva@inbox.ru](mailto:lyubov.shmeleva@inbox.ru)

Abstract. For the first time in the composition of framework organisms of the Upper Ordovician Bol'shaya Kos'yu Reef in the Northern Urals, the author revealed the sphinctozoan sponge *Amblysiphonelloides reticulata* Rigby & Potter, 1986 and *Corymbospongia* sp., as well as forms similar to *Colospongia ramosa* Riedel & Senowbari-Daryan, 1989 and *Discosiphonella* (*Cystauletes*) *mammilosa* King, 1943. These findings are supplemented by additional data on the paleogeographic and stratigraphic distribution of sphinctozoan and structure of coral reef ecosystems.

Keywords: sphinctozoa, reefs, Upper Ordovician, Ilych River, Northern Urals

Верхнеордовикский риф Большая Косью, расположенный на западном склоне Северного Урала, является уникальным объектом среди разновозрастных рифов в связи с фактическим отсутствием процессов доломитизации. Это позволило впервые в верхнеордовикских рифах Урала выявить важную роль сфинктозойных губок, среди которых достоверно установлены 2 вида, принадлежащие к двум разным родам: *Amblysiphonella reticulata* Rigby & Potter, 1986 и *Corymbospongia* sp., остатки которых обильны и имеют хорошую сохранность. Ниже дано их описание.

Сфинктозоа *Amblysiphonelloides reticulata* Rigby & Potter, 1986 имеют ветвистые колонии из кольцевидных камер с максимальной длиной ветви 120 мм и шириной до 60 мм (рис. 1, а–в). Камеры округлой формы, с четкими пережимами, наращаются с небольшим обхватом. Высота камер 3.5–7.0 мм, ширина 22–24 мм. Толщина наружных стенок камер 0.7 мм, в потолочках – 1.3 мм. Все стенки скелета пористые. Поры стенок камер круглой



формы, расположены беспорядочно, диаметр 0.2–0.3 мм. Расстояние между порами 0.3–1.15 мм. Центральный канал ретросифонатного типа, диаметр 17–20 мм, что составляет 1/3 части диаметра ветви. Толщина стенки канала 0.7 мм. Поры боковых стенок канала 0.3 мм, расположены друг от друга на расстоянии около 0.8 мм. Внутреннее заполнение камер ретикулярного типа. Эти представители по характеру заполнения камер рода *Amblysiphonelloides* Rigby & Potter, 1986 наиболее близки к виду *Amblysiphonella reticulata* Rigby et Potter, 1986, который был описан из отложений верхнего ордовика горного хребта Кламат в Северной Калифорнии [1].

Сфинктозоа *Corymbospongia* sp. имеют сферические или субсферические камеры, которые часто располагаются одна над другой в виде ветви, либо формируют скопления неправильной конфигурации (рис. 1, г–е). Центральный канал отсутствует. Наружная поверхность ветви волнистая за счет выпуклости наружных стенок камер. Диаметр камер 10–18 мм, стенки которых толщиной 0.2–0.3 мм пронизаны частыми порами диаметром 0.03–0.07 мм. Кроме того, имеются редкие боковые каналы, расположенные в пределах одной-двух камер, длина которых 1.5–3.0 мм, диаметр 0.2–0.3 мм, толщина стенки 0.1 мм, а поры отсутствуют. Наиболее близкой формой является *Corymbospongia adnata* Rigby & Potter, 1986 – типовой вид рода, описанный из ордовика Калифорнии [1]. *Corymbospongia adnata* также является разновидностью губок с пористыми, как правило, субсферическими камерами и отчетливо выраженными боковыми каналами. От *Corymbospongia* sp. они отличаются размерами камер, пор и боковых каналов. Пористое строение субсферических камер также характерно для *Corymbospongia betella* Rigby & Potter, 1988, однако последние отличаются от описываемого вида более крупными и грубыми порами, которые отсутствуют на внешних стенках и отчетливо развиты в боковых каналах и внутренних стенках камер. *Corymbospongia mica* Rigby & Potter, 1986 представляет собой небольшую форму с камерами диаметром всего 1.0–1.5 мм и, следовательно, четко отличается от крупных форм Северного Урала. *Corymbospongia perforata* Rigby & Potter, 1986 имеет отчетливо перфорированные боковые каналы. *Corymbospongia amplia* Blodgett & Vaichtal, 2005 характеризуется сходными крупными сферическими камерами до 15.0 мм в диаметре, но имеет довольно длинные боковые каналы (до 25 мм). Таким образом, описанные губки отличаются от всех известных видов рода *Corymbospongia* Rigby & Potter, 1986, которые до настоящего времени были известны только в ордовике Канады (Юкон), Китая и США (Аляска, Калифорния) [2].

Кроме описанных выше в рифе Большая Косью были встречены единичные находки двух сходных с сфинктозоа типов губок. Губки 1 типа (рис. 1, ж–и) характеризуются серповидными, плоскими камерами с массивной формой роста в основании колонии, но выше по росту колонии тело губки может разветвляться. Стенки камер имеют редкие одиночные поры, везикулы отсутствуют. Данные губки близки с *Colospongia ramosa* Riedel & Senowbari-Daryan, 1989, отличающихся от других видов *Colospongia* серповидными камерами и множественными ветвями, не характерными для других видов этого рода. Впервые эти губки были описаны из Карнийского рифа Западных Карпат (Северная Венгрия) и острова Гидра (Греция). Согласно Senowbari-Daryan и García-Bellido [2], находки представителей рода *Colospongia* известны только из отложений карбон-триасового возраста и никогда не встречались в отложениях ордовика. Губки 2 типа (рис. 1, к) характеризуются прямыми, иногда ветвящимися, цилиндрическими ветвями диаметром до 15 мм. Кистовидные камеры шириной 3–7 мм могут быть расположены на одном слое вокруг осевого канала или несколько диагонально. Стенки камер имеют поры круглой формы, расположенные беспорядочно. Осевой канал составляет от одной четверти до половины от общего диаметра ветви. Внутренние и внешние стенки камер одинаковые

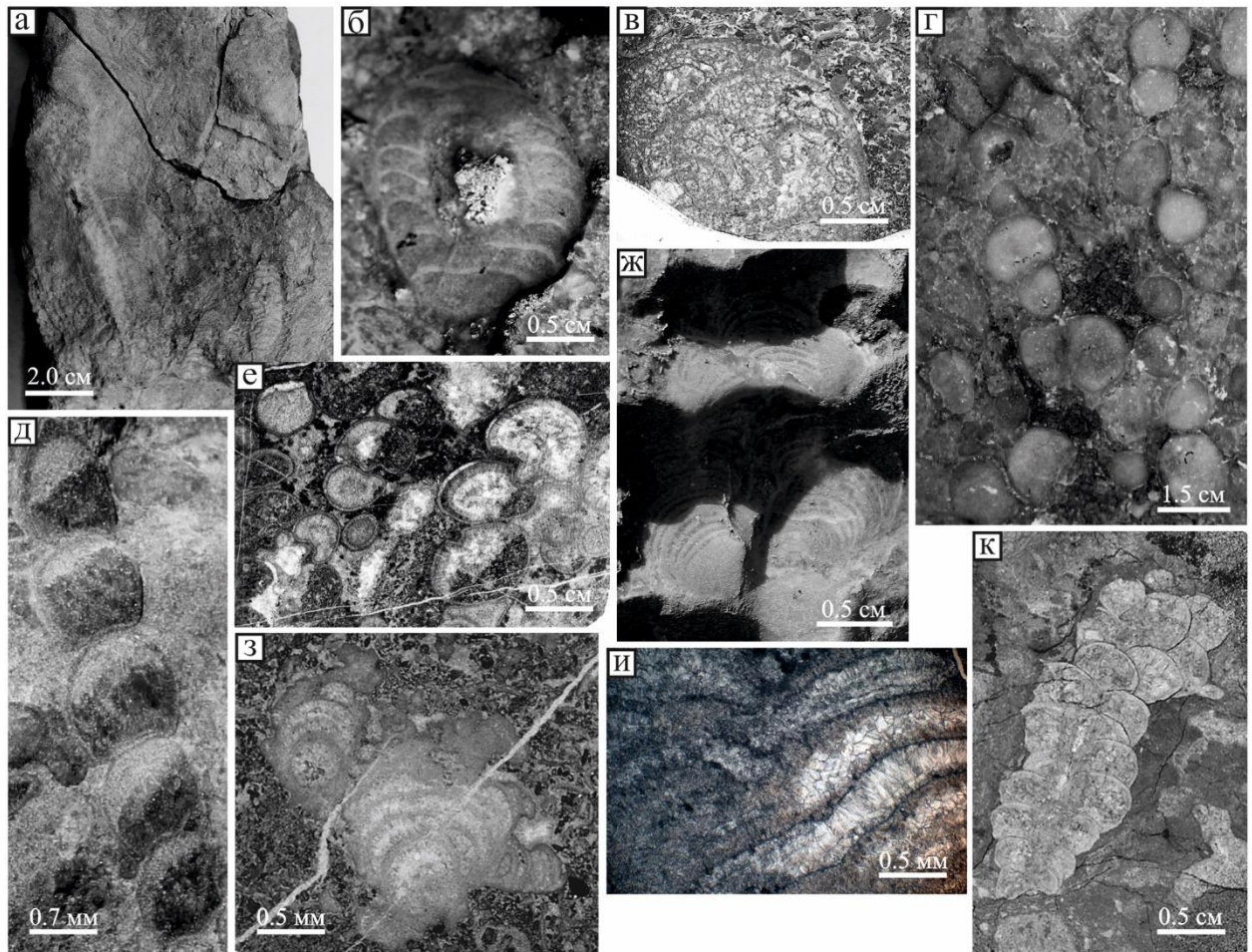


Рисунок 1 – Верхнеордовикские сфинктозоа, обнаруженные в рифовом массиве Большая Косью (Северный Урал): а-в – *Amblysiphonella reticulata* Rigby & Potter, 1986: а, б – продольный срез, в – косоперечный срез; г-е – *Corymbospongia* sp.; ж-и – губки 1 типа, близкие к виду *Colospongia ramosa* Riedel & Senowbari-Daryan, 1989; к – губки 2 типа, схожие с *Discosiphonella (Cystauletes) mammilosa* King, 1943.

по толщине, внутренние и внешние поры похожи по диаметру. Описываемые представители губок наиболее близки к виду *Discosiphonella (Cystauletes) mammilosa* King, 1943, который по [2] является наиболее распространенным видом рода *Discosiphonella* Inai, 1936. Среди его представителей описано 16 видов из Европы, Африки, Азии, Северной и Южной Америки, которые появляются в карбоне, расцвета достигают в перми и отмечены в триасе.

В ордовике, считающимся периодом первой эволюционной радиации сфинктозоа, было обнаружено 15 родов, 14 из которых являются новыми. Из кембрийского сообщества сфинктозоа выжил только род *Amblysiphonella*. Позднеордовикское (Hirnantian) событие массового вымирания, затронувшее многие бентосные организмы, из ордовикских сфинктозоа пережил, как полагают, только один род *Cystothalamiella*. Также представители рода *Amblysiphonella*, впервые появившиеся в кембрии и ордовике, могут быть еще одним родом сфинктозоа, пережившим его, так как они известны позднее [2]. Находки в верхнеордовикском рифе единичных губок, сходных с *Discosiphonella (Cystauletes) mammilosa* и *Colospongia ramosa*, известных согласно [3] только в отложениях карбон-пермского возраста, могут свидетельствовать о более широком временном диапазоне их онтогении. Таким образом, новые местонахождения сфинктозоа дополняют сведения об их палеогеографическом и стратиграфическом распространении.

Автор благодарит А.Ю. Журавлёва за консультации в определении сфинктозоа.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00331.*

**Литература:**

1. Rigby J.K., Potter A.W. Ordovician sphinctozoan sponges from the eastern Klamath Mountains, northern California // The Paleontological Society Memoir, 1986. Vol. 20. P. 1-47.
2. Senowbari-Daryan B., García-Bellido D.C. Fossil 'Sphinctozoa': Chambered Sponges (Polyphyletic) // Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges / Ed. John N.A. Hooper, Rob W.M. Van Soest. New York: Kluwer Academic, Plenum Publishers, 2002. P. 1523–1546.
3. Senowbari-Daryan B., Rigby J.K. Part E, Revised, Volume 4, Chapter 7: Sphinctozoan and Inozoan Hypercalcified Sponges: An overview. Treatise Online, 2011. Vol. 28. P. 1–90.

**ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ НЕДР ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ***Шохин А.Е.*

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

[andrey216216216@gmail.com](mailto:andrey216216216@gmail.com)

Аннотация. В работе был изучен геотермический режим недр южных районов Обь-Иртышского междуречья. Рассмотрено распределение пластовых температур и геотермического градиента в разрезе, выделены зоны с повышенными значениями пластовых температур и геотермического градиента, построены карты геотермического градиента и пластовых температур. Выявлены основные закономерности распределения зон с повышенным геотермическим градиентом.

Ключевые слова: геотермический режим недр, пластовые температуры, геотермический градиент.

**GEOHERMAL MODE OF THE SUBSOIL OB-IRTYSH'S ENTRE RIOS***Shokhin A.E.*

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

[andrey216216216@gmail.com](mailto:andrey216216216@gmail.com)

Abstract. In this work the geothermal conditions of southern Ob-Irtysh interfluve's subsurface resources have been studied. The distribution of the formation temperatures and the geothermic depth in section have been considered. Zones with the enhanced values of the formation temperatures and geothermal depth have been identified. Also there have been created maps of geothermal depths and formation temperatures. The main regularities of the distribution of zones with an elevated geothermal gradient

Key words: geothermal mode of a subsoil, formation temperature, geothermal gradient.

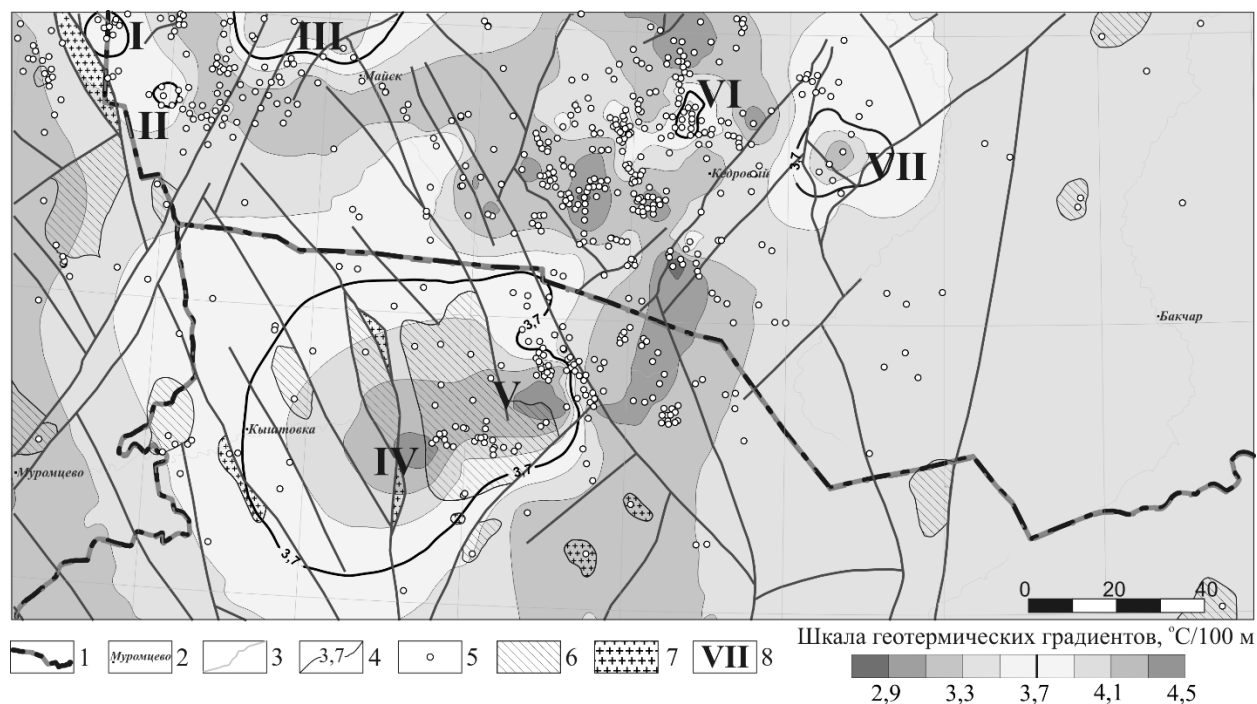
Пластовые температуры являются одним из наиболее важных факторов, на которые обращают внимание при реализации нефтегазоносного потенциала. Они определяют такие важные процессы как: преобразование органического вещества, процессы нефте- и газообразования, формирования и сохранения залежей углеводородов. Также от температуры зависят физико-химические свойства газов и нефти, фазовые состояния флюидов в пластовых условиях и т.д. [1]. Цель работы – изучение геотермического режима недр Обь-Иртышского междуречья и выявление его особенностей.

Территория находится на юге Западной Сибири. Район исследования административно расположен в пределах трёх областей. Крайняя западная часть региона приурочена к Омской области. Центральная и северо-восточная часть располагается в Томской области, в свою очередь юго-восток территории приурочен к Новосибирской области. Фактический материал для исследования геотермического градиента и пластовых температур включает в себя 1341 испытание 794 объектов в 401 скважине. Данные были

обработаны с помощью программного обеспечения Golden Software, были построены карты пластовых температур и геотермического градиента, 3D модель пластовых температур и установлена вертикальная зависимость температуры с глубиной.

По величине геотермического градиента северо-запад Новосибирской области характеризуется большими значениями (от 2,4 до 4,6 °C/100м) нежели северные и восточные районы Западной Сибири. По среднему геотермическому градиенту можно выделить определенные закономерности его распределения. Так для районов Межовского структурного мегамыса и смежных с ним территорий Северо-Межовской мегамоноклинали характерны большие значения геотермического градиента и характеристик геотермического поля до 4,7 °C/100м. Следующая зона повышенного геотермического градиента располагается на северо-западе в районе Ньюрольско-Колтогорского желоба, а именно Центрально-Ньюрольской мезовпадине, характеризуются значениями геотермического градиента от 3,1 до 4,2 °C/100м. Последняя зона располагается в районе Горелоярского куполовидного мезоподнятия со значениями градиента (от 3,2 до 4,4 °C/100м). В восточной части исследуемого района происходит значительное снижение величины теплового потока, эти территории приурочены к Барабинско-Пихтовской мегамоноклизе

Анализ геотермических характеристик региона позволил выделить несколько зон с повышенными пластовыми температурами и более высокими значениями геотермического градиента (рис. 1). Наиболее высокие значения пластовых температур располагаются в пределах палеозойского комплекса 35 - 142 °C, а самые низкие в апт-альб-сеноманском комплексе 10 - 32 °C [2]. Основные аномалии связаны с распространением интрузивных комплексов триасового возраста, а также с отепляющим влиянием залежей углеводородов [3, 4].



**Рисунок 1 – Карта геотермического районирования мезо-кайнозойского осадочного чехла северо-запада Новосибирской области.**

**Условные обозначения: 1 – административные границы, 2 – населенные пункты, 3- гидрография, 4 – средние геотермические градиенты, °С/100 м, 5 – скважины, 6 – интрузивные породы преимущественно кислого состава (граниты, сиениты, гранодиориты, граносиениты), 7 – интрузивные породы ультраосновного и основного состава, 8 – зоны аномально высоких значений геотермического градиента (выше 3,7 °С/100м) : I – Северо-Ягыл-Яхская, II – Карайская, III – Западно-Моисеевская, IV – Западно-Межовская, V – Восточно-Межовская, VI – Останинская, VII – Верхне-Комбарская.**

#### **Литература:**

1. Дульцев Ф. Ф., Новиков Д.А., Геотермический режим недр Предьенисейского осадочного бассейна. XIII Международный научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017», Новосибирск, ИНГГ СО РАН, 17-21 апреля 2017 г.: Материалы конференции, с. 111-115.
2. Дульцев Ф.Ф., Черных А.В., Юдин С.В., Ефимцев Н.А., Геотермическое районирование северных районов Новосибирской области. I Международная научная конференция «Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ», Россия, Пермь, ПГНИУ, 24-26 ноября 2017 г.: Материалы конференции, с. 117-123.
3. Курчиков А.Р., Ставицкий Б.П., Геотермия нефтегазоносных областей Западной Сибири. М.: Недра, 1987, 136 с.
4. Садыкова Я.В., Геотермический режим недр южных районов Обь-Иртышского междуречья. IX Международный научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013», Новосибирск, ИНГГ СО РАН, 15-26 апреля 2013 г.: Материалы конференции, с. 58-63.

## СТРУКТУРА СТЕКОЛ СИСТЕМЫ $K_2O-B_2O_3-GeO_2$ ПО ДАННЫМ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

*Штенберг М.В., Королева О.Н., Коробатова Н.М.*

<sup>1</sup>Институт минералогии УрО РАН, Миасс, Россия,  
[shtenberg@mineralogy.ru](mailto:shtenberg@mineralogy.ru)

Аннотация. Необходимость изучения структуры борогерманатных стекол появилась в связи с прогрессом в лазерной технике. Поскольку атомы бора и германия способны менять свое координационное число в зависимости от состава стекла, эти системы стали интересны с точки зрения геохимии, так как подобные координационные переходы возможны в сложных кремнийсодержащих магматических расплавах. Нами были изучены борогерманатные стекла, содержащие 30 мол. % оксида калия. Из спектров КР и ИК были определены основные структурные группировки и зависимость их распределения в стеклах в зависимости от соотношения В/Ge.

Ключевые слова: борогерманатные стекла, КР спектроскопия, ИК спектроскопия

## STRUCTURE OF GLASSES OF $K_2O-B_2O_3-GeO_2$ SYSTEM BY VIBRATIONAL SPECTROSCOPY

*Shtenberg M.V., Koroleva O.N., Korobatova N.M.*

Institute of Mineralogy UrB RAS, Miass, Russia, [shtenberg@mineralogy.ru](mailto:shtenberg@mineralogy.ru)

Abstract. The need to study the structure borogermanate glasses appeared in connection with the progress in laser technology. Since the atoms of B and Ge are able to change their coordination number depending on the composition of the glass, these systems have become interesting from the point of view of geochemistry, as such coordination transitions are possible in complex Si-containing magmatic melts. We have studied borogermanate glasses containing 30 mol. %  $K_2O$ . The main structural groups and the dependence of their distribution in glasses depending on the B/Ge ratio were determined from the RAMAN and IR spectra.

Key words: borogermanate glasses, Raman spectroscopy, IR spectroscopy

Для исследования были синтезированы стекла следующих составов:  $30K_2O \cdot xB_2O_3 \cdot (70-x)GeO_2$ , где  $x = 0, 10, 20, 23.7, 30, 35, 40, 50, 60$  и  $70$  мол.% (далее 0В70Ge, 10В60Ge, 20В50Ge, 24В46Ge, 30В40Ge, 35В35Ge, 40В30Ge, 50В20Ge, 60В10Ge, 70В0Ge). Для приготовления шихты использовали карбонат калия ( $K_2CO_3$ ) квалификации «хч», оксид бора обезвоженный ( $B_2O_3$ ) квалификации «хч», оксид германия ( $GeO_2$ ) квалификации «хч». Плавление шихты производили в платиновом тигле в муфельной печи ПКЛ-1.2-12 при температуре  $1200^\circ C$  до полной гомогенизации расплава.

Спектры комбинационного рассеяния света были зарегистрированы на КР спектрометре Horiba оснащенный монохроматором iHR320 и He-Ne лазером (632.8 нм, 20

мВт). Каждый спектр получали путем накопления сигнала 20 раз по 20 секунд, после чего производили коррекцию фона и нормировку на интенсивность.

Инфракрасные спектры пропускания стекол регистрировали на ИК Фурье спектрометре исследовательского класса Nicolet 6500 Thermo Scientific. Образцы стекла навеской 2 мг истирали в сапфировой ступке, затем смешивали с KBr (530 мг), после чего смесь прессовали с откачкой воздуха и подогревом для получения прозрачных, однородных таблеток. Параметры регистрации: 32 скана, разрешение  $4 \text{ см}^{-1}$ , диапазон  $400\text{-}4000 \text{ см}^{-1}$ . Спектры пропускания были конвертированы в спектры поглощения с нормировкой на интенсивность.

На рисунке 1а представлены спектры комбинационного рассеяния света для стекол калиевоборогерманатной системы. Видно что, увеличение содержания оксида германия ведет к заметному изменению положения и интенсивностей полос в среднечастотной ( $400\text{-}1000 \text{ см}^{-1}$ ) и высокочастотной областях ( $1200\text{-}1600 \text{ см}^{-1}$ ) спектра. Так полоса с максимумом  $500 \text{ см}^{-1}$  с плечом в низкочастотной части постепенно смещается к  $520 \text{ см}^{-1}$ , при этом плечо при  $475 \text{ см}^{-1}$  уменьшается и появляется плечо в области  $600 \text{ см}^{-1}$ . Кроме того, начиная с состава 60B10Ge появляется отчетливый пик при  $850 \text{ см}^{-1}$ , который при увеличении содержания  $\text{GeO}_2$  и уменьшении  $\text{B}_2\text{O}_3$  смещается в высокочастотную область до  $875 \text{ см}^{-1}$  в стекле состава 30K<sub>2</sub>O-70GeO<sub>2</sub>. По данным [1-3] полоса  $875 \text{ см}^{-1}$  относится к колебаниям тетраэдров  $\text{GeO}_4$  с одним немостиковым атомом кислорода ( $\text{K}^+$ ). Полосы в области  $600$  и  $655 \text{ см}^{-1}$  связаны с колебаниями  $\text{Ge(VI)}\text{-O-Ge(IV)}$  [4]. Полоса в области  $500\text{-}520 \text{ см}^{-1}$  является суперпозицией нескольких линий, в спектрах боратных стекол ее относят к колебаниям свободных  $[\text{B}\text{O}_{4/2}]^-$  тетраэдров и  $\text{B}_4\text{O}_5\text{O}^{2-}_{4/2}$  диборатных групп [4], тогда как в германатных стеклах она связана с колебаниями тетраэдров  $\text{GeO}_4$  в непрерывной неупорядоченной сетке стекла [5-6].

Интенсивность полосы с максимумом  $765 \text{ см}^{-1}$  уменьшается при увеличении доли  $\text{GeO}_2$  в стеклах и при содержании  $\text{B}_2\text{O}_3$  30 мол.% практически не видна на спектре. Линии в высокочастотной области спектра с максимумами  $1355$  и  $1490 \text{ см}^{-1}$  также уменьшаются при увеличении доли  $\text{GeO}_2$ . Полоса  $980 \text{ см}^{-1}$  смещается в низкочастотную область, а ее интенсивность уменьшается. Эта полоса связана с колебаниями диборатных групп. Полоса  $765 \text{ см}^{-1}$  относится к колебаниям шестичленных бороксольных колец включающие одну или две группировки  $[\text{B}\text{O}_{4/2}]^-$  [1, 7]. По данным [7-8] линии в области  $1355$  и  $1490 \text{ см}^{-1}$  относятся соответственно к колебаниям в  $\text{B}\text{O}_{3/2}$  симметричных треугольниках и  $\text{B}\text{O}_{2/2}\text{O}^-$  метаборатным треугольникам.

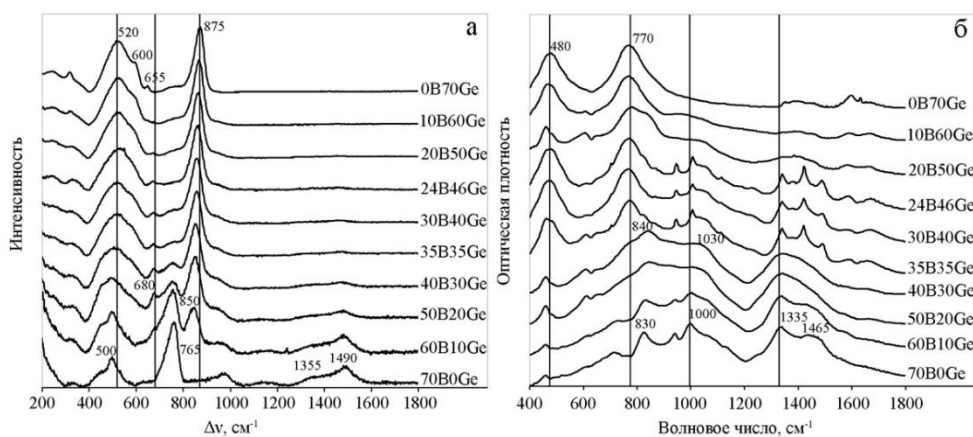


Рисунок 1 – КР (а) и ИК (б) спектры стекол состава 30K<sub>2</sub>O-xB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-(70-x)GeO<sub>2</sub>.



Изменения полос в инфракрасных спектрах поглощения изученных стекол качественно соотносится с изменениями в спектрах КР (рис. 16). Так с увеличением доли оксида германия происходит увеличение интенсивности полос  $480\text{ см}^{-1}$  и  $770\text{ см}^{-1}$ , с одновременным уменьшением полос в области  $1300\text{--}1500\text{ см}^{-1}$ . Кроме того, происходит перераспределение интенсивностей полос в области  $800\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ . Так полоса  $830\text{ см}^{-1}$  постепенно уменьшается и с низкочастотной стороны сначала появляется плечо, которое становится самостоятельной линией с максимумом  $770\text{ см}^{-1}$  при содержании оксида германия 35 мол.% и более. Полосы  $1335$  и  $1465\text{ см}^{-1}$  относятся к валентным колебаниям В-О(В) в треугольниках  $[\text{VO}_3]$  [9]. Линия с максимумом  $1000\text{ см}^{-1}$  связана с валентными колебаниями связей В-О в тетраэдрах  $[\text{VO}_4]$ , в тоже время она принадлежит и к колебаниям связей Ge(IV)-О [10]. Набор полос в области  $800\text{--}950\text{ см}^{-1}$  относится к валентным колебаниям В-О связей в  $[\text{VO}_4]$  тетраэдрах. Полосы в низкочастотной части спектра с максимумами  $460$  и  $715\text{ см}^{-1}$  принадлежат деформационным колебаниям Ge-О, В-О связей. Линия  $770\text{ см}^{-1}$  относится к колебаниям Ge(IV)-О связей [9]. Таким образом, основными структурными группировками в борogerманатных стеклах изученных составов являются как германиево-кислородные тетраэдры и октаэдры, так и борсодержащие структурные единицы  $[\text{VO}_{4/2}]^-$ ,  $\text{V}_4\text{O}_{10}^{2-}$ ,  $\text{VO}_{3/2}$  и  $\text{VO}_{2/2}\text{O}^-$ . В зависимости от соотношения В/Ge в стекле происходит их перераспределение, результатом чего являются изменения на спектрах КР и ИК.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (№ 16-35-60045 и № 18-05-00079)*

#### **Литература:**

1. Chakraborty I.N., Condrate R.A. Raman Spectra of Potassium Borogerminate Glasses with High B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Contents. J. Am. Ceram. Soc. 1983. V. 66. No. 4, P. 71–72.
2. Di Martino D., Santos L.F., Marques A.C., Almeida R.M. Vibrational Spectra and Structure of Alkali Germanate Glasses. J. Non-Cryst. Solids. 2001. V. 293. No. 1. P. 394–401.
3. Henderson G.S., Wang H.M. Germanium Coordination and the Germanate Anomaly. Eur. J. Mineral. 2002. V. 14. P. 733–744.
4. Kamitsos E.I., Yiannopoulos Y.D., Karakassides M.A., Chryssikos G.D., Jain H. Raman and Infrared Structural Investigation of  $x\text{Rb}_2\text{O}\cdot(1-x)\text{GeO}_2$  Glasses. J. Phys. Chem. 1996. V. 100. No. 28. P. 11755–11765.
5. Henderson G.S., Fleet M.E. The Structure of Alkali Germanate and Silicate Glasses by Raman Spectroscopy. Trans. Am. Crystallogr. Assoc. 1991. V. 27. P. 269–278.
6. Verweij H., Buster J.H.J.M. The Structure of Lithium, Sodium and Potassium Germanate Glasses, Studied by Raman Scattering. J. Non-Cryst. Solids. 1979. V. 34. No. 1. P. 81–99.
7. Osipov A.A., Osipova L.M. Structural Studies of Na<sub>2</sub>O–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Glasses and Melts Using High-Temperature Raman Spectroscopy. Physica B: Condensed Matter. 2010. V. 405. No. 23. P. 4718–4732.
8. Yano T., Kunimine N., Shibata S., Yamane M. Structural Investigation of Sodium Borate Glasses and Melts by Raman Spectroscopy.: I. Quantitative Evaluation of Structural Units. J. Non-Cryst. Solids. 2003. V. 321. No. 3. P. 137–146.
9. Mansour E. FTIR Spectra of Pseudo-Binary Sodium Borate Glasses Containing TeO<sub>2</sub>. J. Mol. Struct. 2012. V. 1014. P. 1–6.
10. Blaszczyk K., Jelonek W., Adamczyk A. Infrared Studies of Glasses in the Li<sub>2</sub>O–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–GeO<sub>2</sub>(SiO<sub>2</sub>) Systems. J. Mol. Struct. 1999. V. 511–512. P. 163–166.

## ГРУППОВОЙ СОСТАВ ОБРАЗЦОВ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ЯМР-ИССЛЕДОВАНИЙ

*Шумскаяйте М.И.<sup>1</sup>, Бурухина А.И.<sup>2</sup>, Чернова Е.С.<sup>3</sup>, Тураханов А.Х.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия,  
[ShumskaitеMI@ipgg.sbras.ru](mailto:ShumskaitеMI@ipgg.sbras.ru)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. В работе выполнена совместная интерпретация данных геохимических и ЯМР-измерений тяжелых нефтей. По данным геохимических исследований определен групповой и фракционный состав нефти, плотность и вязкость. По ЯМР-данным установлены релаксационные характеристики исследуемых образцов. Экспериментально установлено, что метод ЯМР-релаксометрии чувствителен к изменению физико-химических свойств и состава образцов нефти. Показано, что групповой состав нефти, определенный по результатам методов жидкостной хроматографии и ЯМР-релаксометрии, согласуется.

Ключевые слова: групповой состав, тяжелая нефть, физико-химические свойства, ЯМР-характеристики

## GROUP ANALYSIS OF HEAVY OIL SAMPLES BY GEOCHEMICAL AND NMR EXPERIMENTS RESULTS

*Shumskayte M.Y.<sup>1</sup>, Burukhina A.I.<sup>2</sup>, Chernova E.S.<sup>2</sup>, Turakhanov A.H.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia,  
[ShumskaitеMI@ipgg.sbras.ru](mailto:ShumskaitеMI@ipgg.sbras.ru)

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The paper deals with joint interpretation of geochemical and NMR measurement data on heavy oils. According to geochemical data, we have determined group and fractional composition of hydrocarbons, density and viscosity. Relaxation characteristics of samples under investigation are identified by NMR data. It has been experimentally established that the NMR relaxometry method is sensitive to the change of physico-chemical properties and composition of oil samples. We have shown that the group compositions of oil, determined by liquid chromatography and NMR relaxometry, are consistent.

Key words: hydrocarbon group analysis, heavy oil, physical/chemical properties, NMR characteristics

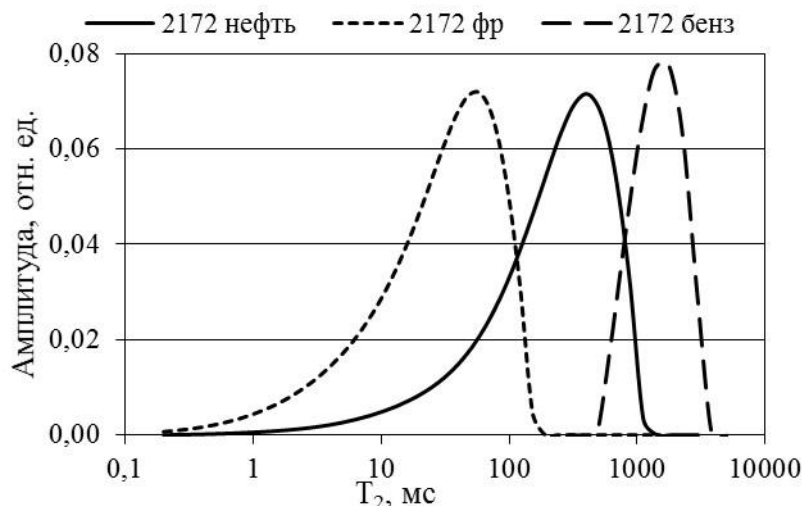
Метод ЯМР используется для определения петрофизических параметров и физико-химических свойств горных пород и насыщающих их флюидов [3-5]. Знание реологических свойств нефтесодержащих флюидов на ранней стадии изучения коллекторов является важным, поскольку они определяют продуктивность пласта. На сегодняшний день метод ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) широко используется для оценки реологических

свойств пластовых флюидов и позволяет оценивать вязкость нефти как в лабораторных условиях, так и непосредственно при исследованиях в скважинах на основе данных о характерных временах продольной ( $T_1$ ) и поперечной ( $T_2$ ) релаксации [6, 7]. Актуальным вопросом остается эффективная разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти высокой вязкости [1], поэтому в этом направлении ЯМР-исследования ведутся особенно интенсивно. Исследования зависимости вязкости образцов нефти от концентрации асфальтеновых соединений показали, что состав нефти влияет на ее реологические свойства. Вопрос оценки группового состава углеводородов методом ЯМР-релаксометрии рассматривается многими авторами [2, 8].

Время проведения ЯМР-эксперимента составляет от единиц секунд до десятка минут, поэтому данный метод может эффективно использоваться для экспресс-оценки реологических свойств и состава углеводородов как в лаборатории, так и непосредственно при бурении скважины или её эксплуатации.

В работе продемонстрированы результаты комплексной интерпретации данных геохимических и ЯМР-исследований тяжелой нефти. Проводятся измерения 10 образцов нефти с Новопортовского, Бованенковского, Геофизического, Восточно-Мессояхского, Ванкорского, Салымского, Правдинского и Заполярного месторождений. Интервал отбора составляет от 1673-1680 м (для Ванкорского месторождения) до 3341-3370 м (для Бованенковского месторождения). Плотность исследуемых нефтей меняется в диапазоне 0,82-0,92 г/см<sup>3</sup> со средним значением 0,87 г/см<sup>3</sup>. Вязкость при 20°С меняется в диапазоне 3,81-23,12 мм<sup>2</sup>/с со средним значением 11,27 мм<sup>2</sup>/с. По геохимическим данным групповой состав представлен насыщенными и ароматическими углеводородами (>85%) и смолисто-асфальтеновыми соединениями (<15%).

Для каждого образца проводилось 3 ЯМР-измерения: исходный образец нефти, ее бензиновая фракция, выкипающая при температуре до 200°С, и фракция, выкипающая при температуре после 200°С (рис. 1).



**Рисунок 1 – Спектры по временам поперечной релаксации образца нефти 2172 (Правдинское месторождение) и его фракций, выкипающих при температуре до и после 200°С.**

Для образца 2172 получены следующие релаксационные характеристики. Общее водородосодержание нефти составляет 67,2%, тяжелой фракции – 68,7%, бензиновой – 79,9%. Среднее логарифмическое времени релаксации для нефти – 157,4 мс, для тяжелой фракции – 24,9 мс, для бензина – 1450,9 мс. На графике видно, что амплитуды спектров отличаются незначительно, спектр по временам поперечной релаксации образца нефти находится между спектрами фракций, выкипающих при температуре до и после 200°С, т.е. фракция после 200°С является наиболее тяжелой. Спектр бензиновой фракции наиболее узкий, что говорит о его более однородном составе. Аналогичные спектры характерны для всех изученных образцов нефти.

Для всех образцов был определен групповой состав нефти и ее фракций. Для образца нефти 2172 получены следующие значения. Содержание насыщенных УВ – 49,81% по геохимическим данным, 41,03% по ЯМР-данным; ароматических УВ – 37,08% по геохимическим данным, 49,73% по ЯМР-данным; смолисто-асфальтеновых соединений – 13,11% по геохимическим данным, 9,24% по ЯМР-данным. Во фракции, выкипающей при температуре после 200°С, содержание насыщенных УВ – 36,81% и 40,25%, соответственно, по геохимическим и ЯМР-данным, ароматических УВ – 45,48% и 42,24%, смолисто-асфальтеновых соединений – 17,71% и 17,51%. В бензиновой фракции насыщенных УВ – 86,8% и 85,38%, ароматических УВ – 13,2% и 14,62%.

Таким образом, показано, что метод ЯМР-релаксометрии позволяет оценивать вязкость исследуемых образцов нефти без какой-либо начальной информации, поскольку ЯМР-характеристики очень чувствительны к изменению свойств и состава жидких УВ. Экспериментально установлено, что по ЯМР-данным можно определять групповой состав нефти и разных ее фракций, что подтверждается согласованием с геохимическими данными (результаты методов жидкостной хроматографии и ИК-спектromетрии). В дальнейшем планируется провести серию измерений при разной температуре для выявления зависимости релаксационных характеристик и группового состава от температуры.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00112*

#### **Литература:**

1. Зарипов Т., Дорогиницкий М., Гизатуллин Б. и др. Результаты изучения вязкости нефти с месторождений республики Татарстан с помощью метода Ядерной магнитно-резонансной релаксометрии. Каротажник. 2015. №7 (253). С. 3-13.
2. Тураханов А., Глинских В.Н., Каширцев В. и др. Применение ядерного магнитного резонанса-релаксометрии для экспресс-исследования реологических свойств и группового состава нефти и конденсата. Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т. 12. №3. 15 с.
3. Шумскайте М.Й., Глинских В.Н. Анализ влияния объемного содержания и типа глинистых минералов на релаксационные характеристики песчано-алевритовых образцов. Каротажник. 2015. №7 (253). С. 56-62.
4. Шумскайте М.Й., Глинских В.Н. Экспериментальное исследование зависимости ЯМР-характеристик от удельной поверхности и удельного электрического сопротивления песчано-алеврито-глинистых образцов. Геология и геофизика. 2016. Т. 57. №10. С. 1911-1918.
5. Шумскайте М.Й., Глинских В.Н., Бортникова С.Б. и др. Лабораторное изучение жидкостей, выносимых из скважины, методом ЯМР-релаксометрии. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 2. С. 59-66.
6. Freedman R., Heaton N. Fluid characterization using nuclear magnetic resonance logging. *Pertophysic*s. 2004. № 45. P. 241-250.
7. Korb J., Vorapalawut N., Nicot B. et al. Relation and correlation between NMR relaxation times, diffusion coefficients, and viscosity of heavy crude oils. *The Journal of Physical Chemistry*. 2015. № 119(43). P. 24439-24446.
8. Shkalikov, N., Skirda, V., Archipov, R. Solid-like component in the spin-spin NMR-relaxation of heavy oils. *Magnetic Resonance in Solids. Electronic Journal*. 2006. № 8. P. 38-42.

## ИСТОЧНИКИ МАГМ К-НА УМЕРЕННО-ЩЕЛОЧНОГО ВУЛКАНИЗМА СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ

*Щербаков Ю.Д.<sup>1</sup>, Перепелов А.Б.<sup>1</sup>, Пузанков М.Ю.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия,  
[scherb@igc.irk.ru](mailto:scherb@igc.irk.ru)

<sup>2</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия

Аннотация. В Срединном хребте Камчатки проявлены К-На умеренно-щелочные вулканические серии с переходными вещественными характеристиками между внутриплитным и островодужными геохимическими типами. В состав этих серий входят трахибазальты, трахиандезиты, трахиты, комендиты, а локализованы они в строении двух вулканических центров Белоголовский и Большой-Кекукнайский. Обеднение трахитов и трахибазальтов вулканических центров элементами подгруппы платины (Pt, Pd) относительно типичных островодужных (IAB) и Камчатских пород, свидетельствует об участии в их образовании источника, обедненного этими элементами. Изотопные характеристики пород вулканических центров близки к значениям Индийского MORB, что подтверждает возможность участия в магмообразовании нескольких источников.

Ключевые слова: элементы платиновой группы, трахибазальты, трахиты, Камчатка.

## SOURCES OF K-NA SUBALKALINE MAGMATISM OF KAMCHATKA SREDINNY RIDGE

*Shcherbakov Yu.D.<sup>1</sup>, Perepelov A.B.<sup>1</sup>, Puzankov M. Yu.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Vinogradov Institute of geochemistry SB RAS (Irkutsk), Russia, [scherb@igc.irk.ru](mailto:scherb@igc.irk.ru)

<sup>2</sup>Institute of volcanology and seismology FEB RAS (Petropavlovsk-Kamchatsky), Russia

Abstract. K-Na subalkaline volcanic series with transit between intraplate and island arc geochemical type's characteristics are occur in Sredinny ridge of Kamchatka. This volcanic series are located at Belogolovsky and Bolshoi-Kekuknaisky volcanic centers, and consist of trachybasalts, trachyandesites, trachytes, comendites. Trachybasalts and trachytes depletion in platinum subgroup elements (Pt, Pd) in compare with typical island arc rocks and Kamchatka's rocks, shows that depleted source participate in there generation. Isotopic charecteristics of K-Na subalkaline series are close to Indian MORB and that is prove possibility of multiple sources generation.

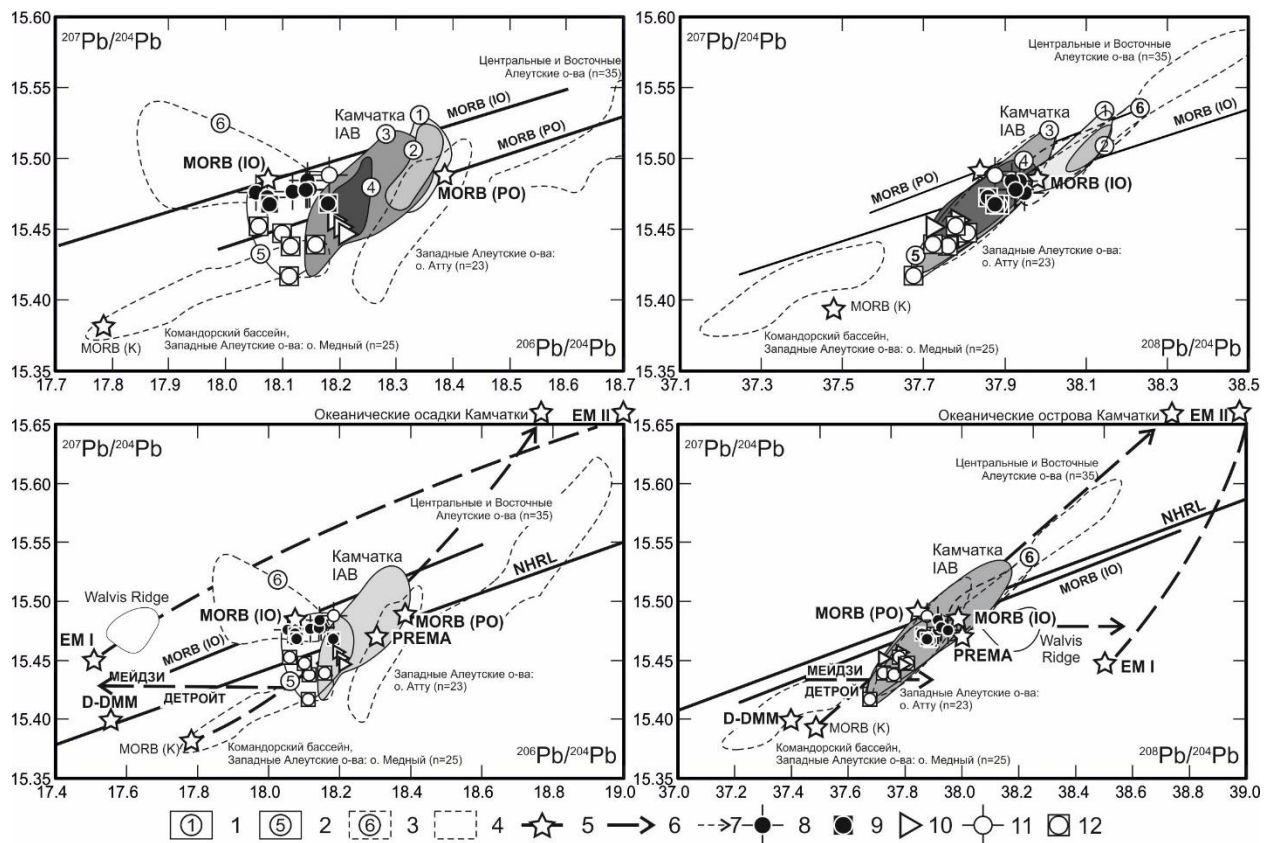
Key words: Platinum group elements, trachybasalts, trachytes, Kamchatka.

Не характерная для континентальной окраины Камчатки К-На умеренно-щелочная вулканическая серия слагает два вулканических центра, Белоголовский и Большой-Кекукнайский расположенных в тыловой зоне Срединного хребта. В состав этой серии входят трахибазальты, трахиандезиты, трахиты и комендиты. По геохимическим

характеристикам породы занимают переходную позицию между островодужными и внутриплитными [1]. Образование пород трахибазальт-трахит-комендитовой серии (ТТК) происходит в интервале от позднего плиоцена, до раннего плейстоцена [2]. Специфические геохимические характеристики пород этих центров позволяют предполагать гетерогенный характер источников магматического вещества, природа которых в таких структурах может быть исследована с позиций современных представлений о процессах астеносферно-литосферного взаимодействия и мантийно-корового рециклинга.

Анализ данных о распределении элементов платиновой группы (ЭПГ) в вулканических породах К-На умеренно-щелочной серии показывает, что трахибазальты и трахиты изученных вулканических центров обладают сходными характеристиками в распределении ЭПГ. Они выражаются в их относительном обеднении элементами платиновой (Pt, Pd) и в меньшей степени обеднением элементами иридиевой (Ir, Os) подгрупп, в сравнении с составами базальтов островодужного геохимического типа Камчатки и других островных дуг. Еще более отчетливо они обеднены ЭПГ в сравнении с базальтоидами океанических островов, имеющих внутриплитную природу. С другой стороны, наблюдается близость концентраций ЭПГ в трахибазальтах Срединного хребта с полем составов базальтоидов MORB типа и их соответствие базальтовым эклогитам, которые являются продуктами высокобарических преобразований субдуцированной океанической коры. Таким образом, трахибазальтовые и трахитовые расплавы изученных вулканических центров несут признаки участия в их образовании деплетированного в отношении ЭПГ мантийного источника и не может быть сопоставлен с мантийным источником OIB типа или с источником Тихоокеанской астеносферной мантии.

Изотопные источники К-На умеренно-щелочных магм имеют признаки гетерогенности. С одной стороны, это деплетированный мантийный источник, сходный по характеристикам с источником «командорского» MORB типа, а с другой – относительно обогащенный источник, имеющий характеристики близкие к «индийскому» MORB (Рисунок. 1). Третьим вероятным источником вещества могла быть надсубдукционная мантия, метасоматизированная в процессе погружения океанической литосферы в зоне миоцен-плиоценовой субдукции относительно «древней» океанической плиты Кула или Изанаги. Наиболее радиогенными изотопными составами пород по величинам  $^{87}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  и  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  обладают обогащенные LILE и HFSE элементами и породы позднеплиоцен-раннеплейстоценовой ТТК серии Срединного хребта, в составе которой присутствуют трахибазальты, трахиандезиты, трахиты и комендиты. На следующем плейстоцен-голоценовом этапе в структурах Белоголовского и Большой-Кекукнайского центров проявляются трахибазальты и субщелочные базальты К-На типа, среди которых отмечены как обогащенные, так и умеренно-обогащенные LILE и HFSE породы, нередко обладающие геохимическими характеристиками переходными к IAB типу магм. Большинство базальтоидов этого этапа имеют отчетливо менее радиогенные изотопные составы и наиболее близки к источнику MORB типа.



**Рисунок 1 - Изотопные характеристики пород надсубдукционных вулканических поясов Камчатки и вулканических центров Белоголовский и Большой-Кекукнайский.**

**1** – поля изотопных характеристик базальтов и андезитов надсубдукционного геохимического типа вулканических поясов Камчатки (цифры в кружках составы пород вулканических поясов: **1** – Восточной Камчатки, **2** – Южной Камчатки, **3** – Центральной Камчатской депрессии, **4** – Срединного хребта); **2** – поле изотопных характеристик пород умеренно-щелочной серии и субщелочных K-Na базальтоидов Срединного хребта Камчатки; **3** – поле составов субщелочных и щелочных K-Na базальтоидов Восточной Камчатки; **4** – поля составов базальтов и андезитов Командорского бассейна и Западных Алеутских островов, Западных Алеутских островов (о. Атту), Центральных и Восточных Алеутских островов, n – количество проб; **5** – тренды эволюции и средние значения изотопных характеристик для MORB-(IO) и Тихого океанов MORB, MORB(K) – базальтов Командорского бассейна, EM I и EM II – обогащенной и мантии; **6** – направления к меткам изотопных резервуаров; **7-8** – точки составов пород умеренно-щелочных серий вулканического центра Белоголовский (**7** – позднеплиоцен-раннеплейстоценовой дифференцированной серии центра и **8** – ранне-среднеплейстоценовых щитовых вулканов); **9-11** – точки составов пород вулканического центра Большой-Кекукнайский (**9** – высококальциевой нормально-щелочной серии вулкана Кекукнайский, **10** – умеренно-щелочной серии вулкана Большой, **11** – зоны ареального вулканизма Дола Геологов) [2].

Следует предполагать, что роль обогащенного изотопного источника типа «индийского» MORB была максимальной при образовании исходных магм ТТК серии, тогда как при формировании пород более позднего этапа более значительную роль приобретает деплетированный источник, сходный с «командорским» MORB.

*Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ, грант № 18-35-00294-мол\_а.*

#### Литература:

1. Флеров Г.Б., Колосков А.В., Пузанков М.Ю., Перепелов А.Б., Щербаков Ю.Д., Дриль С.И., Палесский С.В. Пространственно-временные соотношения вулканических ассоциаций разной щелочности Белоголовского массива (Срединный хребет Камчатки). Часть II. Геохимия вулканических пород и источники магм. Вулканология и сейсмология. 2016. № 4. С. 3-26.
2. Щербаков Ю.Д. Геохимия и петрология щелочно-базальт – трахит – комендитовой серии Срединного хребта Камчатки. Автореферат на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Иркутск. 2015. 23 с.

**ГИДРОГЕОЛОГИЯ ЮРЫ И МЕЛА ЮЖНЫХ РАЙОНОВ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ***Юдин С.В.*

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия,  
[sergeyydin@gmail.com](mailto:sergeyydin@gmail.com)

Аннотация. Установлены гидрогеологические особенности юрских и меловых отложений на юге полуострова Ямал. При проведении геотермического районирования установлены три геотермические зоны: повышенных ( $G_{\text{ср.}} > 3,2 \text{ } ^\circ\text{C}/100\text{м}$ ), фоновых ( $G_{\text{ср.}} = 2,8\text{-}3,2 \text{ } ^\circ\text{C}/100\text{м}$ ) и пониженных ( $G_{\text{ср.}} < 2,8 \text{ } ^\circ\text{C}/100\text{м}$ ) значений среднего геотермического градиента. Отличительной особенностью региона является наличие зон аномально высоких пластовых давлений и инверсионного типа вертикальной гидрогеохимической зональности.

Ключевые слова: подземные воды, полуостров Ямал, гидрогеологические условия, гидрогеохимическая зональность

**HYDROGEOLOGY OF JURASSIC AND CRETACEOUS OF SOUTHERN REGIONS OF THE YAMAL PENINSULA***Yudin S.V.*

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [sergeyydin@gmail.com](mailto:sergeyydin@gmail.com)

Abstract. Hydrogeological features of the Jurassic and cretaceous deposits in the south of the Yamal Peninsula are established. At carrying out of geothermal zoning three geothermal zones are established: raised ( $G_{\text{avg.}} > 3,2 \text{ } ^\circ\text{C}/100\text{m}$ ), background ( $G_{\text{avg.}} = 2,8\text{-}3,2 \text{ } ^\circ\text{C}/100\text{m}$ ) and lowered ( $G_{\text{avg.}} < 2,8 \text{ } ^\circ\text{C}/100\text{m}$ ) values of an average geothermal gradient. Distinctive feature of the region is availability of zones with abnormal high reservoir pressure and an inverse type of vertical hydrogeochemical zonality.

Key words: groundwater, the Yamal Peninsula, hydrogeological conditions, hydrogeochemical zonality

Гидрогеологические и гидрогеохимические исследования нефтегазоносных отложений севера Западной Сибири ведутся с пятидесятых годов прошлого века, и к настоящему времени накоплен огромный фактический материал, который отражен в работах следующих исследователей: С.Р. Вагина, А.А. Карцева, В.А. Кирюхина, В.В. Нелюбина, О.Н. Яковлева (нефтегазовая гидрогеология); И.К. Гавича, А.Д. Дучкова, В.И. Дюнина, Ю.Г. Зимина, А.Э. Конторовича, А.Р. Курчикова, (гидродинамические и геотермические условия); Н.М. Кругликова, В.М. Матусевича, Д.А. Новикова, Б.П. Ставицкого, В.М. Швеца (особенности химического состава подземных вод) [1 – 4].

Согласно нефтегазогеологическому районированию Южно-Ямальский нефтегазоносный район (НГР) приурочен к Ямальской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. В пределах территории исследования открыто 10



месторождений углеводородов, из них: 4 нефтегазоконденсатных, 3 газоконденсатных и 3 газовых. В связи с активным промышленным освоением региона возникает необходимость в проведении детальных гидрогеологических исследований.

При выполнении гидрогеологической стратификации Южно-Ямального НГР установлено, что в вертикальном разрезе выделяются два гидрогеологических этажа: верхний и нижний. Промышленный интерес представляют отложения нижнего гидрогеологического этажа, который объединяет четыре водоносных комплекса (сверху-вниз): апт-альб-сеноманский, неокомский, юрский и палеозойский.

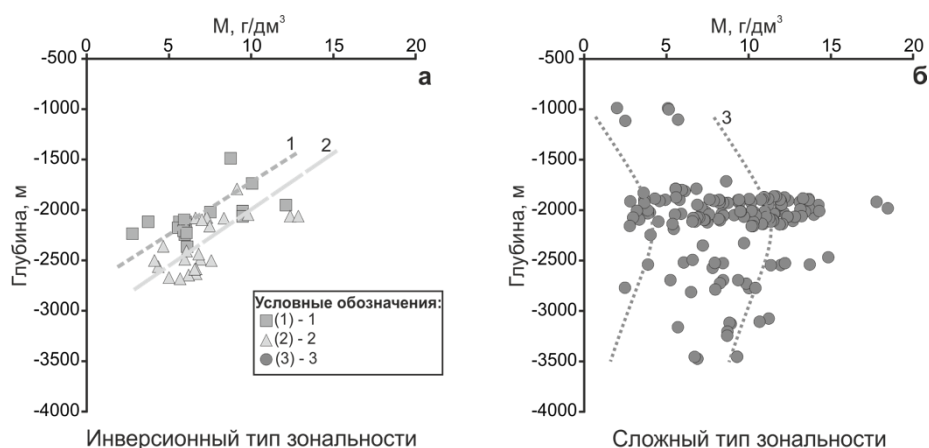
Детальный анализ гидродинамических материалов показал, что в пределах региона исследования пластовые давления изменяются от 6 до 37 МПа. Территория характеризуется нормальными и повышенными пластовыми давлениями с коэффициентом аномальности от 0,95 до 1,15. Особенностью региона является наличие аномально высоких пластовых давлений в пределах неокомского и юрского комплексов, на глубине более 2000 м.

В результате проведения геотермического районирования по величине средних значений геотермического градиента выделены три геотермические зоны: повышенных ( $G_{\text{ср.}} > 3,2$  °C/100м), фоновых ( $G_{\text{ср.}} = 2,8-3,2$  °C/100м) и пониженных ( $G_{\text{ср.}} < 2,8$  °C/100м) значений среднего геотермического градиента. Для всех изученных комплексов характерна геотермическая зональность, выраженная в увеличении пластовых температур с запада на восток.

При детальном изучении гидрогеохимических материалов установлено, что в вертикальном разрезе осадочного чехла южных районов полуострова Ямал выделяется два типа вертикальной гидрогеохимической зональности: инверсионная (обратная) и сложная. В регионе исследования преобладает инверсионный тип гидрогеохимической зональности (рис. 1 а), сложный тип вертикальной гидрогеохимической зональности выделен на Новопортовской площади, который характеризуется ростом величины общей минерализации до глубины 2000м, а затем ее уменьшением (рис. 1 б).

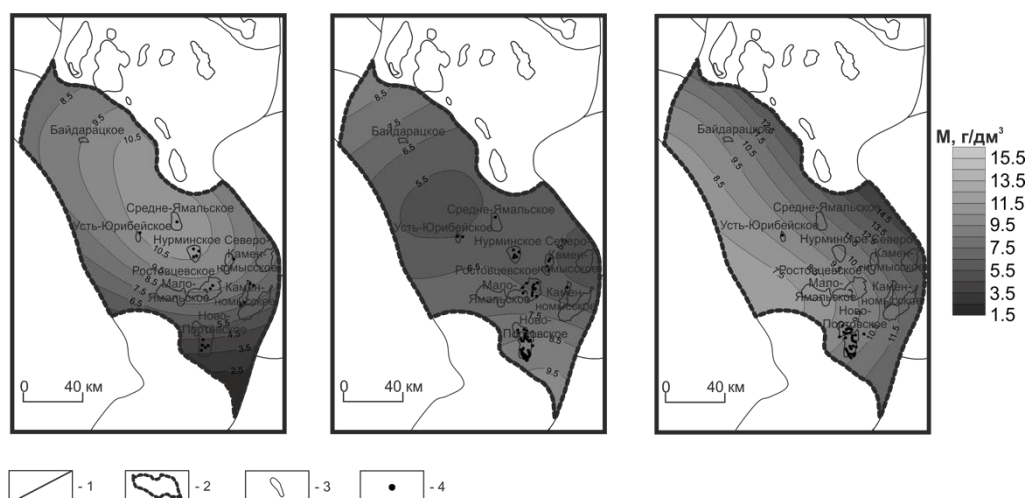
Стоит отметить, что в пределах изученных комплексов также выявлен сложный характер распределения величины общей минерализации по латерали. В апт-альб-сеноманском комплексе наблюдается уменьшение величины общей минерализации от Средне-Ямального месторождения по направлению к Новопортовскому и Байдарацкому (рис. 2 а). В пределах комплекса распространены воды со средней величиной минерализации  $7,4$  г/дм<sup>3</sup>. Наибольшие показатели величины общей минерализации ( $M=16,9$  г/дм<sup>3</sup>) встречены в скв. №79 Ростовцевского месторождения в интервале 1840-1844м (пласт ТП<sub>9-10</sub>), наименьшие – в скв. №48 Новопортовского месторождения в интервале 985-990м (пласт ПК<sub>10-15</sub>), где величина общей минерализации составляет  $2,1$  г/дм<sup>3</sup>.

В неокомском водоносном комплексе наблюдается уменьшение величины общей минерализации от Байдарацкого и Новопортовского месторождений к Усть-Юрибейскому и Средне-Ямальному соответственно. Максимальные значения комплекса приурочены к скв. № 57 Новопортовского месторождения, где в интервале глубин 1974-1989м (пласт НП<sub>1</sub>) минерализации достигает  $18,5$  г/дм<sup>3</sup>. Минимальные значения получены в пределах Средне-Ямального месторождения, в скв. №17, в интервале 2278-2283м (пласт БЯ<sub>10-14</sub>), где минерализация составляет  $2,5$  г/дм<sup>3</sup> (рис. 2 б).



**Рисунок 1 – Типы вертикальной гидрогеохимической зональности территории исследования: инверсионный (а) на Нурминском (1) и Ростовцевском(2) месторождениях и сложный (б) на Новопортовском (3).**

Для юрского комплекса характерен рост величины общей минерализации с юго-запада на северо-восток. Для комплекса характерны воды с величиной общей минерализации от 2,8 г/дм<sup>3</sup> на Новопортовском месторождение (скв. №102, интервал 2083-2230м, пласт Ю<sub>4-6</sub>), до 14,9 г/дм<sup>3</sup> в скв. №124 Новопортовского месторождения в интервале 2464-2468м (пласт Ю<sub>20-22</sub>) (рис. 2 в).



**Рисунок 2 - Карты общей минерализации подземных вод апт-альб-сеноманского (а), неокомского (б) и юрского (в) водоносных комплексов на территории исследования. Условные обозначения: 1 – границы нефтегазоносных районов, 2 – территория исследования, 3 – месторождения, 4 – скважины.**

#### Литература:

1. Конторович А.Э., Нестерова И.И., Саламанова Ф.К. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. – М.: Недра. 1975. 680 с.
2. Кругликов Н.М., Нелюбин В.В., Яковлев О.Н. Гидрогеология Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна и особенности формирования залежей углеводородов. Л.: Недра. 1985. 279 с.
3. Матусевич В.М. Геофлюидальные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна. Тюмень: ТюмГНГУ. 2005. 225 с.
4. Изох А.Э., Поляков Г.В., Кривенко А.П., Богнибов В.И., Баярбилэг Л. Габброидные формации Западной Монголии. Новосибирск. Наука. 1990. 269 с.
5. Novikov D.A. Hydrogeochemistry of the Arctic areas of Siberian petroleum basins. «Petroleum Exploration and Development». Great Britain. 2017. Volume 44. - issue 5. PP.780-788.

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЯ СООРУЖЕНИЯ

*Юша А. М.*

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,  
[yusha-aganal@yandex.ru](mailto:yusha-aganal@yandex.ru)

Аннотация. В работе рассматривается участок перспективного строительства нежилого помещения в Ленинградской области. Помимо анализа геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических условий, автором, на основе нормативных документов, был выполнен расчет свайного фундамента по предельным состояниям: по первой группе – по прочности материала свай и ростверков, по несущей способности грунта основания свайных фундаментов и свай, по устойчивости оснований свайных фундаментов в целом; по второй группе – по осадке фундамента при действии вертикальных нагрузок. Расчеты выполнены для двух несущих слоев, также приводится сравнение полученных результатов.

Ключевые слова: инженерная геология, физико-механические свойства, свайный фундамент

## ENGINEERING-GEOLOGICAL CALCULATIONS OF FOUNDATION STABILITY

*Yusha A. M.*

Saint-Petersburg State university, Saint-Petersburg, Russian Federation, [yusha-aganal@yandex.ru](mailto:yusha-aganal@yandex.ru)

Abstract. In this paper, the prospective construction of a non-residential premises in the Leningrad Region is considered. In addition to the analysis of geological, hydrogeological, engineering and geological conditions, the author, on the basis of normative documents, has calculated the pile foundation for limiting states: the first group was based on the strength of the pile and grillage material, the load-bearing capacity of the pile foundation base and piles, the foundations of pile foundations as a whole; according to the second group - by the draft of the foundation under the action of vertical loads. Calculations are made for two carrier layers, and a comparison of the results is also given.

Keywords: engineering geology, physical and mechanical properties, pile foundation

Участок строительства располагается в Ленинградской области. Абсолютные отметки поверхности территории, не подверженной техногенным воздействиям, изменяются в пределах 30-35 метров. Климат территории умеренный, переходный от морского к континентальному. Хорошо развита гидрографическая сеть.

С точки зрения геологии район работ относится к Прибалтийскому региону Русской плиты. Характерно кристаллическое основание ниже- и среднепротерозойского возраста,

на которой развита осадочная толща верхнепротерозойских и палеозойских пород, которые в свою очередь перекрываются отложениями четвертичного возраста небольшой мощности.

Работа направлена на расчет основания сооружения, размеры которого - длина 28 м, ширина 15 м. В соответствии с нормативными документами [1] расчет производился по двум предельным состояниям, где по первому - рассчитываются длины свай, их количество и глубины заложения, давление под сконструированным фундаментом, а по второму - сравнение полученных значений с предельными.

В ходе расчетов определяется слой, на который опираются сваи – несущий слой. В нашем случае это 2 слоя - суглинок и глина. Расчеты были произведены для каждого из них по отдельности, так как необходимо было найти оптимальный вариант с наибольшей прочностью.

В результате работы было выявлено то, что оба несущих слоя, суглинок и глина, могут быть использованы в непосредственном строительстве сооружения. Но, с точки зрения экономии средств на железные прутья и цемент, следует выбрать вариант, где несущим слоем является суглинок.

#### **Литература:**

1. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – Введен с 01.07.2015. – М.: Стандартиформ, 2015.

**ГЕОЛОГО-ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ  
ОБСТАНОВКА ФОРМИРОВАНИЯ БАЗИТОВЫХ ДАЕК ЗОЛОТОРУДНЫХ  
ОБЪЕКТОВ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ  
СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ**

*Яковлева К.Ю.<sup>123</sup>, Кадильников П.И.<sup>12</sup>*

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

[YakovlevaKY@ipgg.sbras.ru](mailto:YakovlevaKY@ipgg.sbras.ru)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, НГУ, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Институт Геологии алмаза и благородных металлов, СО РАН, Якутск, Россия

Аннотация. В пределах районов золоторудных объектов Верхояно-Колымской складчатой области - Мало-Тарынского месторождения и рудопоявления Тинь-Юрюетэ впервые установлено широкое разнообразие пород основного состава, относящихся к щелочной, шшонитовой и известково-щелочной магматическим сериям. Эти дайки прорывают поздне триасовые и раннеюрские терригенные породы, входящие в состав террейнов пассивной континентальной окраины Сибирского кратона. Формирование даек вероятно происходило в среднем мезозое в обстановке активной континентальной окраины.

Ключевые слова: дайки, мезозой, базиты, активная континентальная окраина, Верхояно-Колымская складчатая область.

**GEOLOGY AND PETROCHEMICAL CHARACTERISTIC AND GEODYNAMIC  
SITUATION FOR FORMATION OF THE BASIC DYKES OF GOLD DEPOSITS OF  
SOUTHWESTERN PART OF THE VERKHUYAN-KOLYMA FOLD AREA**

*Yakovleva K.Y.<sup>123</sup>, Kadilnikov P.I.<sup>12</sup>*

<sup>1</sup>A.A Trofimuk Institute of Petroleum geology and geophysics, SB RAS, Novosibirsk, Russia,

[YakovlevaKY@ipgg.sbras.ru](mailto:YakovlevaKY@ipgg.sbras.ru)

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, NSU, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Diamond and Precious Metal Geology Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia

Abstract. Within the areas of a gold ore deposits of the Verkhoyansk-Kolyma folded region: the Malo-Taryn deposit and the ore occurrence of Tin-Yuryuete firstly we was established a wide variety of basic rocks related to alkaline, shoshonitic and calc-alkaline magmatic series. These rocks intruded Late Triassic and Early Jurassic terrigenous rocks included in composition of passive continental margin terranes of the Siberian craton. Generation of dikes probably occurred in the Middle Mesozoic in situation of active continental margin.

Key words: dikes, Mesozoic, basites, active continental margin, Verkhoyansk-Kolyma folded area.

В пределах Верхояно-Колымской складчатой области (ВКСО), относящейся к аккреционной структуре северо-западного обрамления Сибирского кратона, широко проявлен магматизм юрского возраста [1]. В состав юго-западной части ВКСО входят Верхоянский, Кулар-Нерский и Полоусно-Дебинский террейны, сложенные преимущественно терригенно-карбонатными породами (PZ-MZ), которые являются фрагментами пассивной континентальной окраины Сибирского кратона и Колымо-Омолонского супертеррейна, сложенного PP-PZ метаморфическими породами. Террейны пассивной окраины разделены протяженными сутурами, в пределах которых сосредоточено большинство магматических пород юрского возраста: Адыча-Тарынской и Чаркы-Индигирской, сформированных при коллизии Омолонского супертеррейна и Сибирского кратона [1]. В зонах этих разломов выявлены два гранитоидных комплекса (U-Pb геохронологические данные по цирконам): колымский (160-174 млн. лет) [2-4] и басугуньинский (156-150 млн. лет) [3, 4]. Кроме того, здесь выделяется габбро-диорит-гранит-андезибазальтовый (дайки и штоки) нера-бохапчинский комплекс [5]. Возраст последнего, основываясь на U-Pb данных для цирконов из магматических пород, находящихся в пределах золоторудных объектов из ю-в части этих сутур, варьирует в широком интервале значений: для гранитоидов – 162-167 млн. лет (TIMS, SHRIMP II), обзор в [3] и 152-149 млн. лет (SHRIMP), обзор в [6]; для субщелочных габброидов (Сохатиный массив) – 153 млн. лет (SHRIMP) [7]. Геодинамическая природа данного комплекса дискуссионна: формирование его пород связывают с обстановкой активной континентальной окраины [1, 2], а также с постколлизийным событием [2, 5].

В этой работе объектом исследований являются магматические породы из даек юго-западной части Адыча-Тарынской и Чаркы-Индигирской сутурных зон (районы золоторудных Мало-Тарынского месторождения и рудопроявления Тинь-Юрюетэ). Для изучения использованы петрографические шлифы (25 шт.) и данные химических анализов из коллекции ИГАБМ СО РАН, г. Якутск. Содержания главных элементов в породах получены фотометрическим методом (ИГАБМ СО РАН), трэйс-элементов- атомно-эмиссионным спектральным количественным анализом (ГРФ СВФУ).

Среди магматических пород в районе Мало-Тарынского месторождения выявлено 5 даек пород основного состава (мощность до 3 м, протяженность до 400 м). Дайки прорывают дислоцированную толщу терригенных отложений ( $T_3$ ). Они сильно деформированы (смяты в складки, будинированы, разбиты малоамплитудными разрывными нарушениями, выполненными кварцевыми жилами). Дайки имеют с-з простирание, ю-в падение (60-70°).

В районе рудопроявления Тинь-Юрюетэ установлено 15 даек пород основного состава (мощность до 2 м, протяженность до 500 м). Они имеют субмеридиональное и с-с-з простирание, падение субвертикальное или восточное (45-60°). Эти дайки, так же, как и ассоциирующая с ними гранитная дайка, прорывают деформированные отложения ( $T_3-J_1$ ). Дайки приурочены к разлому левосторонней сдвиговой кинематики, горизонтальное смещение достигает 1 км. Сдвиговая зона проявлена присутствием кварцевых жил, простирающихся в субширотном и с-в направлении, ориентировка которых подчеркивает левосдвиговое направление смещения.

Петрографо-геохимическое изучение в районе Мало-Тарынского месторождения проведено для единичной дайки участка Зеленый, а на рудопроявлении Тинь-Юрюетэ – для трех даек участка Малый. Дайка участка Зеленый имеет зональное строение. Контакт между зонами четкий, неровный. Породы центральной части дайки – базаниты:

желтоватые, имеющие венцовую и порфирированную структуру с редкими реликтивными вкрапленниками Ol, Px (до 10 мм), основная масса представлена Pl, Fsp, Px, Ol, вторичные минералы – Cal, Chl, Ep, Act, Tlc, Srp, Ser. Породы краевой части дайки – трахибазальты буровато-черные, с афировой и гиалопилитовой структурой, флюидальной и миндалекаменной (Qtz и Cal во включениях) текстурой. В стекловатой основной массе присутствуют микролиты Pl, Fsp (размер зерен до 0.2-0.5 мм, 20 об.%). В породах этого участка присутствуют акцессорные минералы – Ap, Ttn, Zrn, оксиды и сульфиды железа. Породы даек на участке Малый представлены габбро (размер зерен породообразующих минералов до 3 мм). Они состоят из Hbl (до 60 об.%), Pl (до 40 об.%), акцессорные минералы – Mag, Ilm, Ttn, вторичные – Act, Chl, Vt.

На участке Зеленый породы относятся к щелочной и шошонитовой серии: базаниты – Ne-нормативные ( $\text{SiO}_2 = 44.2-48.7$  мас.%,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} = 5.5-7.0$  мас.%,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0.9-1.9$ ), трахибазальты – Hy-Qtz-Crn-нормативные и Ol-нормативные ( $\text{SiO}_2 = 47.3-50.3$  мас.%,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} = 4.0-5.4$  мас.%,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 4.8-2.2$ ,  $\text{TiO}_2 > 1.0$  мас.%). Породы из участка Малый относятся к шошонитовой и известково-щелочной серии: габбро – Qtz- и Ol-нормативные ( $\text{SiO}_2 = 48.5-52.9$  мас.%,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} = 4.2-5.3$  мас.%,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0.4-2.5$ ). Все исследуемые породы характеризуются умеренным содержанием MgO – от 6.8 до 8.1 мас.%. На диаграммах Zr–Zr/Y; Zr/Y–Nb/Y и Zr/4–2Nb–Y они соответствуют полям внутриплитной и островодужной геодинамических обстановок.

Таким образом, устанавливается общность структурно-геологических характеристик для исследуемых проявлений основных пород из даек, относимых геологами к нерабохачинскому комплексу. Впервые выявлено присутствие среди них даек, имеющих зональное строение, с различиями в химических и минералогических составах, относимых к породам щелочной, шошонитовой и известково-щелочной серии. Изученные породы могли формироваться в обстановке активной континентальной окраины, подобно базитам юго-восточной части Адыча-Тарынской и Чаркы-Индибирской сутурных зон [1, 2].

Последующие наложенные тектонотермальные события, свидетельством которых являются деформации терригенных пород и даек, вероятно близких по времени с их внедрением, вероятно способствовали формированию Au-Qtz оруденения в регионе.

#### Литература:

1. Парфенов Л.М., Кузьмин М.И. Тектоника, геодинамика и металлогения территории республики Саха (Якутия). М.: МАИК. Наука. Интерпериодика. 2001. 571 с.
2. Трунилина В.А., Роев С.П., Зайцев А.И. Геологическое строение и состав Мунилканского массива Верхояно-Колымской орогенной области. Литосфера. 2015. № 2. С. 81–102.
3. Котляр И.Н., Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Гагиева А.М. О времени формирования гранитоидов Главного Колымского батолитового пояса: опыт согласования геологических данных и результатов изотопного датирования (Северо-Восток Азии). Тихоокеанская геология. 2016. Т. 35. №3. С. 45–62.
4. Акинин В.В., Прокопьев А.В., Торо Х., Миллер Э.Л., Вуден Дж., Горячев Н.А., Альшевский А.В., Бахарев А.Г., Трунилина В.А. U-Pb-SHRIMP возраст гранитоидов Главного батолитового пояса (Северо-Восток Азии). Доклады Академии наук. 2009. Т. 426. № 2. С. 216–221.
5. Волков А.В., Егоров В.Н., Прокопьев В.Ю., Сидоров А.А., Горячев Н.А., Бирюков Месторождения золота в дайках Яно-Колымского пояса. Геология рудных месторождений. 2008. Т. 50. № 4. С. 311–337.
6. Альшевский А.В. Геология, особенности вещественного состава, генезис и перспективы золотого оруденения в Утинском узле (Центрально-Колымский регион, Северо-Восток России). Автореферат к-та геол.-минерал. наук. СВКНИИ ДВО РАН. Владивосток. 2009. 30 с.
7. Изох А.Э., Горячев Н.А., Альшевский А.В., Акинин В.В. Сохатиный дифференцированный габбро-монцодиоритовый интрузив – пример синбатолитовых габброидов Яно-Колымской системы. Доклады Академии наук. 2012. Т. 444. № 2. С. 180–183.

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ СОЦИАЛЬНОЙ, ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Якушева Д.В.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,  
[daru42ru@gmail.com](mailto:daru42ru@gmail.com)

Аннотация. Статья посвящена конфликту интересов специалистов в области социального, экономического и экологического развития Иркутской области. Рассмотрены противоречия, возникающие из-за установленных экологических зон Байкальской природной территории. Обоснована необходимость поиска решения существующей проблемы. На основе проведённого исследования автором предлагается применение новых технологий в сфере строительства, производства и утилизации отходов. Показана необходимость соблюдения современного законодательства в сфере охраны природной Байкальской территории.

Ключевые слова: экологическое зонирование, федеральный закон, экологическая экспертиза.

**ANALYSIS SOCIAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL FOCUS OF THE IRKUTSK REGION**

*Yakusheva D.V.*

National research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, [daru42ru@gmail.com](mailto:daru42ru@gmail.com)

Abstract. The article is devoted to the conflict of interests of specialists in the field of social, economic and environmental development of the Irkutsk region. The contradictions arising from established ecological zones of the Baikal natural territory are considered. The necessity of search for a solution to the existing problem is proved. Based on the study, the author proposes the application of new technologies in the field of construction, production and waste recycling. The necessity of compliance with the current legislation in the area of protection of the natural Baikal territory is demonstrated.

Key words: ecological zoning, Federal law, ecological expertise.

Байкальская природная территория всегда находится в центре внимания. Экологическое зонирование, установленное в 01.05.1999 году после принятия Федерального закона №94 «Об охране озера Байкал», усложнило все действия, направленные на развитие Иркутской области [2]. Так как Иркутская область является сложным регионом для совместного и плавного развития социальной, экономической и экологической политики (несмотря на положительную динамику), необходимо прийти к общему решению, не нарушая нормативно-правовой базы.



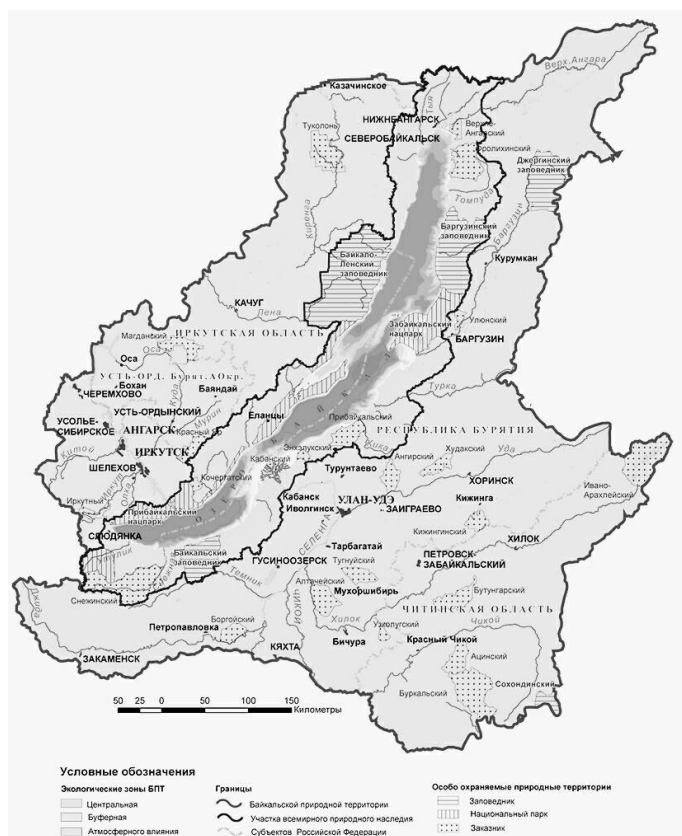
На заседании нижней палаты парламента Российской Федерации 25 июля 2017 года депутат Иркутской области Михаил Щапов предложил внести поправки в Федеральные законы №174-ФЗ «Об экологической экспертизе», №94-ФЗ «Об охране озера Байкал» и Градостроительный кодекс Российской Федерации [2,3]. И уже 21 июня 2018 года Министерство природы ресурсов и экологии внесло на утверждение в правительство России Федерации поправки к Федеральному закону №174-ФЗ «Об экологической экспертизе» [3]. Новые коррективы освобождают от экологической экспертизы объекты социальной инфраструктуры в границах Байкальской природной территории. Режим проведения экологических экспертиз для центральной Байкальской природной территории остаётся неизменным.

Для чего необходимо было вносить такую поправку? Дело в том, что установленные сроки мешают социальному развитию области, так как приостанавливается строительство детских садов, больниц, поликлиник и других социально значимых объектов. Кроме того, в соответствии с действующим законодательством экологической проверки подвергаются абсолютно все здания и сооружения вне зависимости от их класса опасности, что также оказывает негативное влияние на экономическое развитие территории.

Почему так важно, соблюдая закон, найти решение данной проблемы? Озеро Байкал признано всемирным природным наследием в декабре 1996 года Комитетом по Всемирному наследию ЮНЕСКО [1]. Так как озеро Байкал является неотъемлемой частью центральной экологической зоны байкальской природной территории, то вся без исключения природная территория имеет такой статус. Согласно гл.2 ст.4 Конвенции об охране всемирного культурного и природного наследия «Каждое государство - сторона настоящей Конвенции - признает, что обязательство обеспечивать выявление, охрану, сохранение, популяризацию и передачу будущим поколениям культурного и природного наследия, которое расположено на его территории, возлагается прежде всего на него» [1].

В соответствии со ст.11 с №174-ФЗ «Об экологической экспертизе», обязательной экологической экспертизе подлежат проектная документация, строительство и реконструкция объектов, находящихся в границах особо охраняемых природных территориях федерального значения на Байкальской природной территории [3]. Предложения депутата Иркутской области Михаила Щапова касались по изменениям в отношении только зданий и сооружения 3 и 4 класса опасности (наименее опасного) на территории экологической зоны атмосферного влияния и буферной экологической зоны.

С доводами Михаила Щапова можно согласиться. Действительно, в соответствии с ст.6.2 №94-ФЗ «Об охране озера Байкал», «на Байкальской природной территории запрещается строительство новых хозяйственных объектов, реконструкция действующих хозяйственных объектов без положительного заключения государственной экологической экспертизы проектной документации таких объектов» [2]. Государственная экологическая экспертиза проводится в срок до 3 месяцев [3]. В случае заявления заказчика, срок может быть продлён до 4 месяцев, если иное не предусмотрено законом. Такие сроки, безусловно, наносят как финансовый, так и социальный вред Иркутской области. Кроме того, стоимость такой экспертизы может достигать сотен тысяч рублей. Правила проведения государственной экологической экспертизы установлены Приказом №41 «Об утверждении Порядка формирования стоимости государственной экологической экспертизы» [4].



**Рисунок 1 – Экологическое зонирование Байкальской природной территории [5].**

Если предложение депутата Михаила Щапова найдёт поддержку в лицах других депутатов, и в №94-ФЗ «Об охране озера Байкал» будут внесены изменения в отношении зоны атмосферного влияния и экологической буферной зоны, то отрицательное влияние на центральную экологическую зону, безусловно, возрастёт [2]. Более того, данными поправками, правительство Российской Федерации рискует нарушить Международную Конвенцию ЮНЕСКО, что повлечёт за собой ещё более серьёзные последствия [1].

Сложившаяся ситуация сложна не только с экономической точки зрения, но и с правовой и социальной. Необходимо принимать решения как на законодательном уровне, так и на административном, искать новые пути развития территории с минимальным причинением экологического и экономического ущерба. Следует рассмотреть современные технологические пути производства и строительства, принять меры по рекультивации нарушенных земельных участков и соблюдать охранной режим, установленный на данной территории.

#### Литература:

1. Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия от 21.11.1972 года // Официальный сайт ЮНЕСКО. Режим доступа URL: <http://whc.unesco.org/archive/convention-ru.pdf>
2. Федеральный закон от 01.05.1999 №94-ФЗ «Об охране озера Байкал» (с изменениями на 28.06.2014 года).
3. Федеральный закон от 23.11.1995 №174-ФЗ «Об экологической экспертизе» (с изменениями на 03.08.2018 года).
4. Приказ от 02.02.2009 №41 «Об утверждении Порядка формирования стоимости государственной экологической экспертизы».
5. Охрана озера Байкал // Сайт. Режим доступа URL: <http://geol.irk.ru/baikal/>

**РЕЖИМ И ПАРАМЕТРЫ САМОИЗЛИВА ПРИРОДНЫХ РАССОЛОВ  
ТОЛБАЧАНСКОЙ СВИТЫ ПО СЕТИ ОПЫТНЫХ СКВАЖИН ГОРИЗОНТА -790  
РУДНИКА «ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНЫЙ» В 2017 ГОДУ**

*Янников А.М., Янникова Л.Ю., Янникова Ю.Ю.*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия, [yannikov90@mail.ru](mailto:yannikov90@mail.ru)

Аннотация: в статье рассматривается интенсивность и продолжительность самоизлива высокоминерализованных пластовых вод в 2017 году из малодебитных, сложенных трещиноватыми доломитами, коллекторов толбачанской свиты, по скважинам, пробуренным в подземных горных выработках (ПГВ) рудника «Интернациональный», приведены основные параметры излива: продолжительность, средний дебит, рассчитан объём излившихся высокоминерализованных пластовых вод.

Ключевые слова: Непско-Ботубинская антеклиза, Мирнинский выступ, толбачанская свита, эльгянская свита, насыщенные рассолы.

**REGIME AND PARAMETERS OF SELF-DIFFUSION OF NATURAL FLUSSES OF  
TOLLBACHAN WITNESS ON NETWORK OF EXPERIMENTAL WELLS. -790  
INTERNATIONAL MINE IN 2017**

*Yannikov A.M., Yannikova L.Y., Yannikova Y.Y.*

Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Voronezh State University", [yannikov90@mail.ru](mailto:yannikov90@mail.ru)

Abstract: The article considers the intensity and duration of the self-influx of highly mineralized formation waters in 2017 from the low-debit fractured dolomite reservoirs of the Tolbachak Formation, the wells drilled in the underground mine workings of the International mine, the main parameters of the spout: duration, average the volume of discharged highly mineralized stratal water is calculated.

Key words: Nepsko-Botuobin antektliza, Myrninsky protrusion, Tolbachak suite, Elgian suite, saturated brines.

Систематические наблюдения по сети опытных скважин, сооружённых из подземных горных выработок горизонта -790 рудника «Интернациональный» проводятся, начиная с 2014 года. За столь продолжительный период, авторами были охарактеризованы, как и прерывистый характер самоизлива природных насыщенных рассолов толбачанской свиты, так и его параметры [1, 2, 3].

В 2017 году натурные наблюдения производились по всей сети опытных скважин, излив пластовых вод, был отмечен на следующих скважинах №№ 1Д, 3Д, 7Д, 8Д, 10Д, 11Д, 12Д. Суммарный объём излившихся природных рассолов составил 978 м<sup>3</sup>.

Проведём раздельную комплексную оценку наблюдаемого самоизлива, по указанным скважинам. Данные скважины являются совершенными по качеству вскрытия описанных коллекторов, поэтому произведённые исследования и выявленные закономерности будут в целом правомочны для изучаемого объекта (коллектора[4] толбачанской свиты[5,6,7,8]).

По скважине №1Д за указанный период наблюдений (2017 год) отмечалось 3 периода самоизлива. Первый период 07.04.-05.06.2017 – продолжительностью 35 дней; второй – 03.06-05.06.2017; третий – 06.09.-22.09.2017. Суммарная продолжительность излива пластовых рассолов составила 53 дня. Объём самоизлившихся рассолов составил 51 м<sup>3</sup>.  $Q_{\min} = 0,01$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\text{среднее}} = 0,04$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\max} = 0,5$  м<sup>3</sup>/час. Необходимо отметить что суммарная продолжительность «сухих» (отсутствие самоизлива) периодов по данной скважине составило 312 дней.

По скважине №3Д за указанный период наблюдений (2017 год) отмечалось 2 периода самоизлива. Первый период 28.11.-13.12.2017 – продолжительностью 15 дней; второй – 27.12-29.12.2017. Суммарная продолжительность излива пластовых рассолов составила 17 дней. Объём самоизлившихся рассолов составил 16 м<sup>3</sup>.  $Q_{\min} = 0,005$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\text{среднее}} = 0,04$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\max} = 0,25$  м<sup>3</sup>/час. Суммарная продолжительность «сухих» периодов по данной скважине – 348 дней.

По скважине №7Д за указанный период наблюдений отмечалось 4 периода самоизлива. Первый период 07.04.-22.05.2017 – продолжительностью 45 дней; второй – 25.08-03.09.2017; третий – 17.11-20.11.2017; четвёртый – 20.12-23.12.2017. Суммарная продолжительность излива пластовых рассолов составила 60 дней. Объём самоизлившихся рассолов составил 86 м<sup>3</sup>.  $Q_{\min} = 0,01$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\text{среднее}} = 0,06$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\max} = 0,1$  м<sup>3</sup>/час. Суммарная продолжительность «сухих» периодов по данной скважине – 305 дней.

По скважине №8Д за указанный период наблюдений отмечалось 1 период самоизлива, 07.04.-16.04.2017. Объём самоизлившихся рассолов составил 4 м<sup>3</sup>.  $Q_{\min} = 0,01$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\text{среднее}} = 0,02$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\max} = 0,05$  м<sup>3</sup>/час. Суммарная продолжительность «сухих» периодов по данной скважине – 354 дня.

По скважине №10Д за указанный период наблюдений отмечалось 3 периода самоизлива. Первый период 01.01.-09.06.2017; второй – 23.06-25.06.2017; третий – 14.07-31.12.2017. Суммарная продолжительность излива пластовых рассолов составила 334 дня. Объём самоизлившихся рассолов составил 641 м<sup>3</sup>.  $Q_{\min} = 0,01$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\text{среднее}} = 0,08$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\max} = 0,17$  м<sup>3</sup>/час. Суммарная продолжительность «сухих» периодов по данной скважине – 31 день.

По скважине №11Д за указанный период наблюдений отмечалось 4 периода самоизлива. Первый период 06.10.-26.10.2017; второй – 10.11-12.11.2017; третий – 27.11-29.11.2017; четвёртый – 05.12-31.12.2017. Суммарная продолжительность излива пластовых рассолов составила 50 дней. Объём самоизлившихся рассолов составил 36 м<sup>3</sup>.  $Q_{\min} = 0,02$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\text{среднее}} = 0,03$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\max} = 0,05$  м<sup>3</sup>/час. Суммарная продолжительность «сухих» периодов по данной скважине – 315 дней.

По скважине №12Д за указанный период наблюдений отмечалось 2 периода самоизлива. Первый период 19.05.-22.05.2017; второй – 06.09-31.12.2017. Суммарная продолжительность излива пластовых рассолов составила 120 дней. Объём самоизлившихся рассолов составил 144 м<sup>3</sup>.  $Q_{\min} = 0,01$  м<sup>3</sup>/час;  $Q_{\text{среднее}} = 0,05$  м<sup>3</sup>/час;

$Q_{\max} = 0,1 \text{ м}^3/\text{час}$ . Суммарная продолжительность «сухих» периодов по данной скважине – 245 дней.

Анализ изменения дебитов (расходов) по сети опытных скважин в целом согласуется с структурными, тектоническими и литолого-фаціальными особенностями коллекторов толбачанской свиты. При подробном рассмотрении, определяется некоторая корреляционная связь с зоной основного рудоконтролирующего разлома, и зонами оперяющих разломов. Эти зоны сопряжены с повышенной трещиноватостью, и как следствие с увеличенной «свободной ёмкостью» пластов . [1, 3]

#### **Литература:**

1. Янников А.М. Интенсивность и продолжительность самоизлива пластовых вод из малодебитных коллекторов толбачанской свиты. Вестник ВГУ серия геология №1. С. 139-141. Воронеж. 2018.
2. Иост Н.А., Янников А.М. Гидрогеологическая характеристика отложений толбачанской свиты в околотрубном пространстве месторождения трубка «Интернациональная». Сборник докладов VIII-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных "Молодежь и научно-технический прогресс в современном мире". С 201-205. Мирный. 2017.
3. Янников А.М., Янникова Ю.Ю. Режим и интенсивность самоизлива насыщенных природных рассолов толбачанской свиты. Сборник докладов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Геология в развивающемся мире". С. 284-287. Пермь. 2018.
4. Гидрогеология СССР. Том XX. Якутская АССР. М. Недра, 1970 г
5. Бобров А.К. К стратиграфии кембрия нижнего течения р. Олекмы. Тр. ЯФСОАН СССР. Серия геол.. об.4. 1959 г.
6. Решение всесоюзного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем докембрия, палеозоя и четвертичной системы Средней Сибири. Иркутск. 1979 г.
7. Колганов В.Ф., Акишев А.Н., Дроздов А.В. Горно-геологические особенности коренных месторождений алмазов Якутии. Мирный. 2013 г.
8. Гиниятулин И.М., Блажкун Д.В., Ивашина Е.И., Коробков Г.В. Материалы к легенде Ботуобинской серии листов геологических карт масштаба 1:50000. Министерство геологии РСФСР, Мирный 1989 г.

**ТЕРРИГЕННЫЙ МЕЛАНЖ СДВИГОВЫХ ЗОН НА ПРИМЕРЕ КУЛИШОВСКОГО  
РАЗЛОМА (СИХОТЭ – АЛИНЬ, ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)**

*Янникова Ю.Ю., Русанов Р.В., Янникова Л.Ю.*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия, [miss.yannikova@mail.ru](mailto:miss.yannikova@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена одному из важнейших типов микститов – меланжу сдвиговых зон. Рассматриваются структурные особенности и возможные механизмы кинематики его образования. На основании детального описания внутреннего строения меланжа сделано предположение о смене тектонических напряжений, как в горизонтальных, так и вертикальных плоскостях. Наличие надвиговых дислокаций объясняется как производные сдвиговых деформаций.

Ключевые слова: микстит, меланж, сдвиг, надвиговые дислокации.

**TERRIGENOUS MELANGE OF SHEAR ZONES on THE EXAMPLE OF KULYSHOV  
Fault (SIKHOTE - ALIN, PRIMORSK area)**

*Yannikova Y.Y., Rusanov R.V., Yannikova L.Y.*

<sup>1</sup>Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Voronezh State University", Voronezh, Russia, [miss.yannikova@mail.ru](mailto:miss.yannikova@mail.ru)

Abstract. The paper deals with to one of the most important types of mixtites - melange shift zones. The structural features and possible mechanisms of the kinematics of its formation are considered. On the basis of detailed description of the internal structure of the melange, an assumption about the change of tectonic stresses, both in horizontal and vertical planes is made. The presence of thrust dislocations is explained as the derivatives of shear deformations.

Key words: mixtite, melange, shear, thrust dislocations.

Микститы, как геологические тела до сих пор являются недостаточно хорошо изученными. Существует классификация микститов [1], согласно которой изученный объект можно расценивать как мономиктовый терригенный меланж зон сдвигов. Ниже приводится характеристика внутренней структуры зоны меланжа Кулишовского разлома, являющегося оперяющей структурой крупнейшего Центрального Сихотэ-Алинского сдвига.

Центральный Сихотэ-Алинский (ЦСА) левый сдвиг прослеживается по простиранию более чем на 1000 км [2]. По данным глубинного сейсмического зондирования, этот крутой разлом, проникая на глубину не менее 40 км, пересекает границу Мохо. Как левый сдвиг разлом начал формироваться в юре, а возможно, и в триасе с продолжением в раннем мелу, и значительной активизацией в позднем мелу, выразившейся левосторонним смещением

альб-сеноманских гранитоидов на амплитуду не менее 60 км. Левосторонние смещения по ЦСА происходили и в позднепалеоценовое время с амплитудой около 12 км. Суммарная амплитуда левого сдвига по ЦСА определяется и в 200 км и в 350 км, а возможно, и более километров.

Структура рудного поля “Глухое” прослежена на расстоянии 5 км при мощности до 400 м и характеризуется большой сложностью, обусловленной сочетанием разнообразных тектонических факторов, проявленных в условиях доминирующего субмеридионального сжатия, осложнённого импульсами локального растяжения недостаточно выясненной кинематики. В его пределах при детальном картировании выявлены чешуйчато-надвиговые деформации, выполненные дезинтегрированными породами меланжевого типа, сочетающиеся с большеамплитудной зоной сдвига с субвертикальными сместителями.

Внутреннее наполнение зоны Кулишовского разрывного нарушения, типично для меланжей и состоит из предельно перетертого матрикса с флюидалной текстурой, в котором отмечаются тектонические блоки. Преобладающее направление падения осей тектонических блоков - “обдавышей” и более крупных агрегатов округлой формы, сложенных мелкообломочным дресвяно-щебенчатым материалом, ориентировано на северо-запад под углом 40-45°, реже на юго-восток с теми же углами падения. Размеры блоков до 1,5 м по длинной оси с поперечником до 0,5-1 м. На отдельных участках центральные части вихревых структур выполнены слабо трещиноватыми компетентными обломками песчаника и алевролита, окружёнными более мелким дресвяно-щебенчатым материалом, реже сильно перетёртым матричным тектонитом песчано-алевритовой и пелитовой размерности, создающими флюидалный тип текстуры. Иногда овальные образования проявляются за счёт интенсивного ожелезнения, обычно же границы овалов подчёркиваются ориентированным расположением мелко и тонкообломочного материала. Верхняя часть таких овалов часто срезана субгоризонтальными разрывами, с видимым падением поверхности сместителя на северо-запад под углами 10-20°.

Таким образом, распределение обломочного материала в зоне основного разрывного нарушения свидетельствует о пластичном течении в различной степени перетертого и раздробленного материала (от крупных 0,5 x 0,5 м обломков, до предельного матричного тектонита). Течение тектонически дезинтегрированного материала происходило вдоль зоны левостороннего сдвига, о чём свидетельствует доминирующая ориентировка флюидалных текстур с вращением тектонических блоков против часовой стрелки.

В канавах задокументированы субгоризонтальные разрывные нарушения, которые хорошо проявлены в зоне основного рудного тела, что свидетельствует о значительном вкладе в формирование структуры чешуйчато-надвиговых дислокаций. Чешуйчато-надвиговые деформации, при этом, вероятнее всего были производными от сдвиговых в условиях транспрессии.

Формирование меланжа проходило в условиях доминирующего сжатия ответственного за надвиго-сдвиговые деформации. При этом происходило нагнетание тонко раздробленного материала, образование тектонических блоков - “обдавышей” заключённых в тонкоперетёртую массу с флюидалной текстурой. Анализ ориентировки “обдавышей” в меланже позволяет сделать вывод о разнонаправленных вертикальных движениях по разлому на фоне доминирования левосдвиговой компоненты.

Анализ фактического материала по структуре рудного поля месторождения “Глухое” и сопоставление его с существующими моделями образования Журавлёвского террейна в целом согласуется с обстановкой левосдвиговых дислокаций, связанных, по-видимому, со

скольжением океанической плиты вдоль континента с юга на север [3]. Соотношение сдвиговых и чешуйчато-надвиговых разрывных дислокаций позволяет сделать вывод о синсдвиговой природе последних, как отражение транспрессионной кинематики. Это подтверждается самой ориентировкой чешуй в северо-восточной части изученного участка, и разворотом поверхностей сместителей чешуй против часовой стрелки в зоне Кулишовского сдвига.

При формировании наполнителя зоны разлома, текстурные особенности (флюидалные, вихревые, спиральные) матрицы меланжа свидетельствуют о локально разнонаправленном течении терригенного вещества, на фоне доминирующего течения вдоль сдвига.

#### **Литература:**

1. Геологическое картирование хаотических комплексов / В.М. Ненахов, В.Н. Лыточкин, А.С. Перфильев [и др.] М. : Роскомнедра, Геокарт, 1992. - С. 8-87.
2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: В 2 кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток : Дальнаука, 2006. Кн.2. С. 573-981.
3. Ханчук А.И. Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России / А.И.Ханчук. Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука. - 2000. С.5-34.



## УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Абкадыров И.Ф.....	644	Бражникова А.С.....	76	Головин А.В. ....	383, 497
Агашев А.М. ....	174	Бродникова Е.А. ....	79	Голошумова А.А. ....	263
Агеева О. В.....	429	Бронников А.К. ....	477	Гончаров А.Г. ....	245, 616
Агранов Г.Д.....	16	Будницкий С.Ю. ....	673	Гончаров Е.О.....	133, 144
Азаров А.В. ....	553	Букатов Ю.Ю.....	82, 644	Гончаров И.В.....	203, 685
Алеко С.В.....	559	Булавка Ю.А. ....	85	Горносталев Д.И. ....	147
Алифилова Т.А. ....	497	Бурухина А.И. ....	88, 713	Горовой В.А. ....	94
Аллазов Ф.А. ....	19	Бутвина В.Г. ....	311	Граменицкий Е.Н. ....	509
Алферьева Я.О.....	509	Буханова Д.С. ....	91	Грахова С.П. ....	150
Андреева В.В. ....	22	Буценко В.В.....	51	Грохольский А.Л.....	16
Андреева Ю.С. ....	25, 619	Бушнев Д. А. ....	273	Грубась С.И. ....	320
Андреоззи Д. ....	383	Бычков А.Ю. ....	509	Грязнова А.С. ....	153
Андрющенко Д.С.....	28	Валяева О. В.....	273	Губанов Н.В.....	156
Аносова М.О.....	432, 611	Ванин В.А.....	94	Губанов С.И.....	159
Анюхина А.В. ....	30	Вараксина И.В. ....	622	Гурова А.В.....	682
Астраханцев О.В. ....	432	Васильев Ю.П. ....	254	Гурьев В.А. ....	162
Афанаскин И.В. ....	257	Веклич М.А. ....	203	Даниленко И.В.....	423
Ахмеджанова Г.М. ....	509	Вельдемар А.А. ....	97, 100	Даниловский К.Н. .	165, 186
Багдасарян Т.Э.....	33	Верниковская А.Е. ..	70, 233	Даулетова А.Б. ....	500
Баженова Е.А. ....	36	Вишневская И.А. ..	326, 336	Даунс Х. ....	616
Бажин К.И. ....	39	Вишневский А. В. ....	290	Демятирова А.С. ....	168
Базарова Е.П. ....	42	Владимиров А. Г. .	392, 429, 662	Демонова А.Ю.....	171
Батанова В.Г.....	670	Владимирова В.А.....	103	Демяненко Н.А.....	174
Башев И.А. ....	45	Вовна Г.М.....	100	Денисенко А.А. ....	174
Безматерных М.Д. ....	453	Возняк А.А. ....	106	Денисов Д.К.....	82, 644
Безоян А.Н. ....	48	Воистинова Е.С.....	106	Дергач П. А. ....	198
Безумов Д.В. ....	51	Володина Д.А.....	112	Дмитриченко Н.В.....	174
Белобородов Д.Е.....	54, 57	Вольвах А.О. ..	115, 117, 120, 515	Долбня Б.М. ....	644
Беляев В.А.....	60	Вольвах Н.Е. .	115, 117, 120, 515	Долбня Б.М. ....	82
Беседина А.А. ....	63	Восель Ю.С. ....	345	Долгих П.Г. ....	183, 659
Бехтенова А.Е. ....	130	Вымазалова А.....	284	Дорогокупец П.И. ....	576
Бешенцев Н.А. ....	66	Высоцкий С.В. ....	141	Дробчик А.Н. ....	189, 305
Бобров А.В. ....	228, 351	Вязовкина А.О. ....	123, 126	Дроздова О.Ю. ....	192
Бобров В.А., .....	345	Вязовкина Е.О.....	126	Дуб С.А. ....	371
Богданов Е.А.....	70	Гаврюшкин П.Н. ....	130	Дубинин Е.П.....	16
Богославец Н.Н.....	559	Галин К.Р.....	133, 144	Дубинина Е.О.....	268, 462
Богуш И.Н. ....	296	Гапеев Д.Н. ....	553	Дубровинский Л.С. ....	228
Боева Н.М. ....	73	Гашкова Л. П.....	215, 653	Дугаров Г.А. ....	189
Бондаренко Н.А. ...	299, 656	Гершелис (Панова) Е.В.	136	Дудаев А.Р. ....	186
Бочарникова Ю.И. ....	73	Гинга М.С.....	139	Дучков А.А. ....	189
Брагин И.В. ....	171	Голич А.Н.....	141	Дьячков Б. А.....	429, 480
Брадик Д.И. ....	281			Егоров Н.А.....	57

Еделев А.В. ....	634	Киселева Д.В. ....	545	Кхлиф Н. ....	290
Еланцева Л.А. ....	195	Когарко Л. Н. ....	647	Лазуткин Д.М. ....	290
Елизарьев А.Н. ....	411	Козырев Е.А. ....	305	Лапега А.В. ....	296
Елисеев А.П., ....	263	Колеватов А.А., ....	257	Лапицкий С.А. ....	192
Ельцов И.Н. ....	150	Колова Т.А. ....	174	Лапыгина Е.В. ....	677
Епонешникова Л. Ю. ....	198	Комаров Р. С. ....	260	Латыш А.А. ....	299
Еремин Н.Н. ..	228, 351, 389	Кононкова Н. Н. ....	647	Лебедева О. Ю. ....	512
Ермолович Д.Д. ....	200	Корешкова М.Ю. ....	616	Лейченков Г. Л. ....	16, 550
Жердева А.В. ....	203	Коржнева К.Е. ....	263	Лемешко А.Б. ....	302
Жилкина А.В. ....	314	Корнева М.С. ....	45	Лемзяков А.Г. ....	189
Журавлев А. В. ....	273	Коробатова Н.М. ....	710	Лемзяков А.Г. ....	305
Закирьянов И.Г. ....	371	Королёва О.Н. ....	76, 710	Леонова Г.А. ....	345
Затолокина К.И. ....	206	Корсаков А.В. ....	383, 488	Леонюк Н.И. ....	408
Захаров Б.А. ....	76	Корсаков А.В. ....	497	Лешуков Т.В. ....	308
Зедгенизов Д.А. ...	156, 177, 239, 296	Космачева А.Ю. ....	266	Лиманов Е.В. ....	311
Земцов А.Д. ....	209	Коссова С.А. ....	268, 462	Липатникова О.А. ....	417
Зиновьева Н.Г. ....	509	Костина Е.С. ....	271	Литовко А.В. ....	317
Иванов А.В. ....	94, 212, 631	Костицын Ю.А. ....	611	Лобанов А.Л. ....	317
Иванов В.П. ....	226	Котельников А.Р. ....	509	Лобанова А.Ю. ....	314
Иванова Е.С. ....	215	Котик И. С. ....	273	Логинов Г.Н. ....	320
Игнатъев Н.Н. ....	144, 218	Котлер П.Д. ...	471, 662, 682	Лубнина Н.В. ....	33
Изох А.Э. ....	290	Кох К.А. ....	275	Лубсанов А.А. ....	66
Изох А.Э. ....	662, 670	Кравцова Р.Г. ....	32	Лысак Л.В. ....	677
Изъюров А.Д. ....	221	Крагжда А.А. ....	275	Лыткин В.М. ....	39
Изъюрова Е.С. ....	223	Крайнюков А.А. ....	236	Лясников А.Д. ....	408
Илгашева Е.О. ....	545	Краснова Е.А. ....	614	Магомедов Ш.А. ....	323
Ипатов А.И. ....	290	Краснова М.А. ....	57	Мазитов Р.Ф. ....	174
Исаева Е.Р. ....	226	Крашенинников С.П. ....	670	Мазуров А.К. ....	503
Исаенко Л.И. ....	263	Кременецкий М.И. ....	293	Мазуров А.К. ....	500
Искрина А.В. ....	228	Кривоногов С.К. ....	682	Майорова Е. И. ....	85
Исламидинов Н.Д. ....	231	Крук Н.Н. ....	662	Максимов Г.Т. ....	22
Кадильников П.И. ..	70, 233, 356, 724	Куваев В.А. ....	278	Максимова А.А. ....	326
Калашникова Д.А. ....	236	Кузьмин Г.П. ....	278	Макшаков А.С. ....	329
Калугина А.Д. ....	239	Кудинова А.Г. ....	677	Маликов Д.Г. 115, 117, 120, 332, 515	
Канева Е.В. ....	242	Кузнецов А.Б. ....	275	Малиновский Г.П. ....	545
Караман А.А. ....	245	Куликова О.А. ....	281	Малов В.И. ....	336
Каргин А.В. ....	468	Купер К.Э. ....	305	Малов Г.И. ....	339, 423
Каримов А.А. ....	248	Куриленко В.В. ....	377	Малолетко А.А. ....	215, 653
Карин Ю.Г. ....	634	Курносов В.Б. ....	133, 144	Мальгина Е.В. ....	383
Кашкевич М.П. ....	139	Куропаткина Т.Н. ....	180	Мальшева А.О. ....	342
Кирикович А.В. ....	251	Кутырев А.В., ....	284	Мальковец В.Г. ....	539
Кирилко Н.Е. ....	254	Кучкина А.А. ....	494	Мальцев А.Е. ....	345
		Кушнарера А.В. ....	287		

Мальцев В.В.....	408	Немченко Е.И.....	417	Пузанков М.Ю. ....	716
Малюхин Д.М. ....	377	Ненюкова А.И.....	192	Пупатенко В.В.....	477
Маммаев Б.О. ....	323	Никитина Л.П.....	616	Пятков А.В.....	480
Маммаев О.А. ....	323	Никулина Е.Л. ....	420	Пяткова А.П.....	480
Маринова Ю.Г. ....	348	Носова А.А. ....	106, 468	Рагозин А.Л. ....	174
Маркелова А.Н. ....	236	Нуждаев И.А.....	82, 644	Разумовский А.А.....	432
Маруяма Ш. ....	471, 682	Обласов Н.В. ....	203, 685	Рахимов Т.М.....	483
Марченко Е.И. ....	228	Обут О.Т. ....	471, 682	Ращенко С.В. ....	76, 486
Марченко Е.И. ....	351	Овдина Е.А. ....	339, 423	Рева И.В. ....	506
Матвеев В. А. ....	353	Огонеров В.В.....	426	Ревяко Н.М. ....	611
Матушкин Н.Ю.....	70, 233, 356	Ойцева Т.А. ....	429	Редькин А.Ф. ....	491
Медведков А.А. ....	359	Оленченко В.В. ....	434	Резвухин Д.И. ....	488
Мезина (Золотухина) К.А. ...	362	Ольховская В.А. ....	159	Реутова О.В. ....	491
Мележ Т.А. ....	365	Орлова А.В.....	432	Решетняк В.Н. ....	494
Мельгунов М.С. ....	362	Осипова П.С.....	434	Рипп Г.С. ....	518
Мельникович Е.А. ....	368	Остапчук А.А. ....	63, 437	Романенко А.В. 76, 383, 497	
Мельничук О.Ю.....	371	Охфуджи Х.....	497	Рубан А.С.....	500
Меренкова С.И. ....	374	Павельева О.Н.....	440	Рудаков М.Е.....	545
Мигдисова Н.А. ....	314	Павлов Д.В. ....	63	Рудмин М.А. ....	500, 503
Мизерная М.А.....	480	Павлова Л.А. ....	329	Рудмин М.А.....	506
Милютина Н.О.....	377	Павлова М.Р. ....	443	Русак А.А.....	509
Миронов В.А.....	380	Паламарчук Р.С.....	446, 588	Русанов Р.В.....	733
Мирошников А.Ю. ....	268	Палкина А.И.....	449	Рябинкин К.С. ....	477
Михайленко Д.С. ...	383, 497	Паньков И.Л. ....	453, 456	Рянская А.С. ....	545
Михайлик П.Е. ....	97	Пеллинен В.А. ....	459	Савельев А. Д. ....	512
Михайлов И.В. ....	386	Переверзев Р.А.,.....	462	Савельева П.Ю.....	117, 120, 515
Михайлова П.С.....	389	Перепелов А.Б.....	716	Савинский И.А.....	471, 682
Михальцов Н.Э.....	233	Переплеткин И.А. ....	465	Савичев О.Г. ....	500
Михеев Е.И. ....	392	Пересецкая Е.В. ....	468	Савченко А.А. ....	518
Мишкин М.А. ....	100	Перфилова А.А. ....	471, 682	Сагатов Н. ....	130
Мищенко И.Г. ....	650	Перчук А.Л.....	539	Сазонов А.Д. ....	524
Могилатов В.С.....	162	Петренко Н.А. ....	471, 682	Сазонова Л.В. ....	468
Молокеев М.С. ....	263	Петухов А.А. ....	559	Сайтов Р.М. ....	527
Моляренко В.Л. ....	395	Плотницкий П.С. ....	320	Самандросова А. С. ....	530
Москаев И.А. ....	186, 399	Половко М.П. ....	480	Самойленко В.В.....	685
Москалев Г.В. ....	402	Пономарев А.К.....	257	Самойлова О.М. ....	533
Назаренко О.В. ....	405	Попов А.С.....	305	Санжиева Д.П.-Д.....	536
Назаров Е.И.....	545	Попов В.К.....	673	Сапегина А.В.....	539
Напрасников Д.А.....	408	Портнягин М.В. ....	153, 614	Сасим С.А. ....	25, 619
Насырова Э.С.....	411	Потапов В.В. ....	162	Сафонов О.Г. .311, 539, 548	
Неведрова Н.Н. ....	688	Пронина И.А. ....	115	Сафонова И.Ю.....	471, 682
Некипелова А.В. ....	414	Прошенкин А.И. ...	474, 631	Сафронов П.И. ....	231
				Севостьянова Р.Ф. ....	542

Селезнев А.А.....	545	Ткачев Н.В.....	281	Чекин М.Р.....	677
Селютина Н.Е. ....	548	Тобелко Д.П. ....	614	Черданцева М.В. ....	680
Семенова Д.В.....	392	Токушева А. ....	616	Чернова Е.С. ....	88, 713
Серавина Т.В.....	559	Толстых Н.Д. ....	694	Чёрный Р.И.....	682
Сергеева В.М. ....	550	Труфанов А.В.....	28	Чёрный Р.И.....	471
Сергеева В.М. ....	16	Тубанов Ц.А. ....	536	Черных А.А. ....	45
Сердюков А.С.....	553	Тукусер В.И.....	619	Чубаров В.М.....	284
Серов В.В. ....	562	Тумашов И.В.....	622	Шаваров Р.Д.....	622
Сидоров Е.Г. ....	284	Тураханов А.Х. ....	713	Шавекин А.С. ....	345
Сийдра О.И. ....	103	Тусикова С.А. ....	625	Шадрина Е.С. ....	685
Силантьев С.А. ....	153	Украинцев А.В. ....	628	Шалагинов А.Е.....	688
Симонова Г.В.....	236	Фаге А.Н. ....	150	Шапаренко Е.О. ....	691
Синюткина А.А. ....	565	Фадеева С.В.....	203	Шаповалова М.О.....	694
Смирнов Ю.Д.....	569	Фархутдинов И.М. ....	579	Шарпёнок Л.Н. ....	588
Соболев А.В.....	670	Федерягина Е.Н.....	631	Шарыгин И.С. ....	156
Соболев А.Ю.....	402	Федоров П.В. ....	449	Шацкий В.С.....	539
Соболева М.А. ....	572	Федорова Т.А. ....	634	Шелепаев Р.А. ....	582, 697, 694
Соколова Т.С.....	576	Федорский М.С. ....	637	Шелепов Я.Ю.....	697
Соктоев Б.Р. ....	579	Федосеев А.А. ....	640	Шинковская А.Н. ....	700
Соловьёв К.А. ....	582	Федотова А.А. ....	432	Шмелёва Л.А. ....	703
Сосновцев К.А. ....	585	Феофилактов С.О....	82, 644	Шохин А.Е. ....	707
Спектор В.В. ....	22	Филимоненко Е.А. ....	599	Штейнберг Ю.М. ....	257
Спивак А.В.....	228	Филина М. И. ....	647	Штенберг М.В.....	710
Станьё В. ....	383	Фоменко С.В. ....	195	Шубина С.В. ....	456
Степанов С.Ю. ....	284, 446, 588	Хадавимогаддам Ф. ....	650	Шумскайте М.Й. ....	88, 713
Страховенко В.Д... 339, 423		Хаин Е.В.....	432	Щекина Т.И. ....	509
Студенок А.Г. ....	591	Халин В.В. ....	174	Щербаков Ю.Д.....	716
Студенок Г.А. ....	591	Харанжевская Ю.А.....	109	Юдин С.В. ....	719
Суворова Л.Ф.....	242	Хаустова А.А.....	653	Юркевич Н.В.....	634
Сучкова М.В. ....	569	Хачатрян В.Н. ....	656	Юша А. М. ....	722
Сущевская Н.М.....	314	Хернле К. ....	153	Яковлева К.Ю.....	724
Табырца С.Н. ....	51	Холодова М.С. ....	659	Якубовский С.Ф.....	85
Таловская А.В.....	599	Хорюшин В.Ю. ....	174	Якушева Д.В. ....	727
Тарасова А.Ю. ....	263	Хромых С.В.....	662	Янников А.М. ....	730
Тарасюк А.С. ....	602	Хромых С.В.....	682	Янникова Л.Ю. ....	733
Татаринов А.В. ....	94	Хубанов В.Б. ....	392	Янникова Л.Ю. ....	730
Таусон В.Л. ....	242	Худолей А. К.....	512	Янникова Ю.Ю. ....	730
Тверитинова Т.Ю. ....	54	Хусаинова А.Ш. ....	665	Янникова Ю.Ю. ....	733
Темникова Е.Ю. ....	605	Цепляева А.И. ....	668	Япаскурт В.О.....	539
Тимкин Т.В. ....	226	Чайка И.Ф.....	670	Ярмошенко И.В.....	545
Тирских Э.Н. ....	608	Чащин А.А.....	673		
Тихомирова Я.С.....	611	Чащин С.А.....	673		

Научное издание

**IX Сибирская конференция  
молодых ученых по наукам о Земле:  
материалы конференции**

г. Новосибирск, 19–23 ноября 2018 г.

Корректоры: *И. Р. Низаметдинов, М. В. Черданцева,  
М. О. Шаповалова*  
Верстка *А. Г. Ажбаков*  
Обложка *А. Г. Ажбаков*

Подписано в печать 12.11.2018 г.  
Формат 60 x 84/8. Уч. Изд. л. 92,7. Усл. печ. л. 86,2.

Тираж 62 экз. Заказ № 251  
Издательско-полиграфический центр НГУ  
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЦЕНТР

Научно-Технический Центр «Газпром нефти» («Газпромнефть НТЦ»)



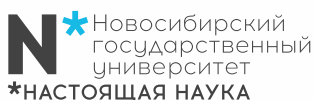
РОССИЙСКИЙ  
ФОНД  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Российский Фонд Фундаментальных Исследований (РФФИ)



ИНСТИТУТ  
ГЕОЛОГИИ И  
МИНЕРАЛОГИИ  
имени В.С. Соболева СО РАН

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН)



Новосибирский  
государственный  
университет  
\*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

Новосибирский Государственный Университет (НГУ)



ИНГГ  
СО РАН

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН)



GIS SOFTWARE DEVELOPMENT  
DATA EAST

Дата Ист, ООО Компания по разработке программного обеспечения

