



«ИННОВАЦИИ В ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКЕ И ГЕОГРАФИИ-2018»

3-я Международная научно-
практическая конференция



*Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе
04 – 07 июля 2018 г.*

UDC 55
BBC 26.3
I 46

И 46 Инновации в геологии, геофизике, географии-2018. Материалы 3-ей Международной научно-практической конференции. — Москва. Издательство «Перо», 2018. — 177 с. — Кбайт. [Электронное издание]. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). — Систем, требования: процессор x86 с тактовой частотой 500 МГц и выше; 512 Мб ОЗУ; Windows XP/7/8; видеокарта SVGA 1280x1024 High Color (32 bit); привод CD-ROM. — Загл. с экрана.

ISBN 978-5-00122-454-9

Тезисы докладов представлены в авторской редакции.

*Организационный комитет не во всех случаях разделяет
представления и идеи авторов, излагаемые в публикуемых
тезисах.*

Сборник материалов конференции включает тезисы докладов, представленных на 3-ей Международной молодежной научно-практической конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2018», проходившей в Филиале МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе с 04 по 07 июля 2018 года. В статьях рассматриваются достижения по комплексному применению методов, находящихся на стыке различных направлений геологии, геофизики и географии; обсуждаются методы и подходы, составляющие арсенал современных исследований. Сборник будет полезен широкому кругу студентов, аспирантов и научных работников геологических и смежных специальностей.

UDC 55
BBC 26.3

ISBN 978-5-00122-454-9

©Коллектив авторов, 2018

На обложке: фото Мишакиной А.А.(2017)



Научное издание

3-я Международная научно-практическая конференция «Инновации в геологии, геофизике, географии-2018»

04–07 июля 2018 г.

<http://inno-earthscience.com/>

Издательство «Перо»

109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 27, ком. 105

Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36

Подписано к использованию 03.07.2018.

Объем Мбайт. Электрон. текстовые данные. Заказ 423.

Тираж – 150 экземпляров.

Компьютерная верстка: Лубнина Н.В., Агаян А.С., Попова Ю.А.



Уважаемые участники

Международной научно-практической конференции «ИННОВАЦИИ В ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКЕ И ГЕОГРАФИИ-2018»!

От лица филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе приветствуем Вас и желаем плодотворной научной работы и интересного общения в кругу увлеченных профессионалов.

Филиал уже более 15 лет ведет подготовку кадров по физике и географии, продолжая традиции научных школ Московского университета. Некоторые из наших выпускников выступают на конференции уже в качестве состоявшихся молодых ученых. Мы продолжаем развивать эти направления и приглашаем к сотрудничеству. Уже сейчас есть возможность проведения совместных морских исследований, создания лабораторной базы непосредственно в акватории.

Уверены, что совместная работа с Геологическим факультетом МГУ по проведению этой конференции станет важным шагом на пути к появлению целого спектра новых направлений и проектов в сфере наук о Земле на территории города Севастополя и Юга России.

Желаем успехов!

*Директор Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г.
Севастополе, председатель оргкомитета*

И.С. Кусов

*Зам. директора Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г.
Севастополе, Зам. Председателя оргкомитета*

О.В. Крылов

О КОНФЕРЕНЦИИ

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИННОВАЦИИ В ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКЕ И ГЕОГРАФИИ-2018»: ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

О.В. Крылов^{1,2}, Н.В. Лубнина¹, А.Ю. Бычков,¹ М.Л. Владов¹, Е.В. Козлова³,
И.Н. Модин¹, И.Л. Прыгунова², И.Ю. Хромова⁴

¹–Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

² – Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе

³ – Сколковский институт науки и технологий

⁴– ИП «Хромова И.Ю.»

В последнее время большое значение придается инновациям и инновационному развитию экономики. В области геологии, геофизики и географии инновационные технологии в той или иной степени связаны с решением различных важных практических проблем и задач, к которым можно отнести поиск и разведку месторождений полезных ископаемых, оценку экологической обстановки различных регионов, в том числе прогнозирование катастрофических геологических процессов и явлений. При этом в большей степени инновационные идеи рождаются на стыке различных направлений наук о Земле, при комплексировании знаний смежных областей, обобщении уже имеющего задела и новых идей, в том числе молодых ученых.

В связи с этим, Филиал Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе проводит 3-ю Международную научно-практическую конференцию «Инновации в геологии, геофизике и географии-2018» с **04 по 07 июля 2018 года**, главной целью которой является освещение инновационных достижений по комплексному применению методов, находящихся на стыке различных научных направлений, **моделирование практического инновационного образовательного проекта для молодых исследователей, студентов, магистрантов и аспирантов разных специальностей.**

Одна из важных задач конференции – разработка основных подходов, предложений, методологии применения комплексных методов исследования, инноваций в геологии, геофизике, географии для рационального природопользования и устойчивого развития прибрежной зоны Крыма и Севастополя.

В 2018 году рамках конференции обсуждаются следующие вопросы:

- I. Различные аспекты трещиноватости;
- II. Геология и эволюция осадочных бассейнов;
- III. Грязевой вулканизм – индикатор процессов образования нефти и газа;
- IV. Гидротермальные процессы и флюиды в земной коре;
- V. Современные геолого-геоморфологические процессы и динамика приморских ландшафтов;

VI. Малоглубинные геологические и геофизические исследования.

В последнее время все больший интерес при поисках и разведке месторождений нефти и газа привлекают нетрадиционные ловушки в трещиноватых коллекторах, при этом особое внимание уделяется корректности выделения структурных парагенезов по данным 3D-сейсморазведки, ВСП и специальным методам ГИС: имиджерам, широкополосному акустическому каротажу и др. Повышенное внимание в мире также уделяется технологии извлечения метана из угольных пластов и сланцев, тесно связанной с изучением проницаемости этих пород. Распределение зон повышенной трещиноватости и, как следствие, флюидной проницаемости зависит от новейшей геодинамической активности района, которая проявляется на поверхности Земли в виде новейших дислокаций, отраженных в рельефе, повышенных значениях теплового потока, сейсмичности и часто подчеркиваются скоплением месторождений нефти и газа.

В рамках работы секции *«Различные аспекты трещиноватости»* планируется обсудить новые методы и подходы для выявления участков концентрации трещин в горных породах, по которым циркулируют флюиды. При этом особое внимание будет уделено численному и физическому моделированию деформаций в различных геодинамических обстановках. Также планируется обсудить актуальные вопросы петрофизики сложнопостроенных коллекторов и петрофизическим исследованиям кернового материала. Кроме того, в секционных докладах будут представлены комплексные геофизические исследования различных аспектов трещиноватости.

На секции *«Геология и эволюция осадочных бассейнов»* планируется обсудить основные этапы структурно-тектонических реконструкций и стадии формирования осадочных бассейнов в различных геотектонических областях. Ряд приглашенных докладов в этой секции будет посвящено вопросам методики и практики проведения геолого-разведочных работ на Арктическом шельфе, современным методам изучения геологии нефтегазоносных бассейнов суши и шельфа, а также региональным геологическим исследованиям акваториальных частей осадочных бассейнов.

Особое внимание в работе секции будет уделено условиям осадконакопления в пределах бассейна, вещественному составу сформированных пород, времени и характеру тектонических движений, с которыми связана внутренняя перестройка основных структур бассейна, величине теплового прогрева и степени катагенетической преобразованности нефтегазоматеринских толщ, истории формирования ловушек УВ и возможного времени их заполнения. Рассмотрение всего комплекса проблем будет тесно увязано с современными компьютерными технологиями, нацеленными на решения вопросов бассейнового моделирования.

Секция *«Грязевой вулканизм – индикатор процессов образования нефти и газа»* посвящена уникальному природному феномену, широко развитому в Керченско-Таманском регионе. Планируется обсуждение связи нефтегазоносности региона, формы и структуры грязевулканических построек, открытых и разрабатываемых месторождений в отложениях майкопской серии и терригенных и карбонатных коллекторах неогеновых отложений Крыма и Краснодарского края. После полевой школы конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии – 2017», посвященной нефтяным системам Крыма, был активирован интерес к грязевулканическим провинциям Керченского полуострова, и проведены лабораторные исследования продуктов деятельности грязевых вулканов на

современном оборудовании, о чем ожидается ряд сообщений. Интересен исторический экскурс, отправляющий нас на два века назад, во времена открытия месторождений углеводородов в Черноморско-Каспийском регионе. Сохранность залежей, и, одновременно, разрушающие действия грязевых вулканов будут представлены в докладах специалистов разных направлений геологии.

На секции *«Гидротермальные системы и флюиды в земной коре»* предполагается сделать акцент на трех основных научных темах, которые сегодня активно развиваются. Предполагается рассмотреть вопросы о формах нахождения металлов в гидротермальных растворах, включая обзоры традиционных и современных методов их изучения, новые результаты и геохимические следствия для теории образования рудных месторождений. Будет раскрыта тема распределения элементов между сосуществующими фазами в условиях гидротермального процесса, включая силикатно-солевую ликвацию, равновесие жидкость-газ, нефть-вода и минерал-флюид. Третья тема – преобразование органического вещества в гидротермальном процессе: экспериментальные и теоретические подходы для описания процессов образования нефти и газа, данные по участию органических соединений в образовании рудных месторождений, нефтепроявления в эндогенных обстановках (области вулканизма, магматические и метасоматические породы).

По итогам конференции будет подготовлен новый инновационный образовательный научно-практический курс по комплексному применению современных технологий, рассчитанный на студентов и молодых ученых Крыма и Севастополя; а также для повышения квалификации работников отрасли.

В основу нового инновационного курса входит знакомство с современным аппаратным комплексом, получение навыков практической полевой работы, **прохождение непрерывного цикла от сбора материала, его первичной обработки до интерпретации данных и, в конечном счете, построения 3D и 4D-моделей.**

В создании и разработке первого варианта курса участвовал ведущий профессорско-преподавательский состав и научные сотрудники Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополь, в подготовке и проведении полевых экскурсий активное участие принимали студенты и аспиранты этих ВУЗов. Большую помощь в формировании курса оказали ведущие специалисты как российских, так и зарубежных компаний и университетов.

В 2018 году расширилась география участников конференции. Помимо представителей геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, географического факультета Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова, в конференции принимают участие молодые сотрудники, аспиранты и студенты Казанского (Приволжского) Федерального Университета (г. Казань), РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина (г. Москва), Тюменского индустриального университета (г. Тюмень), Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени академика А.А. Трофимука (г. Новосибирск), а также представители академических учреждений – Института Физики Земли РАН (г. Москва), Института Земной коры РАН (г. Иркутск), Института геоэкологии РАН (г. Москва).

Международную конференцию «Инновации в геологии, геофизике и географии-2018» поддержали и выступили с приглашенными докладами ведущие эксперты ПАО НК «Роснефть», ИП "Хромова И.Ю.", Сколковского института науки и технологий (г. Москва), профессора Карлетонского университета (Канада) и Remote Exploration (Canada), а также

молодые специалисты из ПАО АНК «Башнефть», ООО "Тюменский Нефтяной научный центр" и ООО "РН-КрасноярскНИПИнефть".

В конференции также приняли участие специалисты из Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова, Института природно-технических систем РАН, Морского гидрофизического института РАН и Института морских биологических исследований РАН, Главного управления природных ресурсов и экологии города Севастополя Севприроднадзор).

Результаты работы конференции опубликованы в специальном сборнике научных трудов и освещены в масс-медии

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Кусов И.С., Крылов О.В., Лубнина Н.В.</i> Инновационный центр по наукам о Земле на базе филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополь: 3 года	7
<i>Агаркова-Лях И.В.</i> Роль техногенных геоморфологических процессов в формировании современных ландшафтов (на примере юго-западного Крыма)	10
<i>Агаян А.С., Косевич Н.И.</i> Морфометрический анализ рельефа Республики Карелия	12
<i>Алферьева Я.О., Щекина Т.И. Граменицкий Е.Н.</i> Растворимость воды в модельных гранитных расплавах с высоким содержанием фтора.....	14
<i>Багдасарян Т.Э., Лубнина Н.В.</i> Метаморфические и метасоматические преобразования в палеопротерозойских комплексах Онежской структуры Карельского кратона.....	16
<i>Балакин И.С., Леушина Е.А., Маерле К.В., Козлова Е.В., Крылов О.В.</i> Геохимические исследования органического вещества в продуктах грязевого вулканизма (Керченский полуостров)	18
<i>Белобородов Д.Е, Тверитинова Т.Ю.</i> Связь нефтегазоносности и грязевого вулканизма в Керченско-Таманской зоне	20
<i>Брюханова Е.В.</i> Петрофизические критерии типизации пород неоднородного строения	23
<i>Брянцева Г.В., Лубнина Н.В., Косевич Н.И.</i> Структурно-геоморфологический анализ западного побережья Крымского полуострова.....	26
<i>Бурзунова Ю.П.</i> Парагенетический анализ трещиноватости в разломных зонах.....	29
<i>Бычков А.Ю., Лубнина Н.В., Крылов О.В.</i> Физико-химическая модель грязевого вулканизма	32
<i>Василенко А.А.</i> Регуляризация обратной динамической задачи сейсмики посредством усечения SVD	34

<i>Вышкваркова Е.В.</i> Экстремальные осадки на побережье Черного моря	36
<i>Галкин В.А.</i> Метод районирования накопленной проницаемости земной коры для поисков твердых полезных ископаемых, углеводородов и подземных вод.	38
<i>Десятов Д.О. Стафеев А.Н.</i> Геологическая интерпретация данных магнитотеллурических зондирований по профилю Ялта–Новоселовка	40
<i>Дикарев В.А.</i> Побережье Керченского и Таманского полуостровов в условиях повышения уровня моря	42
<i>Ермина О.С.</i> Преобразование биомассы водорослей <i>Chlorella</i> sp. в гидротермальных условиях	44
<i>Зайцев В.А., Панина Л.В.</i> Современная геодинамика и ее влияние на вторичные фильтрационные свойства коллектора	46
<i>Зайцев В.А., Панина Л.В.</i> Эволюция и современная структура восточной части Индоло-Кубанского прогиба	49
<i>Зорина В.В.</i> Опасные геолого-геоморфологические процессы на территории Севастополя	52
<i>Измайлов К.К.</i> Обобщенная модель сопоставления «пористость-глинистость» терригенных осадочных пород Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции	54
<i>Камалеева Р.И., Крылов О.В.</i> Метод комплексирования данных сейсморазведки и аэрогеофизических исследований с целью анализа перспектив нефтегазоносности Волгоградского участка	56
<i>Каримова А.А., Борняков С.А.</i> Метод физического моделирования при изучении закономерностей развития деструктивных зон литосферы.....	58
<i>Кириленко А.В.</i> Применение метода обращения полного волнового поля для восстановления поглощения сейсмических волн в вязкоупругих средах	60
<i>Кириянина А.В., Косевич Н.И.</i> Структурно-геоморфологическая характеристика Гераклеийского полуострова	62
<i>Коваленко О.Ю.</i> Антициклоны и экстремальные температуры на юге России	63

<i>Козлова Е.В., Крылов О.В., Лубнина Н.В., Леушина Е.А., Бычков А.Ю., Хамидуллин Р.А. Грязевой вулканизм Керченско-Таманского полуострова.....</i>	65
<i>Косевич Н.И., Новикова М.А. Геолого-геоморфологическая характеристика островов Кандалакшского залива Белого моря средствами ГИС-технологий</i>	66
<i>Котов А.Н., Жостков Р.А., Нумалов А.С. Характеристики поверхностных волн при рассеянии на особенности рельефа</i>	68
<i>Кузнецова А.М., Шкилев В.М., Федореева М.А. Новые представления об информативности параметров уравнения Арчи–Дахнова.....</i>	70
<i>Лебедев И.Е., Лубнина Н.В. Физическое моделирование деформаций и их влияние на анизотропию магнитной восприимчивости (AMS).....</i>	73
<i>Лубнина Н.В., Захаров В.С. Какова вероятность для тектонического блока попасть в ту же область на поверхности земли в ходе геологической истории?.....</i>	75
<i>Лубнина Н.В. Практическое применение результатов петро-палеомагнитных исследований.....</i>	78
<i>Лысенко В.И., Трибой Т.К. Проявление грязевого вулканизма в западной части Горного Крыма</i>	81
<i>Лысенко В.И., Силевич А.С. Находки построек «серых курильщиков» в юго-западной части Горного Крыма</i>	84
<i>Макарова М.А., Ковалив Я.О., Шипилов Е.С. Высокожелезистые латериты – ферриплантиты – характерные образования для латеритного профиля выветривания</i>	86
<i>Малышев Н.А., Вержбицкий В.Е., Комиссаров Д.К., Обметко В.В., Бородулин А.А., Рейдик Ю.В., Ихсанов Б.И. Региональные геологические исследования шельфовых осадочных бассейнов РФ.....</i>	89
<i>Н.А. Малышев, В.В. Обметко, А.А. Бородулин, В.Е. Вержбицкий, Е.А. Булгакова, А.А. Колюбакин, С.В. Горбачев, В.С. Чибисов, Д.В. Парамонов</i>	90

. Методика и практика проведения геологоразведочных работ на шельфе Восточной Арктики	
<i>Модин И.Н.</i> Применение электрической томографии для изучения оползневого склона на южном берегу Крыма	92
<i>Мышенкова М.С.</i> Обзор геоморфологических опасностей полуострова Таймыр	95
<i>Мышенкова М.С.</i> Обзор геоморфологических опасностей центральной части Северного Кавказа	97
<i>Начева М.В.</i> Проблемы экобезопасности при нефтегазодобыче на шельфе Чёрного моря	99
<i>Николаева И.Ю., Бычков А.Ю.</i> Распределение бора между газом и жидкостью в гидротермах Камчатки	101
<i>Новиков М.А.</i> Численное моделирование сейсмических волновых полей в трещиновато-пористых флюидонаполненных средах – анализ влияния связности трещин на затухание волн	103
<i>Новикова А.С., Алферьева Я.О.</i> Экспериментальное изучение фазовых отношений при кристаллизации онгонитового расплава массива Ары-Булак	105
<i>Нугманов И.И., Зиганишин Э.Р., Зайцев Д.Н., Хуснутдинов Ф.Ф.</i> Механическая стратиграфия доманиковых отложений (нетрадиционные запасы нефти)	106
<i>Нугманова Н.В., Новикова С.П., Сидоров С.В., Минихаиров Л.И., Багманов И.И.</i> Прогноз трещиноватости карбонатных коллекторов семилюкских отложений	108
<i>Нугманова Е.В., Нугманов И.И.</i> Сопоставления трещиноватости на разных масштабных уровнях по данным геолого-геофизических исследований	111
<i>Панкеева Т.В., Миронова Н.В., Пархоменко А.В.</i> Вопросы к изучению морских ландшафтов	113
<i>Пашкова Н.Г.</i> Инновационные подходы к оценке геоморфологических особенностей и геоморфодинамики морских берегов для нужд природопользования на примере Крымского побережья	115

<i>Полянский П.О.</i> Метод динамического пересчета головных волн в задаче исследования характеристик преломляющих горизонтов верхней части земной коры на опорном профиле 3-дв	118
<i>Попова Ю.А., Бычков А.Ю., Матвеева С.С., Никишаева Н.Д.</i> Экспериментальное исследование коэффициентов распределения в системе шеелит-раствор при 96 °С	120
<i>Промыслова М.Ю., Брянцева Г.В., Демина Л.И., Косевич Н.И.</i> Новейшие структуры Гераклейского полуострова юго-западного Крыма.....	122
<i>Рубцова С.И.</i> Оценка экологического состояния Севастопольских бухт по основным химико-биологическим критериям	125
<i>Сабиров И.А.</i> Условия формирования и закономерности распределения коллекторов нефти и газа в породах фундамента и корях выветривания Волго-Уральской нефтегазоносной провинции ..	127
<i>Сабиров И.А., Постников А.В., Рахматуллина А.С., Милосердов Л.В.</i> Выделение зон развития трещинных коллекторов в олигоцен-миоценовых отложениях Восточного Предкавказья	130
<i>Сивкова А.В.</i> Выделение коллекторов порово-трещинного типа в карбонатизированных отложениях баженовской свиты	133
<i>Суханова Т.В, Макарова Н.В., Макеев В.М.</i> Современный структурный план равнинного Крыма и его влияние на распределение поверхностного и подземного стока	136
<i>Тарасов Н.А., Лубнина Н.В.</i> Применение анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) при изучении магматических комплексов на примере даек Иломанси-Вокнаволоцкого террейна Карельского кратона.....	138
<i>Тарнопольская М.Е., Бычков А.Ю.</i> Устойчивость фторидных комплексов циркония в гидротермальных растворах	140
<i>Топчий М.С., Пронина Н.В., Калмыков А.Г., Калмыков Г.А., Фомина М.М., Карпов Ю.А.</i> Распределение органического вещества в породах Баженовской высокоуглеродистой формации	142
<i>Топчий М.С., Пронина Н.В., Калмыков А.Г., Калмыков Г.А., Козлова Е.В., Фомина М.М., Карпов Ю.А.</i> Все ли мы знаем об органическом веществе Баженовской свиты Западной Сибири?	143

<i>Фролова Н.С., Читалин А.Ф., Кара Т.В., Корбутяк А.Н., Мишакина А.А.</i> Влияние двухфазной деформации на формирование трещин растяжения в зонах сдвига: результаты физического аналогового моделирования на влажной глине	145
<i>Фяйзуллина Р.В., Кузнецов Е.В.</i> Влияние кислотности на адсорбцию ртути из раствора на кремнийорганическом сорбенте ПСТМ-3Т	148
<i>Хромова И.Ю.</i> Формирование крупных зон трещиноватости нетектонического генезиса в глубоких горизонтах осадочного чехла нефтегазоносных бассейнов	151
<i>Хромова И.Ю.</i> О роли естественных трещин в фэс баженовских отложений (по результатам бурения и освоения горизонтальных скважин).....	153
<i>Чернецкий Г.А., Фролова Н.С.</i> Аналоговое моделирование широких зон сдвига	158
<i>Щекина Т.И., Русак А.А., Алферьева Я.О., Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р., Зиновьева Н.Г., Бычков А.Ю. Ахмеджанова Г.М.</i> Экспериментальные данные по распределению редкоземельных элементов, скандия, иттрия и лития между алюмосиликатным и алюмофторидным расплавами и флюидом при 700 и 800 °С, 1 и 2 кбар и различном содержании воды во фторсодержащей гранитной системе	160
<i>Щербаченко С.В., Иванов В.А., Кузнецов А.С.</i> Технологические особенности мониторинга и результаты исследований динамики прибрежных течений у южного берега Крыма	162
<i>Ялов Т.В., Пелевин А.А.</i> Электрическая томография при обследовании карстоопасного участка в западной части Севастополя	164
<i>Для заметок</i>	168



ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПО НАУКАМ О ЗЕМЛЕ на базе Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополь: 3 года



И.С. Кусов¹, О.В. Крылов^{1,2}, Н.В. Лубнина²

¹ – *Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе*

² – *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*

inno.earthscience@gmail.com

<http://2018.inno-earthscience.com/index.php/ru/>

Инновационный центр по наукам о Земле создан 15 октября 2016 года по решению Ученого совета Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополь (Протокол №5-1) для координации и междисциплинарной интеграции образовательной, научно-исследовательской и инновационной деятельности подразделений МГУ и предприятий, учрежденных МГУ, направленной на решение актуальных и перспективных задач.

В работе Инновационного центра по наукам о Земле принимают участие главным образом сотрудники и преподаватели геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и географического факультета Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополь, проводящие научные исследования, учебный процесс и инновационную деятельность по тематикам Центра.

В последнее время большое значение придается инновациям и инновационному развитию экономики. В области геологии, геофизики и географии инновационные технологии в той или иной степени связаны с решением различных важных практических проблем и задач, к которым можно отнести поиск и разведку месторождений полезных ископаемых, оценку экологической обстановки различных регионов, в том числе прогнозирование катастрофических геологических процессов и явлений. При этом в

бóльшей степени инновационные идеи рождаются на стыке различных геологических направлений, при комплексировании знаний смежных областей, обобщении уже имеющего задела и новых идей, в том числе молодых ученых.

В настоящее время в рамках работы Инновационного центра по Наукам о Земле сформировалось 5 основных направлений исследований:

- Геодинамические аспекты трещиноватости (*руководители проф. Н.В. Лубнина и доц. О.В. Крылов*);
- Геология и эволюция осадочных бассейнов (*руководитель доц. О.В. Крылов*);
- Грязевой вулканизм как индикатор процессов образования нефти и газа (*руководитель внс Е.В. Козлова, доц. О.В. Крылов*);
- Гидротермальные процессы и флюиды в земной коре (*руководитель проф. А.Ю. Бычков*);
- Геофизические исследования и геомониторинг опасных процессов (*руководители проф. И.Н. Модин и проф. М.Л. Владов*).

Для освещения инновационных достижений по комплексному применению методов, находящихся на стыке различных научных направлений, Инновационный центр по наукам о Земле совместно с Филиалом Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе провел три **Международные научно-практические конференции «Инновации в геологии, геологии и географии»**, в работе которых принимало участие более 100 человек ежегодно.

Одной из важных задач научно-практических конференций являлась разработка основных подходов, предложений, методологии применения комплексных методов исследования, инноваций в геологии, геофизике, географии для рационального природопользования и устойчивого развития прибрежной зоны Крыма и Севастополя. За три года работы опубликовано более 300 научных статей в материалах конференций на русском и английском языках, издано 3 учебных пособия и 4 путеводителя полевых экскурсий.

Обучение студентов, аспирантов и молодых сотрудников является одним из основных направлений работы Инновационного центра. За три года для подготовки региональных кадров, а также повышения уровня обучения профильных студентов в ведущих ВУЗах России, проведено пять полевых школ: «Магматические комплексы юго-западного Крыма: мультидисциплинарные исследования» (2016 г.), «Геомониторинг природных процессов» (2016 г.), «Нефтегазовый потенциал Крыма: мультидисциплинарный подход» (2017 г.), «Прибрежные районы: мониторинг и инновационные комплексные исследования» (2017 г.), «Трещиноватые коллекторы: инновационные комплексные исследования» (2018 г.), а также одну обзорную экскурсию «Трещиноватость пород Гераклеийского плато (юго-западный Крым: мультидисциплинарный подход» (2018 г.).

Научные исследования по основным направлениям Инновационного Центра по Наукам о Земле проводятся при финансовой поддержке грантов РФФИ проекты [18-05-00818 \(рук. А.Ю. Бычков\)](#) и [18-45-920073 \(рук. О.В. Крылов\)](#).



В ближайшее время работы Инновационного Центра по наукам о Земле будут направлены на создание Программ дополнительного профессионального образования по комплексированию геолого-геофизических исследований:

- **Курсы переподготовки кадров (500+ часов)** с выдачей диплома МГУ имени М.В. Ломоносова о профессиональной переподготовке с присвоением дополнительной квалификации;
- **Курсы переквалификации кадров (144–250 часов)** с выдачей диплома МГУ имени М.В. Ломоносова о переквалификации;
- **Научно-практические семинары (24–40 часов)** с выдачей сертификата ответственного структурного подразделения (факультета) МГУ имени М.В. Ломоносова о посещении курса.

РОЛЬ ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ФОРМИРОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА)

И.В. Агаркова-Лях

ФГБНУ Институт природно-технических систем РАН

iva_crimea@mail.ru

Ключевые слова: техногенный оползень, пляж, Балаклавское рудоуправление им. А.М. Горького

Облик современных ландшафтов формируется при значительном участии техногенного фактора. Наибольшие трансформации природной среды отмечаются на территориях с открытой добычей полезных ископаемых. В Юго-Западном Крыму такой район находится в окрестностях Балаклавы. Здесь расположены карьеры Балаклавского рудоуправления им. А.М. Горького (БРУ), где с 30-ых гг. XX в. ведется добыча флюсовых известняков.

Цель статьи – рассмотреть роль техногенных геоморфологических процессов в формировании современных ландшафтов в окрестностях Балаклавы. За более чем 80-тилетнюю работу БРУ, здесь на значительной территории был необратимо изменен рельеф, почвенный и растительный покров; сформированы техногенные ландшафты. Располагавшиеся на месте нынешних Западно-Балаклавского, Западно-Кадыковского и Псилерахского карьеров возвышенности с зарослями шибляка и абсолютной высотой до 300 м, скрыты до отметки около нуля поверхности. Котловину Западно-Кадыковского карьера в ходе разработки заполнили подземные воды, превратив ее в пресный водоем-озеро. На террасированных склонах Западно-Балаклавского и Западно-Кадыковского карьеров БРУ созданы санитарно-защитные лесные зоны из сосны крымской. За счет параметров техногенного рельефа человек может изменять силу, направленность, а иногда и сам характер процессов рельефообразования [2]. Антропогенная деятельность способна значительно усиливать действия экзогенных факторов, вызывая часто катастрофические и нетипичные виды процессов на конкретном участке [3]. На созданных в процессе функционирования БРУ формах техногенного рельефа (террасах, выемках, ямах, отвалах, насыпях и пр.) получили развитие соответствующие геолого-геоморфологические процессы, выступившие факторами формирования современного рельефа и ландшафтов данной территории. Важнейшую роль сыграли геоморфологические процессы, распространенные на отсыпанных отвалах из вскрышной породы. В частности, активное развитие обвально-оползневых процессов на отвалах у южного борта Псилерахского карьера способствовало перекрытию обломочным материалом склона и днища расположенной по соседству Василевой балки. В результате здесь были частично уничтожены южнобережные леса из дуба пушистого, можжевельника высокого, фисташки туполистной и груши лохолистной. Сегодня в балке доминируют степные сообщества пырея, шиповника, асфоделины, мать-и-мачехи.

Периодический сход обвалов и оползней определяет частые сукцессии растительности и почти полное отсутствие деревьев. Крупнейший с начала 2000-ых гг. техногенный оползень на рассматриваемой территории сошел от южного борта

Псилерахского карьера в Василеву балку в декабре 2006 г. Его язык шириной 200 м выдвинулся в море на 100 м [1]. Сход оползня спровоцировали природно-техногенные факторы: затяжные дожди и пригрузка склона отвальным материалом. По механизму образования и скорости смещения он отнесен к оползням течения или вязкопластического типа (подтип – оползень-поток), с исключительно быстрой скоростью движения. В результате схода оползня никто не пострадал. В условиях ненарушенности естественных ландшафтов формирование этого оползня было бы невозможным. В устье Василевой балки за эти годы из материала отвалов, спускавшегося к морю в ходе обвально-оползневых процессов, море намыло пляж протяженностью 200 м и средней шириной 20 м (максимально – до 50 м). Пляж имеет песчано-галечно-валунный грансостав и граничит с участком размываемого языка техногенного оползня. После оборудования в начале 2000-ых гг БРУ лестницы к морю, пляж «Василева балка» стал популярным местом купально-пляжной рекреации севастопольцев и гостей города. Таким образом, на примере современных ландшафтов в окрестностях Балаклавы показана важная геоморфологическая и ландшафтообразующая роль техногенных геоморфологических процессов

Автор признателен директору по производству АО «Балаклавское рудоуправление им. А.М. Горького» Евлашкину Ю.А. за консультации о деятельности БРУ.

Литература

1. *Илларионов В.* Крупнейший техногенный оползень Крыма. Онлайн-версия информационной газеты «Слава Севастополя». 14.12.2006 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://slavasev.ru/2006.12.14/view/14556_krupneyshiy-tehnogennyy-opolzen-kryma.html (дата обращения: 12.12.2016).
2. *Кононенко Ю.В.* Влияние геоморфологических процессов на техногенный рельеф. Доклад на симпозиуме «Неделя горняка-2000». МГТУ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/vliyanie-geomorflogicheskikh-protsessov-na-tehnogennyy-relief> (дата обращения: 25.05.2018).
3. *Кюнцель В.В., Парецкая М.Н.* Изучение оползневых процессов в городе Москве // Инженерная геология и гидрогеология г. Москвы. М. 1989. С.83–102.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

А.С. Агаян¹, Н.И. Косевич²

Геологический факультет МГУ им. Ломоносова

¹ – nastaagaian@mail.ru, ² – nkosevich@gmail.com

Ключевые слова: *морфометрический анализ, формы рельефа, ГИС, неотектоника, Республика Карелия*

Рельеф земной поверхности является результатом взаимодействия разнонаправленных процессов. Эндогенные процессы создают первичную гипсометрическую неоднородность земной коры, т.е. макроформы. Экзогенные процессы нивелируют созданную неоднородность: расчленение макроформ на мезо- и микроформы. Таким образом, рельеф земной поверхности представляет собой поверхность, созданную совокупной деятельностью экзогенных и эндогенных факторов. Работа эндогенных факторов выходит на первое место, так как они образуют «первичные» формы рельефа (морфоструктура), которые осложнены различными денудационными и аккумулятивными формами (морфоскульптура). Применение геоинформационных технологий при изучении рельефа земной поверхности позволяет проводить исследования по-новому. При анализе, моделировании и прогнозировании геоморфологических процессов на той или иной территории используют обширный ГИС-инструментарий. Наше исследование направлено на выявление взаимосвязи эндогенных и экзогенных процессов формирования рельефа республики Карелия с применением ГИС-технологий. Данная территория является уникальным объектом изучения геологического и геоморфологического строения. Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить ряд задач: 1) проанализировать фондовые материалы по геологии, тектонике, неотектонике и геоморфологии района исследования; 2) провести морфометрический анализ рельефа района исследования; 3) выявить основные морфометрические и морфологические характеристики района исследования. Регион исследования находится на Кольско-Карельском сегменте Балтийского кристаллического щита. Карельский блок разделяется на верхний и нижний структурный этажи. Верхний этаж образован породами нижнего протерозоя: в нижней части вулканогенными породами кислого состава, в верхней части – кварцито-песчаниками, эффузивами и гравелитами основного состава. Нижний этаж состоит из дислоцированных вулканических и метаморфических пород верхнего архея: магнетит-содержащих роговиков, амфиболитов, кварц-сланцев, туфосланцев. В рамках нашего исследования была построена серия специализированных морфометрических карт: гипсометрическая, углов наклона, глубины вертикального расчленения рельефа, густоты расчленения рельефа и общего расчленения рельефа, а также набор карт гидрологического моделирования. Анализ поля высот позволяет определить тип территории и выделить генеральные черты её морфологии. Характеристика крутизны наклона любой поверхности определяет скорость и динамику современных геологических процессов, проходящих на ней. Карта глубины расчленения рельефа показывает относительное превышение максимальных высот над минимальными, что представляет собой совокупность значений превышения поверхностей водоразделов над тальвегами.

Глубина расчленения рельефа является важнейшим показателем дифференцированности и интенсивности неотектонических движений. Данная карта показывает степень расчленения земной поверхности эрозионными процессами и представляет собой рисунок системы постоянных и временных водотоков, прорезающих рельеф. Значения густоты расчленения связаны с большим количеством условий, таких как климат, проницаемость пород, форма рельефа. Комплексный анализ этих карт позволяет выявить неотектонические структуры в пределах района исследования и провести дальнейшее сопоставление с фондовыми материалами по геологии, тектонике и по другим направлениям.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №17-05-01270)

РАСТВОРИМОСТЬ ВОДЫ В МОДЕЛЬНЫХ ГРАНИТНЫХ РАСПЛАВАХ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ФТОРА

Я.О. Алферьева, Т.И. Щекина, Е.Н. Граменицкий

Геологический факультет МГУ им. Ломоносова

YanaAlf@ya.ru

Ключевые слова: *растворимость воды, гранитный расплав, высокофтористый гранит*

По данным Ф. Хольтца и др. [10], С.В. Бернема [2], растворимость воды в кварцнормативном силикатном расплаве без фтора при 800°C и 100 МПа составляет 3–4 масс.%. Добавление фтора в систему приводит к увеличению ее растворимости. Она возрастает примерно на 0,5 масс.% на каждый добавленный процент фтора [6]. Согласно работе [3] при содержании в расплаве 4 масс.% фтора растворимость воды почти достигает 5 масс.%. Нами были проведены эксперименты, позволяющие оценить растворимость воды в силикатном гаплогранитном расплаве, содержащем до 14 масс.% фтора. Эксперименты проводились при $T=800^{\circ}\text{C}$, $P=100$ МПа и количестве воды в системе 4 или 10 масс.%. В качестве исходных веществ для опытов использовали реактивы SiO_2 , NaAlO_2 , AlF_3 , NaF , LiF , гелевую смесь Al_2SiO_5 , дистиллированную воду. Содержание воды в алюмосиликатных стеклах определяли в центре геологических исследований г. Потсдам (Германия) методом рамановской спектроскопии. Рамановские спектры записывались при помощи спектрометра «Jobin-Yvon LabRam HR800», оснащенного оптическим микроскопом «Olimpus» с длиннофокусным объективом «LMPlanFI 100x». Излучение создавалось Ar^+ лазером с длиной волн 514 и 488 нм. Каждый спектр снимали 11 раз, с продолжительностью накопления не менее 20 сек. В качестве опорного стандарта использовалось стекло с известным содержанием воды 8.06 масс.%. Расчет количества воды в стеклах проводил докт. Р. Томас по методу, описанному в работах [4,5]. Полученные образцы состоят из кварцнормативного алюмосиликатного стекла (70–80%), продуктов закалки алюмофторидного расплава (20%), иногда кварца (0–5%) и литийсодержащей разновидности криолита — симмонсита (0–5%). Подробное описание полученных фазовых отношений и особенностей строения и состава минералов и стекол содержится в работах [7,9]. Серии экспериментов на диаграмме содержания фтора и воды в алюмосиликатных стеклах образуют две группы точек [8]. Одна, характеризующая составы силикатных стекол с исходным 10%-ным содержанием воды, почти совпадает с продолжением тренда, полученного в работе Ф. Хольтца [3]. Возможно, в этих опытах при параметрах эксперимента было достигнуто насыщение по водному флюиду и реализовалось равновесие алюмосиликатный (L) расплав + алюмофторидный (LF) расплав + водный флюид (fl). Для этих точек прослеживается прямая корреляция между количеством воды и фтора в силикатном стекле. Вторая группа экспериментов с исходным содержанием воды 4% лежит существенно ниже тренда. Для этой группы не выявлена корреляция между содержанием воды и фтора. По всей видимости, небольшое количество воды не позволило обособиться флюиду в собственную фазу, и она растворена в силикатном расплаве. Увеличение содержания фтора в силикатном расплаве в результате процесса кристаллизационной

дифференциации лимитировано появлением богатых фтором фаз. Вплоть до образования таких высокофтористых фаз происходит его накопление как некогерентного компонента и, следовательно, вплоть до этого момента возможно увеличение растворимости воды в природных расплавах. С другой стороны, насыщение по алюмофторидным фазам силикатного расплава в относительно сухих условиях происходит раньше (при меньших содержаниях фтора), чем в богатых водой системах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №16-05-0089)

Литература

1. Baker D.R., Alletti M. Fluid saturation and volatile partitioning between melts and hydrous fluids in crustal magmatic systems: The contribution of experimental measurements and solubility models // *Earth. Sci. Rev.* 2012. Vol. 114. P. 298–324.
2. Burnham C.W. Water and magmas; a mixing model // *Geochim. et Cosmochim. Acta.* 1975. Vol. 39, N 8. P. 1077–1084.
3. Holtz F., Dingwell D.B., Behrens H. Effects of F, B₂O₃ and P₂O₅ on the solubility of water in haplogranite melts compared to natural silicate melts // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1993. Vol. 113, N 4. P. 492–501.
4. Thomas R. Determination of water contents of granite melt inclusions by confocal laser Raman microprobe spectroscopy // *Amer. Mineral.* 2000. Vol. 85. P. 868–872.
5. Thomas R., Davidson P. Progress in the determination of water in glasses and melt inclusions with Raman spectroscopy: A short review // *Z. Geol. Wiss Berlin.* 2006. Vol. 34. P. 159–163.
6. Webster J.D., Rebbert C.R. Experimental investigation of H₂O and Cl — solubilities in F-enriched silicate liquids; implications for volatile saturation of topaz rhyolite magmas // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1998. Vol. 132, N 2. P. 198–207.
7. Алферьева Я.О., Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И. Экспериментальное изучение фазовых отношений в литийсодержащей богатой фтором гаплогранитной и нефелин-сиенитовой системе // *Геохимия.* 2011. № 7. С. 713–728.
8. Алферьева Я.О., Щекина Т.И., Граменицкий Е.Н., Предельное содержание фтора и воды в гранитных высокоэволюционированных расплавах // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология.* 2018. № 3. С. 70-76.
9. Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И. Фазовые отношения в ликвидусной части гранитной системы с фтором // *Геохимия.* 1993. № 6. С. 821–840.
10. Holtz F., Johannes W., Tamic N., Behrens H. Maximum and minimum water contents of granitic melt generated in the crust: a reevaluation and implications // *Lithos.* 2001. Vol. 56, N 1. P. 1–14.

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ И МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ КОМПЛЕКСАХ ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЫ КАРЕЛЬСКОГО КРАТОНА.

Т.Э. Багдасарян ¹, Н.В. Лубнина ²

Геологический факультет МГУ имени Ломоносова

¹ - tanya.bagdasaryan@yandex.ru, ² – natlubnina@yandex.ru

Ключевые слова: метаморфизм, палеопротерозой, Карельский кратон

Многочисленными исследованиями установлено, что большинство докембрийских пород подвержены метаморфическим и метасоматическим преобразованиям. Они возникают в разных геодинамических обстановках и проявляются в один или несколько этапов, которые выделяются по различным соотношениям Р-Т условий и флюида. Однако пока неоднозначно установлено распространение метаморфических и метасоматических преобразований пород при образовании аккреционных орогенов. Таким образом, целью данного исследования является установление изменений минерального состава пород в результате тектонотермальных преобразований на примере формирования Свекофенского орогена на границе двух блоков, а именно вдоль границы Карельского кратона.

По установлению степени преобразованности пород, а также выделению количества метаморфических и метасоматических преобразований и направления движения флюида существует ряд работ, в которых рассматриваются изменения на микроуровне (в шлифах). Так, для выделения структурных парагенезов и типизации метаморфических и метасоматических преобразований может изучаться ориентировка оптических осей кварца (с-axis) и микроструктур [1, 2]. На примере Гималайской складчатой системы выделено несколько этапов преобразований пород [3]: первый этап (S1) устанавливается по зональности и ориентированности включений в гранате [3], второй этап (S2) выделяется по наличию ассиметричной каймы граната, а третий этап (S3) по одинаково ориентированным минералам (например, биотита, плагиоклаза, мусковита и силлиманита).

Для изучения тектонотермальных преобразований пород Карельского кратона, возраст которых соответствует возрасту образования Свекофенского орогена, выбираются объекты вдоль его юго-западной границы, для которых выполняются следующие условия:

1. Есть изотопный возраст
2. Палеопротерозойского, преимущественно людикийского возраста
3. Предпочтение – дайки и силлы основного состава
4. Наличие Ar-Ar и Rb-Sr датирований для установления возраста преобразований

На основании изучения пород в неориентированных шлифах и микрозондовыми исследованиями, было установлено, что они представлены габбро-долеритами, преобразованными до зеленосланцевой фации метаморфизма, по следующим минеральным парагенезам: актинолит – эпидот – плагиоклаз. В породах также развита хлоритизация и альбитизация, результатом которых является кайма вокруг минералов. В дальнейшем планируется использование ориентированных образцов для установления направления движения флюида.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 17-05-01270, а).

Литература

1. *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.
2. *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.
3. *Larson, K.P.* Refining the structural framework of the Khimti Khola region, east-central Nepal Himalaya, using quartz textures and c-axis fabrics// *Journal of Structural Geology*. Volume 107, 2018, pp. 142-152

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПРОДУКТАХ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА (КЕРЧЕНСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

И.С. Балакин¹, Е.А. Леушина^{2а}, К.В. Маерле, Е.В. Козлова^{2б}, О.В. Крылов¹

¹- Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (igor.balakin.1996@mail.ru)

²- Сколковский институт науки и технологий (^а - e.leushina@skoltech.ru, ^б - e.kozlova@skoltech.ru)

Ключевые слова: *грязевые вулканы, грязевулканическая брекчия, органическое вещество, пиролиз, элементный состав*

Одним из объектов полевой геологической экскурсии в 2017 году «Инновации в геологии, геофизике, географии-2017» были грязевые вулканы Керченского региона. Продуктами этого природного феномена являются флюидонасыщенные глинистые массы, выносящие на поверхность с глубин более 2-х километров обломки пород из вмещающих отложений (грязевулканическая брекчия). В рамках настоящей работы были исследованы обломки, собранные на грязевых вулканах Булганакского сопочного поля и вблизи села Костырино. Булганакское поле грязевых вулканов является самым крупным скоплением грязевулканических проявлений в Крыму. На площади в 4 км² обособляется солончак, находящийся в углубленной на 25 метров относительно окружающей местности впадине. На плоском дне впадины и на восточном борту возвышается несколько крупных грифонов (сопки Андрусова, Павлова, Тищенко, Обручева, Трубецкого, Шилова и Ольденбургского), юго-западный край занимает озеро под названием Центральное. Жидкая грязь озера покрыта нефтяными пленками. Из кратеров действующих сопкок пузырями выходит газ. Булганакское грязевулканическое поле с начала 20-х годов прошлого века привлекает внимание геологов, здесь проведены очень подробные исследования, как строения самого вулкана, так и состава и продуктов грязевулканической деятельности [1, 2]. Из кратера сопки Андрусова отобраны несколько обломков грязевулканической брекчии и современный глинистый матрикс. Еще одним объектом исследований стал грязевой вулкан близ поселка Костырино (до 1948 г. - Чонгелек), на берегу соленого озера Тобечик. По свидетельству археологических раскопок, еще в начале IV-V веков здесь производилась добыча нефти. На Чонгелекской площади в 1866 году была пробурена первая в Крыму нефтяная скважина. Нефтяные залежи располагались в отложениях майкопской серии и вышележащих неогеновых резервуарах. Из-за технических сложностей, в 60-ых годах XX столетия добыча нефти в этом районе прекратилась [3]. Однако, по настоящее время происходит разгрузка углеводородных флюидов на поверхность через каналы грязевого вулкана. В течение полевой экскурсии отобрано несколько образцов окисленной нефти вблизи затомпонированного месторождения, а также образцы глинистого матрикса и грязевулканической брекчии из небольшого кратера, расположенного в пределах осушенной части озера Тобечик. Проведены лабораторные исследования органического вещества отобранных образцов грязевулканической брекчии и глинистого матрикса с помощью пиролитического оборудования по методу Рок-Эвал – HAWK (Hydrocarbon Analyzer With Kinetics) (Wildcat Technology) и элементного анализатора (LECO

Corporation). По составу и свойствам органического вещества породы из разных районов очень похожи друг на друга. Образцы содержат от 0,5 до 1% органического углерода, до 2,33 мг УВ/г породы легких углеводородов, незначительное количество керогена (до 3 мг УВ/г породы). Органическое вещество преимущественно незрелое, в двух образцах – это начальные стадии главной зоны нефтеобразования. В образцах битума из окрестностей села Костырино количество углерода варьирует от 36 до 55 вес. %, водорода – 5-6% (по данным элементного анализатора), водородный индекс (по данным пиролиза) 270-320 мг УВ/г ТОС, серы и азота – доли процентов. Битум содержит большое количество легких компонентов, его плотность по пиролитическим данным составляет 0,89 - 0,93 г/см³. По молекулярному составу пленки нефти состоят из ароматических соединений, большинство из которых плохо идентифицируется из-за высокой степени окисленности. Результатом биodeградации является почти полное отсутствие нормальных алканов и их гомологов. Для исследования органического вещества в продуктах грязевого вулканизма были использованы современные варианты пиролитических и хромато-масс-спектрометрических методов. Проведен сравнительный анализ этих методов. Дана характеристика биodeградированных нефтей Чонгелекского месторождения.

Литература

1. Губкин И.М., Федоров С.В. Грязевые вулканы Советского Союза и их связь с генезисом нефтяных месторождений Крымско - Кавказкой геологической провинции. М. - Л., 1938
2. Каюкова Е.П., Юровский Ю.Г. Нефтепроявления у озера Тобечик (Керченский полуостров, Крым). / Труды Крымской Академии наук. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. – С. 63-76.
3. Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области: Атлас. Киев:Наукова думка, 1986. 152 с.

СВЯЗЬ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ И ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА В КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОЙ ЗОНЕ

Д.Е. Белобородов¹, Т.Ю. Тверитинова^{1,2}

¹ИФЗ РАН (DenBeloborodov@gmail.com);

²Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (tvertat@yandex.ru)

Ключевые слова: *грязевой вулканизм, сопочная брекчия, Керченско-Таманская зона, диапировые складки, поперечные разрывы, образование нефтегазовых залежей, литофациальная изменчивость пород, типы ловушек, признак нефтегазоносности, разрывные нарушения, малопроницаемые толщи, коллектора трещинно-кавернозного типа, толщи майкопа*

Приуроченность грязевых вулканов к нефтегазоносным областям известна давно. Грязевые вулканы, так же, как и нефтегазоносность, связаны с осадочными бассейнами, выполненными мощными (5-10 и более км) неметаморфизованными и слабодислоцированными преимущественно песчано-глинистыми отложениями, грязевой вулканизм является одним из важнейших критериев перспективности регионов на нефть и газ. Керченско-Таманская зона (КТЗ), являясь частью Предкавказко-Крымско-Северо-Каспийской провинции [4, 5], известна своими благоприятными условиями газогенерации. Также она широко известна масштабными проявлениями грязевого вулканизма [6, 7]. Оба явления – и нефтегазоносность, и грязевой вулканизм – связаны с миграцией в недрах Земли газово-флюидных потоков, но связь эта проявляется по-разному.

1. Стратиграфический диапазон разреза: нефтегазоносность характерна практически для всего разреза чехла древних платформ и молодых плит, грязевые вулканы встречаются исключительно в областях кайнозойского осадконакопления. В КТЗ нефтегазоносность характерна практически для всего разреза Скифской плиты и Предкавказских краевых прогибов (нефтегазоносные комплексы – Р–Т, J₁₋₃, K₁, K₂, Pg и N. Грязевой вулканизм характерен в основном для межпериклинальной части КТЗ с прилегающими участками краевых прогибов. Стратиграфическими уровнями генерации грязевулканической брекчии являются толщи майкопа (Pg₃–N₁), K₁ и J₁₋₂.

2. Литологический фактор. Нефтегазогенерация происходит в наиболее проницаемых породах (гранулированных, трещиноватых или кавернозных), а плотные, в том числе глинистые малопроницаемые толщи служат экранами для нефтяных, газовых и газоконденсатных залежей. Грязевой вулканизм связан с процессами интенсивного разжижения пород песчано-глинистого состава. В КТЗ нефтегазоносность приурочена к коллекторам трещинно-кавернозного типа в терригенных и карбонатных толщах Р–Т, нескольким продуктивным горизонтам в терригенных J₁₋₂ и карбонатно-эвапоритовых J₃ отложениях, терригенно-карбонатным K_{1nc} и терригенным K_{1a-al} отложениям, карбонатам K₂, терригенно-карбонатным Pg и литологически изменчивым N отложениям. Основная продуктивность сосредоточена в краевых прогибах [4, 5]. Грязевулканическая (сопочная) брекчия формируется преимущественно в глинистом майкопе и песчано-глинистых толщах K₁ и J₁₋₂. И для нефтегазоносности, и для грязевого вулканизма литологический фактор является определяющим.

3. Структурный фактор. Нефтегазоносность – чуткий индикатор ловушек любой природы, как литологических (фациальные переходы коллекторов и покрышек), так и тектонических – антиклинальных и поднадвиговых структур любого размера и формы. Грязевые вулканы в подавляющем большинстве связаны с узкими диапировыми антиклиналями, осложненными разрывными нарушениями (продольными, косыми, поперечными к диапировым складкам), образуя на них локальные грязевулканические постройки. Проявление грязевого вулканизма в акватории Черного моря, как выясняется, также связано с наличием в осадочном чехле диапировых структур [2]. В статье [1] отмечается, что грязевые вулканы и глинистые диапиры могут встречаться совместно, что приводит иногда к некоторой путанице при их изучении и идентификации.

4. Газофлюидный поток: нефтегазоносность – непосредственное выражение постоянной миграции газофлюидного потока и формирования в благоприятных толщах и структурах нефтегазоносных залежей, грязевой вулканизм – прерывистый процесс формирования подвижных сред (сопочной брекчии) в аномальных структурных условиях и газофлюидной миграции. Для большинства грязевых вулканов КТЗ характерны признаки нефтегазоносности.

5. Тепловой поток: вероятно, и процессам нефтегазогенерации и грязевому вулканизму способствует повышенный тепловой поток. 6. Сейсмичность: вероятно играет существенную роль в обоих явлениях, но более проявлена в импульсивно проявляющихся процессах грязевого вулканизма. Выводы: процессы формирования нефтегазовых залежей и грязевых вулканов происходят в условиях развития мощных осадочных толщ. Нефтегазовые залежи формируются практически постоянно и повсеместно, но медленно, отражая влияние литологического и структурного (при малой амплитуде тектонических движений) факторов, представляя одну из относительно обособленных составляющих геологической среды. Грязевой вулканизм происходит импульсивно и относительно быстро в зонах повышенных дислокаций (преимущественного сжатия), с резким переходом части нелитифицированных осадочных пород в жидкое состояние. Хотя само явление грязевого вулканизма в геологическом временном интервале несопоставимо с процессом нефтегазообразования, грязевой вулканизм часто сопутствует формированию и миграции нефти и газа. Наиболее благоприятными условиями нефтегазообразования и грязевого вулканизма характеризуются песчано-глинистые осадочные толщи. Размещение залежей нефти и газа как по разрезу, так и по площади обусловлено комплексом литологических, тектонических, геохимических, гидрогеологических и других факторов, типы ловушек – условиями накопления осадков и последующим развитием тектонических движений и разрывных нарушений. Первичная миграция нефти и газа из нефтематеринских толщ происходит из наиболее погруженных синклиналей (с глубин не менее 1,5–2 км) в направлении антиклинальных зон, где в условиях сжатия формируются способствующие проявлению грязевого вулканизма диапировые складки, а также продольные и поперечные разрывы, существенно влияющие на процесс формирования нефтяных и газовых залежей. Интенсивный рост антиклинальных складок, резкое увеличение амплитуды продольных нарушений, образование многочисленных поперечных и радиальных разрывов усиливает процесс разрушения залежей нефти и газа. В нефтегазоносных областях формирование и размещение залежей нефти и газа в локальных складках, также как образование и деятельность грязевых вулканов, контролировалось тектоническим развитием областей,

определяющим региональное направление миграции нефтегазопродуктов и литофациальную изменчивость пород. Поэтому грязевой вулканизм следует рассматривать как прямой признак нефтегазоносности недр.

Литература

1. Гаврилов В.П., Леонова Е.А., Рыбальченко В.В. Грязевой вулканизм и нефтегазоносность Шонгхонского прогиба (северный шельф Вьетнама)// Труды РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина № 4 (265) 2011. С. 28-37.
2. Леончик М.И., Сенин Б.В., Хортов А.В. Перспективы газоносности кайнозоя Черного моря // Научно-технический сборник ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ, 2015, № 2. С. 54-62.
3. Северо-Кавказско-Мангышлакская нефтегазоносная провинция // Горная энциклопедия – исходные данные
4. Соколовский А.П. Нефтегазоносные провинции России и зарубежных стран // «Тюменский государственный нефтегазовый университет». Тюмень, 2015. – 185 с.
5. Чернова О.С. Нефтегазоносные провинции России и сопредельных территорий. // Центр профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела. Томск, 2008. – 258 с.
6. Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: Главмедиа, 2006. – 176 с.
7. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Пасынков А.А. Газовый вулканизм Черного моря. – К.: «Логос», 2013. – 384 с.

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ТИПИЗАЦИИ ПОРОД НЕОДНОРОДНОГО СТРОЕНИЯ

Е.В. Брюханова

ekaterinabriuhanova@yandex.ru

Тюменский Индустриальный Университет

Научный руководитель работ, доцент ТИУ В.Г. Мамяшев

Целью работы является повышение достоверности и информативности петрофизического моделирования геологической интерпретации материалов геофизических исследований скважин (ГИС) с учетом степени их неоднородности и критериев её оценки. Существуют различные уровни неоднородности горных пород, начиная от размеров дефектов кристаллической решетки минералов, слагающих породы и размеров минеральных зерен до размеров отдельных прослоев, включений и линз, выделяемых в образцах пород, в керне, в геологических пластах и разрезах. Очевидна диалектичность понятия неоднородности и критериев неоднородности горных пород, в зависимости от задач и технологии исследований. Решение обратных задач геофизических исследований требует обоснования зависимостей, регистрируемых геофизических (петрофизических) характеристик от искомым геологических свойств объектов исследований. В области геофизических методов исследования скважин (ГИС) основным объектом изучения являются геофизические пласты и их свойства. Прямая геолого-петрофизическая характеристика геофизических пластов обеспечивается по результатам исследований каменного материала, отбираемого из скважин, т.е. керна. Соответствующие зависимости, необходимые для интерпретации данных ГИС, могут быть установлены с помощью сопоставлений типа «ГИС-кern» и «кern-кern». В том и другом случаях результаты исследований керна должны быть представительными, адекватно отражающими осредненные петрофизические характеристики каждого пласта. Одним из определяющих критериев выделения геофизических пластов является условие выдержанности показаний методов ГИС по толщине пласта, не превышающих допускаемые для каждого метода отклонения показаний от средних пластовых значений. Для относительно однородных пород, свойства которых монотонно колеблются по толщине пласта в пределах, определяемых допустимыми колебаниями показаний методов ГИС, требования представительности и адекватности петрофизической характеристики обеспечиваются плотностью анализов составляющей, в соответствии с установленными требованиями ГКЗ РФ, четыре исследованных образца на метр разреза. При этом каждый отдельный образец представлен однородной породой, но свойства образцов могут заметно отличаться друг от друга. Принимается, что среднее арифметическое значение скалярной петрофизической характеристики обеспечивает условие адекватности её соответствующей средней характеристике пласта. Отметим, что для образцов стандартных размеров 30x30 мм, объем их составляет всего 1,08 % от объема колонки керна длиной 1 метр и диаметром 100мм. По отношению к объему, охарактеризованному показанием методов ГИС, представительность керновых данных становится ничтожно малой. Тем не менее, наблюдаются достаточно устойчивые зависимости типа «ГИС-кern», характеризующие

участки разреза, представленные относительно однородными породами и геофизическими пластами. Не в малой мере этому способствует сложившаяся практика определения мест отбора (выбуривания) образцов из наиболее представительных участков колонки керна. Такая практика позволяет исключить отбор керна их единичных, не значительных по толщине слоев и неоднородностей, не оказывающих существенного влияния на геофизическую характеристику пласта. Дальнейшее повышение адекватности петрофизической и геофизической характеристик «однородных» пластов может быть достигнуто дифференциацией колонки керна по данным профильных исследований (естественной гамма-активности, плотности, проницаемости) и детальному литологическому описанию на более однородные участки и определения средневзвешенных, с учетом длины этих участков, измеренных значений петрофизических параметров пласта. Если «однородный» геофизический пласт представлен породами неоднородного строения (текстуры), обеспечение адекватности его петрофизической характеристики заметно усложняется, особенно при исследовании векторных параметров, в частности, удельного электрического сопротивления (проводимости). Размеры текстурной неоднородности (в «однородном» пласте) могут варьировать от долей миллиметра до величин, определяемых вертикальной разрешающей способности методов ГИС. Для методов кажущегося (эффективного) электрического сопротивления (УЭС, УЭП) он составляет от 1,6 м. При большей толщине отдельной неоднородности она может быть выделена по данным электрических методов как отдельный геофизический пласт и охарактеризована значениями УЭС. Такие объекты могут быть классифицированы по типу (размерам) неоднородности на три группы (В.Г. Мамяшев, ЗапСибНИИГеофизика, 1987 г.). Первая – это группа квазиоднородных или микрон неоднородных пород, выделяемых согласно ГОСТ 25494-82, по критерию, ограничивающему долю отдельной неоднородности в объеме исследуемого образца породы не превышающей 10%. При этом суммарная доля той или иной неоднородности в объеме образца не имеет значения. Это означает, что при исследовании образцов стандартных размеров (30х30мм) толщина единичного прослоя не должна превышать 3 мм. В этом случае, не зависимо от количества прослоев какой-либо литологии вариации скалярных петрофизических характеристик не превысят $\delta < \pm 0,05 \cdot \Delta K$ от среднего значения параметра $K_{ср}$ в пласте. Здесь ΔK равняется разности значений параметра K в прослоях первой (K_1) и второй (K_2) литологии: $\Delta K = K_1 - K_2$. Например, применительно к пористости пород, представленных переслаиванием пород с пористостью 30 и 15 %, получим $\Delta K = 15\%$ и отклонение в единичном определении составит $\delta = \pm 0,5\%$. При расчетах средней величины пористости отклонение полученного среднего значения от пористости объекта уменьшится в «n» раз (как ошибка среднего). Принципиальное значение имеет, что удельное электрическое сопротивление такого образца будет полностью отражать особенности слоистости (параллельного соединения отдельных прослоев). Размер допустимой неоднородности керна можно увеличить увеличением размеров исследуемых образцов. Например, при диаметре колонки керна 100 или 120 мм размеры образцов, вырезанных перпендикулярно оси керна, составят 70 и 85 мм соответственно. Это означает, что породы с размерами отдельных неоднородностей не более 7–9 мм являются квазиоднородными. Вторая группа – это породы мезонеоднородные, с размерами неоднородностей от 3 и до 27 мм и более, для образцов стандартных размеров, или от 7–9 и до 63–76 мм – для образцов диаметром 70–85

мм. В этом случае адекватность петрофизической характеристики пласта может быть обеспечена только с использованием модели слоистой пачки (Дахнова–Комарова), при соответствующем обосновании петрофизических характеристик литологических разностей, слагающих породу. Третья группа – это породы макронеоднородные, размеры отдельных неоднородностей которых превышают 27 мм (для образцов стандартных размеров). Обеспечить адекватность петрофизической характеристики пластов, сложенных такими породами также требует применения модели слоистой пачки. Обоснование петрофизических характеристик литологических разностей, слагающих породу в этом случае облегчается, тем, что исследования каждой из этих разностей может быть выполнено с помощью образцов стандартных размеров и с учетом линейной доли каждой литологической разности по результатам профильных исследований. Предложенные критерии петрофизической типизации пород неоднородного строения представляют новую методологию петрофизического обеспечения методик геологической интерпретации данных ГИС.

СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Г.В. Брянцева¹, Н.В. Лубнина², Н.И. Косевич³

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

¹ – bryan.bryan@yandex.ru, ² – natalia.lubnina@gmail.com, ³ – nkosevich@gmail.com)

Район исследования охватывает западное побережье Юго-западного Крыма от долины р.Черная до долины р. Булганак. Это зона сочленения горного сооружения Крымских гор и Скифской плиты.

Для изучения новейшей тектоники западного побережья Крыма произведены структурно-геоморфологические исследования с выделением пликтивных и разрывных новейших структур, методика которых была разработана Н.П.Костенко (Костенко,1999). Они позволяют анализировать позднекайнозойские деформации земной коры, т.е. образовавшиеся за неотектонический этап развития и различно проявленные в рельефе. Изучение таких орографически выраженных развивающихся деформаций проводится в плане путем специализированного дешифрирования топографических карт и в вертикальных сечениях, реализованных построением геолого-геоморфологических профилей. В результате проведенного анализа была построена структурно-геоморфологическая схема западного побережья Крыма, на которой выделен ряд структур, разрывные нарушения, а также зоны трещиноватости проявляющиеся в рельефе над активизированными в настоящее время разрывными нарушениями нижних структурных этажей. Определение динамической активности разрыва проводится по комплексу орографических признаков: деформациям зоны плоскостной денудации, перекосам долин, разделяющих блоки, разновысотности блоков, сложенных породами примерно одинаковой противоденудационной устойчивости, или разному их наклону, резкому изменению крутизны склонов и др.

В пределах Западного Крыма в новейшей структуре отчетливо проявляется блоковое строение территории, и четко выделяются структуры первого порядка – Гераклейское поднятие, Альминская впадина и хребты Крымского горного сооружения. В пределах этих крупных неотектонических структур выделяются более мелкие структуры.

Гераклейское поднятие, расположенное в пределах одноименного полуострова имеет сложное строение. С поверхности оно сложено сарматскими известняками миоцена, падающими на северо-запад под углом 2-3° достигающими на востоке высоты 200-250 м. Известняки разбиты системой трещин ЗСЗ простирания, которая разрабатывается овражно-балочной сетью. Система трещин ВСВ простирания деформирует долины оврагов и балок, изменяя их простирание. На западе Гераклейское поднятие ограничено крупным Георгиевским разломом, имеющим ССВ простирание и представляющим собой довольно широкую, до 1 км, зону эшелонированных тектонических нарушений (Ломакин и др., 2010), хорошо выраженную в рельефе, которые отличаются по кинематике и амплитуде и неоднократно оживлялись в периоды тектонической активизации территории (Иванов и др.,2009). В зоне Георгиевского разлома начиная с альбского времени преобладали процессы сжатия (Ломакин и др., 2010).

Крупный субширотный разлом, который разрабатывается в нижнем течении долиной р. Черная, образующей Севастопольскую бухту, отделяет Гераклейское поднятие

от Скифской плиты. Этот разлом коррелируется с Симферопольским разломом, который первоначально имеет субширотное простирание и проходит по долине р.Черная, а затем меняет свое простирание на СВ (Хаин, 1984).

Альминская впадина расположена в пределах Зуевского выступа на юге Скифской плиты. Это крупная сравнительно слабо прогнутая платформенная структура, формирование которой связано с очень медленным прогибанием поверхности ее основания. Она выполнена отложениями средней юры, верхнего и нижнего мела, палеогена, неогена и четвертичной системы. Мощность неоген-четвертичных отложений не превышает 200 м. Поверхность впадины довольно ровная, наибольшие высоты не превышают 170-180 м. Береговые обрывы от долины р. Бельбек и до м. Маргопуло, а также берег к югу от м. Лукулл представляют собой, скорее всего, тектонические структуры.

Домеловые породы рассечены разрывными нарушениями, зафиксированными геофизическими исследованиями (Геология СССР, 1969). Нижние течения таких рек, как Бельбек, Кача, Альма проходит по Альминской впадине и имеют практически субширотное, иногда ЗЮЗ или ЗСЗ простирание. Такие же простирания характерны и для овражно-балочной сети. Субширотные нарушения, к которым приурочены долины рек Западного Крыма в своем нижнем течении, представляют собой, как правило, правосторонние сдвиги (Ломакин и др., 2014). Восточнее как речная, так и овражно-балочная сеть имеет резкие перегибы русел. Их простирание меняется на СЗ. Это происходит на участках пересечения древней разломной сети, которая унаследованно развивается в результате неотектонических процессов или в зонах пересечения разломов различной ориентировки.

Крымское горное сооружение представляет собой позднекиммерийское складчатое сооружение, которое было частично переработано блоковыми движениями в альпийскую тектоническую эпоху. Формы рельефа определяются преимущественно древней системой разрывных нарушений, активизированных в настоящее время. Для данного региона характерна преимущественно система диагональных разрывов, преимущественно имеющих СЗ ориентировку. В современной структуре в исследуемом районе выделяется два хребта – Внутренний и Внешний, разделенные грабенообразной впадиной, представленной в современном рельефе Северным межгрядовым понижением.

Внешний хребет (гряда) протягивается от Гераклейского полуострова на северо-восток. Она сложена с поверхности известняками и песчаниками миоцена, падающими на СЗ под углом 2-5°. Суммарные конэрозионные поднятия достигают 300-350 м. Моноклинально залегающие породы разбиты системой трещин СЗ простирания. **Внутренний хребет (гряда)** с высотами более 400-500 м сложена породами меловой и палеогеновой систем, падающими на СЗ под углом 7-10°. **Северная грабенообразная впадина** протягивается вдоль хребтов и сложена породами майкопской серии и ограничена разломами СВ простирания. Она имеет сложное строение, меняющуюся ширину и разбита системой трещин СЗ и ЗСЗ простирания.

Зоны сочленения зон трещиноватости разного направления создают тектонические узлы. Крупный тектонический узел расположен в районе Инкерманских высот, где сходятся Севастопольский разлом субширотного направления, разрабатываемый р. Черной, и несколько разломов СВ (Георгиевский разлом) и ССВ простирания.

Таким образом, в результате структурно-геоморфологических исследований выявлено три системы трещин: субширотные, северо-восточные и северо-северо-западные. Наиболее активными в настоящее время являются трещины ССЗ и СВ простираний. Опасным районом является береговая зона от м. Коса Северная до м. Маргопуло, поскольку она совпадает с зонами трещиноватости ССЗ простирания, а значительная абразия берега, сложенного песчано-суглинистыми породами таврской свиты приводит к образованию многочисленных трещин отседания, протягивающихся параллельно берегу и приводящему к возникновению оползней. Выявленные зоны трещиноватости могут наследовать древние разломы фундамента, активизированные в настоящее время.

Литература

1. *Геология СССР*. Т.8. Геологическое описание. Крым. М.: Недра. 1969. 576 с.
2. Иванов В.Е., Ломакин И.Э., Тополюк А.С. и др. Особенности тектоники юго-Западного Крыма // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2009. № 4. С. 27-39.
3. *Костенко Н.П.* Геоморфология. М.: МГУ. 398 с.
4. *Ломакин И.Э., Иванов В.Е., Кочелаб В.В.* Тектонические факторы развития новейших геодинамических процессов Юго-Западного Крыма//*Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2014. № 3. С.61-74
5. *Ломакин И.Э., Иванов В.Е., Тополюк А.С., Ефимцева Л.Л.* Новые данные о геологическом строении побережья Юго-западного Крыма// *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*, №4. 2010. С. 30-39
6. *Хаин В.Е.* Региональная геотектоника: Альпийский Средиземноморский пояс. М.: Недра. 1984. 341 с.

ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРЕЩИНОВАТОСТИ В РАЗЛОМНЫХ ЗОНАХ

Ю.П. Бурзунова

Институт Земной коры СО РАН
bourz@mail.ru

Ключевые слова: *трещина, разрыв, разлом, разломная зона, парагенезис разрывов, поле напряжений*

Анализ трещиноватости горных пород широко применяется при изучении разломного строения верхней части земной коры. Результатом многолетних исследований трещинных сетей вблизи разломов является метод спецкартирования разломной структуры и полей напряжений [4, 5], базирующийся на парагенетическом анализе трещиноватости. Исходным материалом служат статистические массовые замеры ориентировок тектонических трещин. Метод заключается в сравнении природных трещинных сетей с эталонными.

Применяемые в новом парагенетическом подходе эталоны – это модели трещинных сетей в разломных зонах для обстановок сжатия, сдвига и растяжения. Разломная зона на земной поверхности представляет плоский срез области динамического влияния разлома, в пределах которой развиты генетически связанные с его формированием разнотипные деформации, в том числе разрывы самого мелкого масштабного ранга – трещины. Эталон включает главный разломный сместитель и опережающие мелкие разломы 2-го порядка, а также парагенезы еще более мелких разрывов в виде троек взаимно перпендикулярных систем опережающих трещин [4]. В случае недоступного для прямого изучения сместителя или его отсутствия на первой стадии развития разломной зоны, а также неимения признаков смещений – сеть опережающих трещин служит основным источником информации, что является одним из достоинств метода. Сравнение трещинных сетей производится в стереографической проекции. Наиболее подходящий эталон по совокупности совпадающих систем трещин определяет решение (1–3 реш. и более) для круговой диаграммы трещиноватости. Метод позволяет восстановить напряженное состояние локального объема горных пород для одного коренного выхода и установить его принадлежность к зоне локального разлома. Кроме того, используя сеть пунктов наблюдения и принципы генетической соподчиненности, в ходе порангового анализа можно перейти на региональный уровень с выделением местоположения и границ разломных зон, а также типа и ориентировки соответствующих полей напряжений.

Метод допускает исследование трещин различных генетических типов при условии существенного участия тектонических напряжений в их образовании, что определяется наличием ряда признаков, основными являются системная или хаотическая (многосистемная) структура трещинной сети и сколовый тип трещин [3]. Особенно результативно методика применяется в районах с высокой тектонической активностью (или бывших ранее активными). К оценке трещинной сети привлекаются данные о структурных особенностях коренного выхода. Увеличение общего числа пунктов геолого-структурных

наблюдений повышает эффективность метода, а статистический характер исходных материалов увеличивает его достоверность.

Примером применения парагенетического анализа трещиноватости с профильным расположением пунктов наблюдения служит исследование полей палеонапряжений на Могодском полигоне (Центральная Монголия) [1]. Массовые замеры трещин произведены в 22 пунктах на профилях, пересекающих две крупные ветви (С и СЗ простирания) сети сейсмодислокаций 1967 г. В результате анализа трещинных сетей проведена реконструкция 62 локальных разломных зон и соответствующих полей напряжений для отдельных обнажений горных пород. Далее на их основе в процессе порангового анализа выделено пять региональных полей напряжений и разломных зон, в которых формировалась трещинно-разрывная структура. Восстановленные поля регионального ранга на двух участках парагенетически связаны, что позволило охарактеризовать общую историю тектонического развития для Могодского полигона в двух основных этапах (позднепалеозойский-мезозойский и кайнозойский). На втором этапе активизированы наблюдаемые сейсмотектонические разломы, а полученные в ходе анализа трещиноватости поля напряжений по типу и ориентировке совпадают с механизмами очагов Могодского события 1967 г.

Площадное расположение пунктов наблюдения дает возможность осуществить процесс спецкартирования в полной мере и восстановить не только региональные поля напряжений, но и сеть разломных зон на исследуемом участке, как например, при изучении трещиноватости Тажеранского сиенитового массива (Прибайкалье) [2]. В процессе обработки 108 массовых замеров трещин получено 308 локальных решений, а в результате порангового анализа установлено пять разновозрастных полей напряжений регионального уровня. Затем на основе реконструкции зон скалывания построена карта разломных зон участка и схема их последовательной активизации от раннего палеозоя до кайнозоя. Поля сжатия (СЗ–ЮВ) и растяжения (СЗ–ЮВ) являются наиболее представительными и претендуют на принадлежность к более крупному рангу. Типы и относительный возраст выделенных региональных полей не противоречат известным из литературы данным об этапности формирования структуры земной коры Прибайкалья, а в некоторых случаях совпадают с ними. Реконструированные разломные зоны выражены зонами повышенной трещиноватости, а в некоторых случаях – зонами тектонитов. Их ориентировки сходны с направлениями крупных разломов центральной части Байкальского рифта.

Таким образом, метод парагенетического анализа трещиноватости в рамках спецкартирования является эффективным инструментом в плане расшифровки разломно-блоковой структуры природных регионов и определения разновозрастного напряженного состояния локального и регионального уровня. Метод успешно дополняет традиционные способы исследования разломов земной коры, а его надежность подтверждается совпадением результатов с выводами предшественников. Получаемые сведения о разломных зонах используются в фундаментальном аспекте – для геодинамических реконструкций, а также в решении прикладных задач инженерной геологии, сейсмологии, рудной и нефтегазовой геологии, в последнее время особенно актуальна возможность применения методики при интерпретации материалов 3D сейсморазведки.

Исследования проведены при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-05-00154А).

Литература

1. *Burzunova Iu.* Stress fields in the area of the Mogod earthquake in Mongolia from the structural paragenetic analysis of tectonic fracturing // Book of extended abstracts: The International Conference on Astronomy & Geophysics in Mongolia (20-22 July). – 2017. – P. 88–93.
2. *Бурзунова Ю.П.* Разломные зоны Тажеранского массива сиенитов (Западное Прибайкалье) по результатам структурно-парагенетического анализа трещиноватости // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. – 2015. – №1 (50). – С. 58–67.
3. *Бурзунова, Ю.П.* Трещины горных пород вблизи разломов: особенности применения структурно-парагенетического анализа // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 3. С. 673–693.
4. *Семинский, К.Ж.* Спецкартирование разломных зон земной коры. Статья 1: Теоретические основы и принципы / К. Ж. Семинский // Геодинамика и тектонофизика. – 2014. – Т. 5, № 2. – С. 445–467.
5. *Семинский, К.Ж.* Спецкартирование разломных зон земной коры. Статья 2: Основные этапы и перспективы / К. Ж. Семинский // Геодинамика и тектонофизика. – 2015. – Т. 6, № 1. – С. 1–43.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА

А.Ю. Бычков¹, Н.В. Лубнина², О.В. Крылов³

Геологический факультет МГУ им. Ломоносова

¹ – andrewbychkov@rambler.ru, ² – natalia.lubnina@gmail.com, ³ – krylov@geol.msu.ru)

Ключевые слова: *грязевой вулканизм, образование нефти, миграция флюидов, термодинамическое моделирование*

Природа грязевого вулканизма до сих пор вызывает споры среди ученых. Одни исследователи следуют идеям, которые выдвигали Г.В. Абих, С.А. Ковалевский, П.Н. Кропоткин, которые связывали его с глубинным магматизмом и разгрузкой abiогенных углеводородов. Напротив, Н.Б. Вассоевич, И.М. Губкин, М.Ф. Мирчинк, А.А. Трофимук, Н.С. Шатский, В.Н. Холодов и многие другие отстаивали органическое происхождение преобладающего в газах грязевых вулканов метана и нефти, которые генерируются в осадочных породах, содержащих органическое вещество. На сегодняшний момент накоплен достаточный объем геохимических данных. В работах В.Ю. Лаврушина и О.Е. Киквадзе показано, что изотопные и химические данные указывают на гетерогенность грязевулканических флюидов их водного их питания из разноточинных источников. Д.В. Голубятников, метко назвал грязевой вулкан «бесплатной разведочной буровой», поскольку выносимые на поверхность продукты грязевого вулканизма дают представление о процессах, протекающих в недрах нефтеобразующей системы. Поэтому логично создание количественной физико-химической модели образования нефти и газа начать с модели грязевого вулканизма. Поступление на поверхность продуктов реакций позволяет верифицировать модели, что крайне затруднительно для тех случаев, когда образуется нефтяная залежь. В исследовании использованы методы и подходы, разработанные в нескольких разделах геологии, но ранее не применявшихся для исследования грязевого вулканизма. Первым таким подходом является количественное геодинамическое моделирование. Современные методы, использующие суперкомпьютеры, позволяют рассчитать изменение физико-механические свойства пород при геологических процессах и определить эволюцию термодинамических параметров в недрах грязевулканической толщи. Как правило, решались задачи для коллизионных обстановок, опыт использования этого подхода для предгорных прогибов весьма ограничен. Вторым подходом является использование методов экспериментального моделирования природных процессов. Современная экспериментальная техника позволяет проводить исследования поведения системы при необходимых термодинамических параметрах. Однако прямое экспериментальное моделирование, как правило, невозможно из-за большой продолжительности природных процессов. Поэтому задача сводится к определению фундаментальных термодинамических констант реакций (равновесных и кинетических), которые затем могут быть использованы для термодинамических расчетов. Третий подход – термодинамическое моделирование фазовых равновесий. Данный метод получил широкое развитие для многих геологических процессов, в частности, для современных гидротермальных систем. Для построения количественных моделей процессов, протекающих в очаге грязевого вулканизма, требуется учет скоростей протекания реакций,

что требует разработки новых методов и знания кинетических констант. Четвертый подход – геохимические исследования грязевого вулканизма. Будут использованы как стандартные методы полевых исследований для измерения параметров флюидов (t , pH, Eh) и отбора проб, так и вновь разрабатываемые. В частности, предполагается использовать опыт опробования современных термальных источников, исследования поровых растворов, диализ, ультрафильтрацию и другие технологии исследования гетерофазных систем. Таким образом, реализована классическая схема моделирования: геологическая модель – термодинамическая модель – результаты расчетов и сопоставление с природными данными. Возможность реализации такого комплекса работ заключается в том, что в коллективе присутствуют необходимые специалисты в каждой части исследования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ проект 18-05-00818.

РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ ОБРАТНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ СЕЙСМИКИ ПОСРЕДСТВОМ УСЕЧЕНИЯ SVD

А.А. Василенко

ИНГГ СО РАН, НГУ
alexvas1996@ya.ru

Ключевые слова: геофизика, обращение полного волнового поля, SVD

Обратная динамическая задача сейсмологии заключается в нахождении скоростной модели упругой среды по зарегистрированным (наблюдаемым) данным в точке приёмника. Исходя из этого, вводится оператор прямой задачи $B(c)$, который переводит скорость распространения волны c в данные d , и, следовательно, необходимо обратить этот оператор. То есть нужно решить нелинейное операторное уравнение, где оператор сводится к вычислению решения краевой задачи для волнового уравнения при некоторой скорости в заданной точке приёмника.

Для решения задачи используются локальные градиентные методы. Они заключаются в минимизации разности наблюдаемых и смоделированных (синтетических) данных в среднеквадратичном смысле. Таким образом, необходимо минимизировать функционал, который является квадратом нормы невязки в гильбертовом пространстве.

Стандартным подходом здесь служит организация итерационного процесса отыскания точки минимума. В рамках нашей задачи применяются две достаточно известные реализации локальных градиентных методов: метод сопряженных градиентов и модифицированный метод Ньютона. Обе техники предполагают численное вычисление градиента и гессиана исходного нелинейного функционала.

При переходе к дискретному случаю возникает система линейных алгебраических уравнений, которую нужно решить, чтобы найти следующее приближение. Как правило, матрица системы плохо обусловлена и её нужно изучить с помощью SVD-анализа, чтобы корректно осуществить псевдообращение.

Гессиан функционала не имеет ограниченного обратного оператора, так как является компактным. Отсюда следует, что при аппроксимации матрица системы в любом случае будет плохо обусловлена. Поэтому для построения численного решения применяется регуляризирующая процедура в виде усечения сингулярного разложения, то есть определяется строение устойчивых подпространств в пространстве моделей.

Поскольку рассматриваемый оператор компактен, число обусловленности матрицы системы достаточно велико. Но можно выбрать некоторое количество правых сингулярных векторов, соответствующих старшим сингулярным числам, которые образуют базис устойчивого подпространства в пространстве моделей. Отсюда следует, что искомое подпространство является линейной оболочкой этих векторов и теперь возможно сделать псевдообращение матрицы, чтобы найти решение в этом подпространстве.

В работе приводятся и обсуждаются результаты численных экспериментов. Поскольку на практике получить данные для низких частот достаточно затруднительно, возникает необходимость в изучении влияния частотного диапазона сейсмических данных на качество восстановления скоростной модели.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект 17-17-01128.

Литература

1. Gadylshin K.G., Cheverda V.A. (2017): Reconstruction of a depth velocity model by full waveform inversion // Doklady Akademii Nauk, 2017, Vol. 476, No. 6, pp. 693–697.
2. Silvestrov I., Tcheverda V. (2011): SVD analysis in application to full waveform inversion of multicomponent seismic data // J. Phys.: Conf. Ser. 290 012014.
3. Linearized inversion of data of multi-offset data for vertically inhomogeneous background / V. Cheverda, F. Clement, V. Khaidukov, V. Kostin // J. Inv. Ill-Posed Problems. – 1998. – Vol. 6, no. 5. – P. 453-484.
4. Костин В.И., Чеверда В.А. г-решения уравнения первого рода с компактным оператором в гильбертовых пространствах: существование и устойчивость // Доклады РАН. 1997. Т. 355, № 3.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ОСАДКИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Е.В. Вышкваркова

*Институт природно-технических систем РАН
aveiro_7@mail.ru*

Ключевые слова: осадки, экстремумы, побережье, Черное море, тренды

Атмосферные осадки являются одним из основных метеорологических показателей. Согласно отчетам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) за последнее столетие режим осадков в средних широтах значительно изменился [1]. Такие изменения характерны и для случаев с экстремальными. Существует много методик для исследования экстремальных осадков. Многие из них основаны на расчете климатических экстремальных индексов, разработанных совместно Всемирной метеорологической организацией (CCL/CLIVAR/JCOMM) и Группой экспертов по обнаружению изменений климата и индексам (ETCCDI) [2]. Эти индексы были использованы во многих исследованиях для разных регионов во всем мире.

Цель работы – исследовать пространственно-временную изменчивость индексов экстремальных осадков на побережье Черного моря за период 1970–2015 гг.

Данные и методы. В работе использованы суточные суммы осадков с 9 метеорологических станций, расположенных на побережье Черного моря, 6 из которых на территории Крымского полуострова (Сочи, Туапсе, Анапа, Керчь, Феодосия, Ялта, Севастополь, Евпатория, Черноморское). Данные взяты с сайта ECA&D. Для оценки экстремальных осадков использованы индексы экстремальных осадков. Контроль качества данных и расчет индексов выполнен с использованием программного обеспечения RClimDex [3]. Из перечня индексов ETCCDI были выбраны 10 относящихся к экстремальным осадкам. Анализ проводился посредством исследования трендов рассчитанных рядов индексов экстремальных осадков. В работе были использованы следующие индексы: RX1day – Максимальная сумма осадков за один день (мм), Rx5day – Максимальная сумма осадков за пять последовательных дней (мм), SDII – интенсивность: годовая сумма осадков, деленная на количество влажных дней (осадки больше 1 мм) (мм/день), R10 – Количество дней в году с осадками больше 10 мм (дни), R20 – Количество дней в году с осадками больше 20 мм (дни), CDD – Максимальное количество последовательных дней с осадками менее 1 мм (дни), CWD – Максимальное количество последовательных дней с осадками больше 1 мм (дни), R95p – Годовая сумма осадков, когда осадки выше 95-ого перцентиля (мм), R99p – Годовая сумма осадков, когда осадки выше 99-ого перцентиля (мм), PRCPTOT – Годовая сумма осадков (осадки больше 1 мм) (мм).

Результаты. Значения индекса CDD изменяются от 21 дня в районе Сочи до 40–41 дня на западном берегу Крыма. Индекс CWD характеризуется противоположной картиной – от 5 дней на западном берегу Крыма до 8,6 дня в районе Сочи. Для индексов R10 и R20 характерно увеличение на Черноморском побережье Кавказа (до 52 и 26 дней соответственно), в Крыму индексы имеют величины 9–15 дней в году и от 2 до 5 дней для

индекса R20. Значения индекса R95p изменяются в пределах 83–365 мм с максимальными значениями в районе Сочи. Величины индекса R99p – от 24 до 113 мм. Распределение по изучаемой территории аналогично другим индексам. Годовые значения индексов RX1day и RX5day составляют 29–89 мм и 46–158 мм в год соответственно. Индекс RX5day может служить индикатором событий, связанных с наводнениями. Индексы PRSPTOT и SDII представляют полезную информацию о связи изменений экстремальных условий с другими аспектами распределения суточных осадков. Годовая сумма осадков (индекс PRSPTOT) изменяется от 1600 мм на Черноморском побережье Кавказа до 360 мм на западном берегу Крыма. Интенсивность осадков (индекс SDII) находится в пределах от 5 до 13 мм/сутки. Все индексы, кроме CWD характеризуются максимальными значениями на Черноморском побережье Кавказа, что объясняется особенностями циркуляции атмосферы над этим регионом. Большая часть осадков в зимний сезон на изучаемую территорию приносится циклонами с Атлантики. Склоны Кавказских гор, обращенные к морю, задерживают влагу.

Теперь рассмотрим распределение линейных трендов описанных индексов экстремальных осадков на побережье Черного моря за период 1970–2015 гг. Индекс CDD характеризуется положительными значимыми трендами на территории Крымского полуострова. Для индекса CWD наблюдается значимое уменьшение величин в Крыму. Индексы, основанные на абсолютном пороге (R10 и R20), имеют тенденцию к снижению количества дней в Крыму. Для индекса R99p характерно уменьшение в Крыму. Интенсивность суточных осадков имеет отрицательную тенденцию в Крыму. Индексы RX1day и RX5day не показали четкой картины в распределении линейных трендов.

Заключение. В работе исследовано пространственно-временное распределение индексов экстремальных осадков на побережье Черного моря за период 1970–2015 гг. Для этого были использованы 10 индексов, рекомендованных ВМО. Анализ показал, что максимальные значения индексов (кроме CDD) расположены на Черноморском побережье Кавказа, что обусловлено особенностями циркуляции атмосферы над этим регионом. Анализ линейных трендов выявил статистически значимое увеличение индексов CDD и CWD, и уменьшение R95p и SDII.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00325.

Литература

1. IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. 1535 pp.
2. Karl T.R., Nicholls N. and Ghazi A. CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. Climate Change. 1999. 42. P. 3–7.
3. Zhang X., Yang F. RClimDex (1.0) User Guide. Climate Research Branch Environment Canada. Downsview, Ontario, Canada, 2004. 22 p.

МЕТОД РАЙОНИРОВАНИЯ НАКОПЛЕННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ДЛЯ ПОИСКОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, УГЛЕВОДОРОДОВ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД.

В.А. Галкин

Ремоут Эксплорэйшн (vgalkin60@gmail.com)

Технология состоит из трёх неразрывно связанных последовательных методов:

1. Уникальный ранговый системный структурный анализ космических/аэро/наземных данных (Radarsat, Landsat, аэрофото, SAR, Lidar, Aster, SPOT, SRTM, DEM, IKONOS, OrbView, данные гиперспектров, геофизические и геохимические данные, геологические данные и др.). Анализ проводится ТОЛЬКО в ГеоИнформационной Среде (GIS ArcMap, MapInfo, Geosoft, ENVI, ERDAS, ErMapper), что обеспечивает автоматическое формирование геореференцированных цифровых данных, минуя стадию специального оцифровывания результатов интерпретации. Цифровые данные проходят процедуру «взвешивания» по значимости выделенных структур и обрабатываются с помощью созданной авторами компьютерной программы. По результатам анализа строятся серии контурных карт потенциальной проницаемости коры изучаемой территории.
2. Тектонофизическое (физическое аналоговое) моделирование деформаций верхней части земной коры изучаемой территории. По результатам анализа (в ГИС-среде) строятся независимые серии контурных карт потенциальной проницаемости коры изучаемой территории.
3. Результаты анализа и карты и результаты моделирования и производные карты синтезируются в разных комбинациях (используются как нормализованные, так и ненормализованные взвешенные результаты) и обрабатываются затем как единый массив данных. Конечным результатом является серия карт распределения потенциальной накопленной проницаемости верхней части земной коры исследуемого региона.

Технология используется для локализации участков для поисков месторождений твердых полезных ископаемых, углеводородов и подземных вод.

Технология используется для локализации участков потенциального протекания опасных современных геологических процессов (загрязнения подземных вод, оползней и обвалов, сейсмической активности)

Геолого-геофизическая среда изначально неоднородна, и каждый (произвольно выбранный) участок земной коры характеризующейся уникальной структурой (набором структурных элементов,) отличающей его от соседних участков. В процессе геологической истории, многократных деформаций в различных геодинамических обстановках эти элементы структуры взаимодействуют таким образом, что: а) внутри данного участка непременно существуют области, где деформации всегда выше, чем в окружающих областях и б) внутри данного участка непременно существуют области, где деформации всегда ниже, чем в окружающих областях. Зоны высоких упругих, пластических

деформаций и разрушения нами было принято называть «концентраторами деформаций» или «аттракторами деформаций». Термин «аттрактор» заимствован из новейших разработок неравновесной термодинамики и «теории аттракторов». Существование аттракторов деформации доказано теоретически и экспериментально. Некоторую аналогию этим новым идеям составляют известные в геологии, но не развитые до состояния теории, идеи о долгоживущих тектонических структурах.

Проводимое нами моделирование позволяет производить поиск (локализацию) таких структурных концентраторов для конкретных территорий. Структурные концентраторы (аттракторы) всегда обладают многократно большей проницаемостью для флюидов, что делает их максимально перспективными для минерализации полезных компонентов (твердых полезных ископаемых). Их распределение также в значительной степени контролирует миграцию и накопление углеводородов и подземных вод. С точки зрения современных геологических процессов, аттракторы представляют собой наиболее опасные участки повышенной вероятности землетрясений, контаминации подземных вод и склоновых процессов (обвалы, оползни).

В период 1992-2018 годов методика успешно применялась десятки раз к разным геологическим регионам мира и в разном масштабе – в России, во многих районах Канады, в США, Гватемале, Мексике, Колумбии, Перу, Доминиканской Республике, Армении. Она успешно работала на выделение перспективных зон на золото, серебро, кимберлиты (алмазы), медь, уран, нефть и газ, драгоценные камни (Колумбийские изумруды).

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ ПО ПРОФИЛЮ ЯЛТА-НОВОСЕЛОВКА

Д.О. Десятов, А.Н. Стафеев

*Геологический факультет МГУ им. Ломоносова
desyatovdm@rambler.ru*

Ключевые слова: *магнитотеллурические зондирования, Крым, геолого-геофизический разрез*

Крымский полуостров – сложная с точки зрения геологии структура. На сегодняшний день Крымский полуостров остаётся геодинамически активной зоной, что обуславливает необходимость исследования его глубинного строения, выявления разломов, оценки флюидного и реологического режимов недр. Метод электромагнитных зондирований успешно применяется для решения структурных задач. Используемая в ходе работ аппаратура, методы и программы для обработки и анализа МТ данных, а также для решения прямых и обратных задач, отвечает современному мировому уровню.

С 28 января по 16 февраля 2016 г. геофизической компанией ООО «Северо-Запад» совместно с кафедрой Геофизических методов исследования земной коры МГУ имени М.В. Ломоносова проводились экспериментальные работы методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ) в Крыму. Зондирования выполнены по рекогносцировочному профилю Ялта – Новоселовка в объеме 30 физических точек. Целью исследования является изучение глубинного геологического строения Горного Крыма.

По результатам исследования проведена геолого-геофизическая интерпретация МТ-данных с привлечением априорной геологической и геофизической информацией. Бодракский разлом (сброс) ранее был прослежен по геоэлектрическим данным до глубин 4–5 км, по разлому кровля высокоомных палеозойских пород Лозовской зоны опущена на 1 км по отношению к Горно-Крымской зоне [3]. По новым данным МТЗ разлом прослеживается на глубину свыше 30 км, он круто падает на северо-запад под углом 80–85°. На глубинах 4–15 км в Лозовской зоне вблизи Бодракского разлома обнаруживается аномалия электропроводности, предположительно связанная с зоной трещиноватости, насыщенной флюидом.

Горно-Крымская структурная зона делится выступом палеозоя в междуречье Марты и Качи на две неравные части. На северо-западе локализуется Прохладненский верхнетааврический ($J_1 tv_3$) палеобассейн на палеозойском основании. На юго-востоке располагается Южно-Крымский бассейн с полным разрезом таврической серии ($T_3-J_2 tv$). В междуречье Качи и Бельбека в толще верхнетааврической свиты, обнаружено несколько зон повышенной проводимости линзовидной формы. Эти линзовидные тела следует рассматривать как фации дельтовых песчаников крупной речной системы – Палеодона [2].

Под Главной грядой Крыма на глубине около 3 км в 5–7 км западнее Ялты располагается зона с наиболее высокой проводимостью, предположительно нижнеплинских дельтовая лопасть. Питающий ее канал имеет, предположительно, юго-западное направление. Между ниже- и верхнетааврической свитами предлагается

выделить переходную (эскиординскую?) свиту с геоэлектрическими параметрами близкими к верхнетаврической свите, но не содержащую дельтовых конусов выноса. Свита формировалась начиная с салгирской фазы деформаций [1] и частичного закрытия поздне триасового Южно-Крымского флишевого бассейна во второй половине рэта.

Литература

1. *Моисеев А.С.* Новые данные о верхнем триасе Северного Кавказа и Крымской АССР // Докл. АН СССР. 1939. Т.23. №8. С. 816–817.
2. *Стафеев А.Н., Суханова Т.В., Латышева И.В., Косоруков В.Л., Плечов П.Ю., Ростовцева Ю.И., Смирнова С.Б., Мороко А.А.* Ченкская толща песчаников (нижняя юра) Горного Крыма: стратиграфия и условия осадконакопления // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2014. № 5. С. 40–48.
3. *Хмелевской В.К., Кузьмина Э.Н.* Глубинное строение Горного Крыма по данным электроразведки // Очерки геологии Крыма. Вып. 1. – М.: изд. Геол. Ф-та МГУ, 1997. С. 177–1864.

ПОБЕРЕЖЬЕ КЕРЧЕНСКОГО И ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ МОРЯ

В.А. Дикарёв

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

dikarev@rambler.ru

Наблюдения уровня Мирового океана показывают, что в последние десятилетия он повышается со скоростью около 1,5 мм/год. Наибольшие оценки подъема уровня Мирового океана за последнее столетие составляют 15–20 см. За этот же период средняя глобальная приземная температура воздуха повысилась на 0,55°C. В дальнейшем темпы роста температуры воздуха могут значительно увеличиться вследствие накопления в атмосфере углекислого газа, метана и некоторых других "парниковых" газов. Межправительственная группа экспертов ООН по изменениям климата выпустила в 2001 году доклад, в котором оценивала подъем уровня океана к 2100 году на 3–4 м [5]. При этом изменение уровня даже на несколько десятков сантиметров приведёт к катастрофическим последствиям для морских берегов в отдельных регионах [1]. Одним из наиболее показательных примеров разрушительного действия на морские побережья является береговая зона Таманского полуострова. Скорость отступления береговых уступов, сложенных лёссовидными суглинками в северо-восточной части Азовского моря уже сейчас достигает 5–8 м в год.

Высокая чувствительность берегов к изменению уровня моря в этом регионе объясняется несколькими причинами [2]: (i) высоким уровнем экономического развития береговых зон и концентрации населения и хозяйственных объектов непосредственно на морских побережьях; (ii) преобладанием погружения суши со скоростью от 0,5 до 3 мм/год и, соответственно, увеличением влияния подъема относительного уровня моря по сравнению с глобально осредненными оценками; (iii) интенсивным отступанием сложенных лёссовидными породами береговых уступов, существенно усиленным оползнями и другими склоновыми процессами, а также разрушением береговых аккумулятивных форм рельефа, сложенных детритовым (ракушечным) песком; (iv) высокой чувствительностью естественных степных и луговых экосистем и еще более высокой чувствительностью антропогенно измененных экосистем к изменениям влажности почвы, подтоплению и другим процессам, связанным с подъемом уровня моря.

По степени устойчивости берега в изучаемом районе можно разделить на следующие категории: устойчивые, относительно устойчивые, неустойчивые, крайне неустойчивые.

Общая формула устойчивости морских берегов: $A = V \cdot (R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n)$, где V – индекс естественной устойчивости берега; R_n – различные влияющих на устойчивость факторы, такие как антропогенная нагрузка, степень переработки первичного рельефа, опасные геоморфологические процессы, протекающие на данном участке берега и т.д. [4].

По совокупности указанных выше показателей нами были выделены следующие участки наибольшего риска, связанного с ожидаемыми изменениями уровня моря и его косвенными последствиями: (1) Северо-западная часть Таманского полуострова, коса Чушка; (2) Южная часть Таманского залива, коса Тузла; (3) Восточное побережье

Керченского полуострова южнее косы Камыш-Бурун; (4) Северная часть Арабатского залива; (5) Коса Арабатская Стрелка.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-05-00296.

Литература

1. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment /Ed. by Houghton et al. N.Y. et al.: Cambridge Univ. Press. 1990. 365 p.
2. Selivanov A.O. Possible future coastal evolution of the north Black Sea and the Sea of Azov coasts under greenhouse-induced sea-level rise: Quantitative estimates of shoreline retreat and risk assessment analysis //Proc. Int. Conf. Coastal Change'95. Bordeaux: Bordomer-IOC, 1996. V.1. pp. 44–59.
3. Зенкович В.П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.
4. Каплин П.А., Селиванов А.О. Изменения уровня морей России и развитие берегов: Прошлые, настоящее, будущее. М.: ГЕОС, 1999. 299с.
5. Селиванов А.О. «Береговая катастрофа» на Азовском море: Миф или реальная угроза? М.: ГЕОС, 2001. 84 с.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ БИОМАССЫ ВОДОРΟΣЛЕЙ *CHLORELLA SP.* В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

О.С. Ермина

Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
oermina6@yandex.ru

Ключевые слова: био-нефть; водоросли; *Chlorella Sp.*; элементы; РФА; никель; минеральные фазы

В последние годы активно развивается разработка нетрадиционных источников углеводородного сырья. Было проведено множество работ по преобразованию водорослей различных типов в нефть. Изучались оптимальная температура гидротермального преобразования водорослей во [3–5], влияние катализаторов [1], увеличение выхода нефти за счет увеличения скорости нагрева [2], а также сравнивались выходы нефти из разных видов водорослей [5, 6]. В этих работах была показана возможность получения из биомассы водорослей смеси углеводородов, близкой по составу к природной тяжелой нефти или битуму.

В данной работе состав органики получаемых продуктов детально не изучался. Для смеси углеводородов, получаемых путем гидротермального воздействия на биомассу водорослей, используется термин «нефть». В качестве исходной биомассы в работе были использованы водоросли *Chlorella sp.* Данный тип органического вещества был выбран, так как водоросли в природе являются одним из основных типов органического вещества для нефтеобразования. *Chlorella sp.* является легкодоступным материалом, поскольку легко культивируется.

Цель работы – выявление закономерностей образования нефти из биомассы водорослей *Chlorella sp.* при гидротермальном преобразовании, а также изучение распределения элементов в системе вода–биомасса–нефть.

Были проведены эксперименты по гидротермальному преобразованию водорослей *Chlorella sp.* Определялось влияние продолжительности экспериментов, минеральных фаз и растворов на выход и состав нефти, а также изучался элементный состав нефти и водорослей *Chlorella sp.* Всего было проведено 22 эксперимента, нефть восьми из них анализировалась рентгенофлуоресцентным методом на приборе Niton FXL-950. Все эксперименты проводились в Лаборатории экспериментальной геохимии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Опыты проводились при температуре 300°C и давлении насыщенного пара воды. Эти параметры были выбраны, исходя из предшествующей работы [7], в которой изучались параметры максимального выхода углеводородов при гидротермальном воздействии на породу.

Все эксперименты проводились в титановых автоклавах объемом 20 мл. Водный раствор и водоросли (в некоторых экспериментах с минеральными фазами) в виде таблеток помещались в автоклавы. Затем автоклавы закрывались и ставились в печь, нагретую до 300°C на определенное время (1, 3, 7 и 28 суток), после чего вынимались, охлаждались и вскрывались. Для экстракции нефти в автоклавы заливалось 5 мл гексана, затем их содержимое вымывалось дистиллированной водой. В делительной воронке органический

слой с гексаном отделялся от водной фазы. После испарения гексана определялась масса нефти. Затем в стаканы с нефтью сначала заливался сорокократный объем гексана и через сутки, все профильтровывалось через бумажный фильтр в бюксы, а остаток заливался хлороформом и также профильтровывался в другие бюксы. Далее экстракты упаривались при комнатной температуре под тягой и определялись количества мальтенов и асфальтенов. Всего было проведено 5 серий экспериментов (по 4-5 экспериментов в каждой) по гидротермальному преобразованию водорослей *Chlorella* Sp. Первая серия (С-1) была кинетической, вторая (С-3) – с различными минеральными фазами, третья (С-4) – с добавлением гематита и сульфата магния, четвертая (С-5) – с многоэлементным раствором для ICP-MS (ICP-MS-68A-A) Solution A и пятая (С-6) – с подкисленным раствором хлорида никеля.

Результаты показали, что время взаимодействия влияет на состав углеводородной фазы: доля мальтенов увеличивается, а асфальтенов – снижается. Также было показано, что минеральные фазы несколько уменьшают выход нефти, но в то же время они ускоряют процесс созревания нефти.

Изучение процесса сульфатредукции позволило сделать вывод, что при определенных концентрациях сульфат в присутствии гематита увеличивает выход нефти, а при превышении этих концентраций сульфатредукция препятствует нефтеобразованию. Была проведена серия экспериментов с многоэлементным раствором для исследования распределения химических элементов между водным раствором и углеводородной фазой. Анализ содержания элементов в продуктах эксперимента показал, что Zn, Ni, Fe, Ca, K, S и Cu распределяются в нефть. В биомассе водорослей *Chlorella* Sp. содержатся Zn, Fe, Ca, K и S. Следовательно, Ni и Cu переходят в нефть из раствора. Также была проведена серия экспериментов с подкисленным раствором хлорида никеля. Элементный анализ полученной нефти показал, что количество Ni в нефтях возрастает по мере увеличения добавляемого количества Ni в растворе.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 18-05-00818.

Литература

1. Anastasakis K., Ross A.B. Hydrothermal liquefaction of the brown macro-alga *Laminaria Saccharina*: Effect of reaction conditions on product distribution and composition // *Bioresource Technology* 102, 2011, pp. 4876–4883.
2. Bach Q.-V., Sillero M.V., Tran K.-Q., Skjermo J. Fast hydrothermal liquefaction of a Norwegian macro-alga: Screening tests // *Algal Research* 6, 2014, pp. 271–276.
3. Biswas B., Kumar A.A., Bisht Y., Singh R., Kumar J., Bhaskar T. Effects of temperature and solvent on hydrothermal liquefaction of *Sargassum tenerrimum* algae // *Bioresource Technology* 242, 2017, pp. 344–350.
4. Chen W.-T., Zhang Y., Zhang J., Yu G., Schideman L.C., Zhang P., Minarick M. Hydrothermal liquefaction of mixed-culture algal biomass from wastewater treatment system into bio-crude oil // *Bioresource Technology* 152, 2014, pp. 130–139.
5. Chiodo V., Zafarana G., Maisano S., Freni S., Urbani F. Pyrolysis of different biomass: Direct comparison among *Posidonia Oceanica*, Lacustrine Alga and White-Pine // *Fuel* 164, 2016, pp. 220–227.
6. Reddy H.K., Muppaneni T., Ponnusamy S., Sudasinghe N., Pegallapati A., Selvaratnam T., Seger M., Dungan B., Nirmalakhandan N., Schaub T., Holquin F.O., Lammers P., Voorhies W., Deng S. Temperature effect on hydrothermal liquefaction of *Nannochloropsis gaditana* and *Chlorella* sp. // *Applied Energy* 165, 2016, pp. 943–951.
7. Бычков А.Ю., Калмыков Г.А., Бугаев И.А., Козлова Е.В. Экспериментальные исследования получения углеводородных флюидов из пород баженовской свиты при гидротермальном воздействии // *Вестник Московского университета. Серия 4: Геология*, 2015, № 4, с. 34–39.

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИКА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ВТОРИЧНЫЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОЛЛЕКТОРА

В.А. Зайцев¹, Л.В. Панина²

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

¹ – v.zaitsev@mail.ru, ² – panina53@mail.ru

Ключевые слова: *геодинамика, месторождения нефти и газа, фильтрационные свойства*

Распределение зон повышенной трещиноватости и, как следствие, флюидной проницаемости зависит от современной геодинамической активности, которая часто проявляется в виде отраженных в рельефе новейших дислокаций, повышенных значениях теплового потока и сейсмичности. Разработка технологии обнаружения зон повышенной трещиноватости и проницаемости в осадочных бассейнах молодых и древних платформ, является главной целью данного проекта. 3D геодинамическое моделирование позволяет оценить деформационный процесс на количественном уровне. Опыт работ позволяет утверждать, что при разработке многих нефтяных и газовых месторождений необходимо учитывать наличие естественной трещиноватости продуктивных пластов. При этом возникает необходимость определить, какая доля флюидного потока будет фильтроваться по трещинам (вторичная проницаемость), а какая по межзерновым порам (первичная проницаемость классического коллектора). В том случае, если трещины имеют значительную густоту и степень раскрытости, их влияние может быть определяющим для величины флюидной проницаемости пласта. Соотношение первичной и вторичной проницаемости индивидуальны для каждого резервуара. Особо отметим, важность изучения именно современного поля напряжений, поскольку оно зачастую является наложенным. В данной работе оценка упругих и пластических деформаций было выполнено с помощью специализированного программного модуля RMSFracture компании ROXAR. Использование данной технологии позволило интегрировать разнообразную структурно-геологическую информацию, построить физически обоснованную дискретную модель трещиноватости, а затем методом двойного пространства спрогнозировать фильтрационно-емкостные свойства пород.

Рассмотрим примеры оценки вторичной проницаемости выполненную для различных типов месторождений. Начнем с оценки нефтегазового месторождения Северные Бузачи (Прикаспий) [1]. В результате выполненных исследований было установлено, что данное месторождение испытывает современное сдвиговое поле напряжений, с юго-восточной ориентировкой оси максимального сжатия. С помощью геомеханической модели, удалось установить восемь параметров, определяющих появление новых или изменение степени раскрытости существующих трещин. Используя данные параметры, была построена аналитическая модель трещиноватости, а затем сделан прогноз трещинной проницаемости.

Выполненное сопоставление полученных данных с добычными характеристиками 220 скважин позволило установить, что трещинная проницаемость вносит заметно больший вклад в общую проницаемость, чем поровая. Отметим, что данные, полученные методом двойного пространства с учетом эффективной мощности пластов, имеют довольно высокий коэффициент корреляции с максимальными дебитами нефти – $K=0.6$. Это обстоятельство

свидетельствует в пользу достоверности предложенной модели трещиноватости и, следовательно, оценки вторичной флюидной проницаемости горных пород.

Даниловское нефтегазоконденсатное месторождение (Иркутская область) относится к сложным структурам, где наблюдаются резкие изменения дебитов, близко расположенных друг от друга скважин. Выявленная взаимосвязь между геодинамическими параметрами и характером работы скважин позволяет предположить, что для данного месторождения вторичная (трещинная) пористость и проницаемость является весьма значимой, а значит недоучет данного параметра может привести к серьезным ошибкам при разработке залежи. Таким образом, эффективные фильтрационно-ёмкостные свойства коллектора данного месторождения представляют собой «сумму» первичной и вторичной пористости и проницаемости.

Ключевым моментом для понимания характера миграции флюидов в пределах восточной части Даниловского месторождения являются разрывные нарушения, которые, с одной стороны, являются гидрогеологическими барьерами, определяющими положение ВНК, с другой стороны, создают каналы миграции углеводородов. Исследование фильтрационных потоков, выполненное методом закачки меченых жидкостей, позволило установить главные каналы миграции, однако не объяснило причину их появления. Построенная карта вторичной проницаемости позволила более адекватно объяснить местоположение и пропускную способность этих каналов.

Сложное тектоническое строение шельфа Охотского моря, высокая геодинамическая активность и присутствие ловушек неантиклинального типа в продуктивных комплексах, обуславливают необходимость использования специальных технологий для изучения вторичных фильтрационно-ёмкостных свойств коллекторов. На примере Киринского, Аяшского и Восточно-Одоптинского участка лицензионных блоков была реализована технология оценки вторичной флюидной проницаемости горных пород [2]. В результате исследований было установлено, что вклад значений вторичной проницаемости в полную (или эффективную) проницаемость у разных стратиграфических подразделений неодинаков. Так, например, в комплексе пород фундамента мелового возраста предполагается присутствие кавернозно-трещинного резервуара, для которого вторичная проницаемость равна полной. Для эоцена – позднеолигоценового мацитарско-даехурийского комплекса, обладающего трещинно-поровым резервуаром, вклад вторичной проницаемости при оценке эффективной, преобладает и, следовательно, площади с высокими значениями вторичной проницаемости являются перспективными для поиска месторождений нефти и газа. В залегающих выше отложениях ранне-среднемиоценового комплекса, также характеризующихся трещинно-поровым коллектором, составляющая вторичной проницаемости становится меньше. Для преимущественно терригенных отложений верхнего миоцена-плиоцена, обладающих поровым резервуаром, роль вторичной проницаемости существенно ниже, тем не менее, ее необходимо учитывать.

Освоение ресурсов углеводородов сланцевых формаций является одним из перспективных направлений развития современной мировой нефтегазовой отрасли. Отличительной особенностью сланцевых коллекторов является то, что углеводороды находятся в рассеянном состоянии в породах с очень низкой первичной проницаемостью.

В пределах центрального и восточного Предкавказья трещиноватость пород хадумской свиты оказывает существенное влияние на степень её проницаемости, которая определяется типом отложений, степенью их нарушенности и полем тектонических напряжений [3]. 3D геодинамическая модель изучаемой территории позволила выполнить оценку вторичной проницаемости пород хадумской свиты, являющейся нефтематеринской толщей. Выявленные участки повышенных значений проницаемости являются наиболее благоприятными для добычи сланцевой нефти и газа.

Литература

1. *Зайцев В. А.* Использование геомеханической модели нефтегазового месторождения для оценки вторичной проницаемости // Тезисы научно-практической конференции "Проблемы разработки нефтяных месторождений в условиях сильных пластовых и флюидальных неоднородностей. Тюмень, 2015. С. 1–2.
2. *Зайцев В. А., Керимов В. Ю., Рябухина С. Г., Бондарев А. В.* Современная геодинамика и ее влияние на вторичные фильтрационные свойства коллекторов северо-восточной части Сахалинского шельфа // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. М.: МГУ, 2017. № 5. С.16–23.
3. *Керимов В. Ю., Мустаев Р. Н., Дмитриевский С. С., Зайцев В. А.* Оценка вторичных фильтрационных параметров низкопроницаемых сланцевых толщ майкопской серии центрального и восточного Предкавказья по результатам геомеханического моделирования // Нефтяное хозяйство. М., 2016. № 9. С.18–21.

ЭВОЛЮЦИЯ И СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ИНДОЛО-КУБАНСКОГО ПРОГИБА

В.А. Зайцев¹, Л.В. Панина²

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

¹ – v.zaitsev@mail.ru, ² – panina53@mail.ru

Ключевые слова: *структурно-геоморфологический анализ, кривые погружения, back-stripping, тектонические движения, разрывы*

Район исследования охватывает Западно-Кубанскую часть обширного предгорного Индоло-Кубанского прогиба, прослеживающегося из юго-восточной части Крыма через Азовское море в Западное Предкавказье. Границей между западной, Индольской частью прогиба, и восточной, Западно-Кубанской, служит субмеридиональный Керченско-Таманский разлом. Западно-Кубанская впадина на юге граничит с орогеном Большого Кавказа по Ахтырскому глубинному разлому, выраженному в рельефе взбросом, на севере ее границей с Тимашевской ступенью является Новотиттаровский (Тимашевский) разлом. Восточным ограничением впадины является субмеридиональный разлом, отделяющей ее от Майкопского (Адыгейского) выступа, а на западе она раскрывается в Азовское море.

В рельефе это равнина с абсолютными отметками от 0 до 200 м, понижающимися в сторону Азовского моря. Впадина наследует Славяно-Рязанский прогиб, палеозойский фундамент которого залегает более чем 11,5 км. Глубинная структура осложнена в центральной части Анастасьевско-Краснодарской антиклиналью и Шапсугско-Апшеронским валом на востоке.

В строении участвуют многокилометровые отложения мезозоя и кайнозоя. Кайнозойские отложения представлены нижней тонкой молассой олигоцен-нижнемиоценового (майкопского) возраста и верхней грубой среднего миоцена-квартера. Мощность молассовых образований в центральной части впадины составляет более 6 км. По геолого-геофизическим данным зафиксировано ступенчатое погружение подошвы майкопских (олигоцен-нижнемиоценовых) отложений от 2 км на востоке до 6 км и более на западе.

С целью изучения эволюция Западно-Кубанской впадины и ее современного строения были проведены структурно-геоморфологические исследования в комплексе с анализом кривых тектонического погружения (subsidence curves), построенным по скважинам с применением так называемого метода back-stripping. Этот метод позволил оценить амплитуды тектонических движений как за отдельные промежутки времени геологической истории, так и за весь новейший этап, что было использовано при построении карты новейшей тектоники, а также показать эволюцию развития Западно-Кубанской впадины в целом и осложняющих ее частных структур. Привлекались также существующие на сегодняшний день геолого-геофизические материалы, результаты тектонофизического моделирования. На кривых тектонического погружения отчетливо видно, что начиная с олигоцена, на южной окраине Скифской плиты перед фронтом растущего горного сооружения Большого Кавказа происходило заложение единого Предкавказского прогиба, простирающегося от Черного до Каспийского морей. В дальнейшем, в ходе эволюции

произошла дифференциация и усложнение его структурного плана, что привело к оформлению Западной части Кубанского прогиба в отдельную структуру – Западно-Кубанскую впадину, которая в позднем миоцене (меотисе–понтe) отделилась от Восточно-Кубанской.

После кратковременного снижения скорости прогибания вплоть до поднятия территории на рубеже раннего и среднего миоцена (тархан–конк), в течение чокрака–карагана область Западно-Кубанской впадины испытывает прогибание, а начиная с сармата и, особенно, в позднем сармате скорости прогибания усиливается. В позднем миоцене (меотисе–понтe) темп прогибания в центральной части впадины сокращается, в то время как область на востоке (Восточно-Кубанская впадина) втягивается в поднятие. В плиоцене–антропогене темп прогибания усиливается и Западно-Кубанская впадина приобретает современные очертания. Ранее было показано, что импульсы замедления прогибания или поднятия хорошо коррелируются с фазами сжатия Большого Кавказа [1].

Позднеорогенная структура Западно-Кубанской впадины представляет собой сочетание частных поднятий и впадин разного ранга и амплитуды, осложненных линеаментами и разрывами субмеридиональной и субширотной ориентировок, описанных ранее [4]. Максимальные амплитуды новейших тектонических движений (с позднего сармата по квартал), определенные с помощью back-stripping анализа, достигают 1500 м и приурочены к юго-западной области, пограничной с Азовским морем [2]. Особенностью современного строения Западно-Кубанской впадины является «ступенчатость» как в широтном (с юга на север), так и в меридиональном (с востока на запад) направлении, которая выражается в рельефе в виде поднятых и опущенных относительно друг друга блоков равнинного рельефа, испытывающих знакопеременные движения, начиная, по крайней мере, со среднего миоцена [4]. Разновысотные ступени отделяются протяженными зонами разрывов, трещиноватости пород или, как их часто называют, линеаментами или «слабыми зонами» (термин Н.П. Костенко) субширотного и субмеридионального простирания. Эти зоны наследуют более древние дислокации, затрагивая глубинные комплексы как самой Западно-Кубанской впадины, так и пересекают горное сооружение Большого Кавказа. Среди субмеридиональных выявленные нами ранее (с запада на восток) Усть-Кубанская, Новороссийская, Дивноморская, Краснодарская, Новомихайловская, Усть-Лабинская и Майкопская, которые можно интерпретировать как раздвиги и сбросы со сдвиговой составляющей, что подтверждено тектонофизическим моделированием [3]. Многие из них коррелируют с разломами фундамента.

Современная структура Западно-Кубанской впадины формируется в едином поле напряжений с орогеном Большого Кавказа на фоне его роста, при этом оси сжатия имеют северо-восточное простирание, вследствие чего реанимируются древние и образуются новые дислокации. На активизацию деформаций указывают такие геодинамические процессы, как горизонтальные и вертикальные движения, сейсмичность, повышенные значения эндогенного теплового потока, особенно на востоке впадины. Установлена корреляция новейших дислокаций с местоположением месторождений нефти и газа.

Литература

1. *Mikhailov V.O., Panina L.V., Polino R., Koronovsky N.V., Kiseleva E.A., Smolyaninova E.I.* Evolution of the North Caucasus foredeep: constraints on the analysis of subsidence curves // *Tectonophysics*. Elsevier BV, 1999. № 307. P. 361–379.
2. *Panina L.V.* Modern structural pattern of the Scythian Plate // *Moscow University Geology Bulletin*. Allerton Press, INC, 2009. V. 64. № 1. P. 21–29.
3. *Zaitsev V.A., Zlatopolsky A.A., Panina L.V.* Modern Topography of the Scythian Plate as Evidence for Deformations in the Crystalline Basement // *Moscow University Geology Bulletin*. Allerton Press, INC, 2013. V.68. № 6. P. 339–344.
4. *Костенко Н.П., Панина Л.В.* Позднеорогенная структура Предкавказья // *Вестник МГУ. Сер. 4. Геология*. М.: МГУ, 2001. № 1. С.11–20.

ОПАСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВАСТОПОЛЯ

В.В. Зорина

Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Севастополь
victoria.zorina10@gmail.com

Ключевые слова: рельеф, опасные процессы, морфометрический анализ, ГИС-технологии, природопользование

Зачастую человек, преобразуя территорию для формирования системы природопользования, не старается учесть ее особенности, что потом может негативно сказаться не только на облике района, но и оказывать влияние на жизнь и безопасность человека. Грамотный анализ этих особенностей способен подсказать, как будет вести себя выбранная территория при трансформации и использовании. Особое внимание следует уделять рельефу.

Рельеф – это один из главнейших факторов, обуславливающих ландшафтную дифференциацию территории и определяющих потенциальную структуру категорий земель. Он играет огромное значение в формировании внешнего облика территории: как природные процессы, изменяющие рельеф, так и преобразования, осуществляемые человеком, делают его неповторимым [1].

Из-за разнообразия форм рельефа на территории Большого Севастополя, существенную долю всех природных катастроф представляют именно геолого-геоморфологические опасности региона. Среди них стоит выделить: гравитационные процессы (обвальные, осыпные, оползневые), абразия, карст, селевые потоки, землетрясения и другие [2]. Это послужило основой для выделения инженерно-географических районов. Также при районировании учитывались морфометрические характеристики рельефа: углы наклона поверхности, экспозиция склонов, индекс пересеченности, расчлененность рельефа и многие другие.

Морфометрический анализ проведен с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР) и модулей обработки модели в ГИС. Технологии географических информационных систем значительно обогатили инструменты морфометрического анализа, особенно на основе детальных топографических данных, позволяющих строить качественные цифровые модели рельефа (ЦМР). Развитие инструментария морфометрического анализа обуславливается потребностями структурно-геоморфологического картографирования, которые формализуются при наличии качественных топографических данных, позволяющих проводить анализ характеристик рельефа, обобщать характеристики для выявления типовых форм и типологического районирования рельефа территории [3].

Также применение ГИС дало толчок к развитию современной объяснительной морфометрии рельефа, которая ориентирована на раскрытие связей количественных характеристик рельефа с его происхождением. Для полноты представления о уже осуществляемой деятельности, в прибрежных районах Севастопольского региона были выделены и проанализированы следующие типы природопользования: горнопромышленное наземное, водоснабженческое, автодорожное, лесохозяйственное,

охотопромысловое морское, транспортно-морское, селитебное, культурно-мемориальное, спортивно-оздоровительное, лечебно-курортологическое, рекреационное, водоохранное, природоохранное, специальное [4].

Природопользование прибрежных районов требует комплексного подхода к рассмотрению его различных аспектов, в том числе необходимо учитывать особенности формирования рельефа (географический аспект природопользования). В соответствии с выделенными инженерно-географическими районами была проведена оценка целесообразности осуществления деятельности человека в их пределах.

Литература

1. Зворыкин К.В. Географическая концепция природопользования / К.В. Зворыкин // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1993. №3. С. 3–15.
2. Макеев В.М., Карфидова Е.А., Макарова Н.В. Инструментальный блок морфометрического анализа в модели структурно-геоморфологического картографирования (на примере Островецкого района Беларуси) // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений: материалы VIII Университетских геологических чтений, Минск, 2014. С. 82.
3. Новиков А.А., Каширина Е.С., Белоконь В.В. Геолого-геоморфологические опасные процессы как факторы угроз для особо охраняемых природных территорий г. Севастополя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа. 2014. № 29. С. 61–70.
4. Симонов Ю.Г. Объяснительная морфометрия рельефа: учебное пособие / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Москва, 1999. 263 с.

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ СОПОСТАВЛЕНИЯ «ПОРИСТОСТЬ–ГЛИНИСТОСТЬ» ТЕРРИГЕННЫХ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

К.К. Измайлов

ikka36@mail.ru

Тюменский индустриальный университет

Научный руководитель работ, доцент ТИУ В.Г. Мамяшев

Глинистость – одна из наиболее существенных характеристик, оказывающая влияние на фильтрационно-емкостные и физические (петрофизические) свойства осадочных горных пород. Присутствие глинистого материала ухудшает фильтрационно-емкостные свойства пород: уменьшает пористость и проницаемость и приводит к увеличению остаточной водонасыщенности. Глинистые минералы обладают высокой удельной поверхностью, что определяет их высокую адсорбционную способность и обуславливает влияние глинистости на такие петрофизические характеристики горных пород, как удельное электрическое сопротивление (поверхностная проводимость), естественная электрохимическая, фильтрационная и вызванная электрохимические активности, естественная радиоактивность, а также – нейтронные характеристики пород.

Целью данной работы является выявление основных закономерностей влияния глинистости на пористость пород, слагающих разрез Западно-Сибирской равнины и оценки применимости известных моделей сопоставлений «глинистость-пористость».

Первые представления о взаимосвязи пористости и дисперсной глинистости были сформулированы В.Н. Кобрановой в 1962 г. на основании экспериментальных данных, полученных В.В. Охотиным ещё в 30-ые годы. Эти представления послужили основой для дальнейшего моделирования глинистости осадочных горных пород. В частности, В.Н. Дахновым (1975 г.) было представлено эмпирическое уравнение, описывающее эти экспериментальные данные. На нем $K_{п.гл}=0$, и $K_{п.гл}$ – коэффициенты пористости «чистой» не глинистой породы и «чистой» глины; $K_{гл}^*$ – коэффициент объемной глинистости, включающий объем пор глины.

Развитие этой модели для дисперсной, слоистой и агрегатной глинистости рассматривались Б.Ю. Вендельштейном (1966 г.), в т.ч. в соавторстве с Костериной (1998 г.), а также Р.А. Резвановым (2002 г.) и другими отечественными специалистами. В итоге были введены понятия относительной глинистости – $\eta_{гл}=K_{гл}/(K_{гл}+K_{п})$ и относительной доли глинистых прослоев $\chi_{гл}=\Sigma h_{гл}/h_{общ}$ в толщине слоистой пачки (где $h_{гл}$ – толщины глинистых прослоев, $h_{общ}$ – общая толщина слоистой пачки). Был обоснован вид модели сопоставления « $K_{п}-K_{гл}$ » для слоистой пачки и идентичность этой модели для случая агрегатной глинистости.

Подобные исследования проводились и зарубежными специалистами. Отметим палетку «Томаса–Штибера» – сопоставления пористости и глинистости (porosity–clay volume), предложенной в 1975 году американскими специалистами Е.С. Thomas, S.J., Stieber. Она построена для конкретного объекта с параметрами $K_{п.ч}=34\%$, и $K_{п.гл}=16\%$.

При этом предложенная палетка нарушает условие материального баланса, согласно которому сумма объемов твердой фазы ($V_{тф}$) и порового пространства пород ($V_{п}$) не может превышать объем породы (V). Кроме того, выделенная на ней область агрегатно-слоистой глинистости противоречит очевидным физическим представлениям о прочностных свойствах глинистых агрегатов, позволяющих, по мнению авторов палетки, обеспечить пористость пород до 40–45%.

Для решения рассматриваемой задачи были обобщены результаты петрофизических исследований керна (более 4100 образцов), охватывающие породы всего осадочного чехла Западной Сибири. Было сформировано 11 выборок данных, представляющих 200 метровые интервалы разрезов в интервале от 800 и до 3000 метров. Результаты выполненных сопоставлений и анализ их позволили установить основные характеристики пород разреза и закономерности модели «пористость–глинистость».

Пористость чистых пород сверху–вниз по рассматриваемому разрезу уменьшается от 40–42 % до 20–22%; пористость «чистых» глин меняется от 24% до 7% соответственно. Минимальная глинистость пород находится в пределах от 1,5% до 2% не зависимо от глубины залегания пород, максимальные значения её составляют 60–70% и несколько уменьшаются с ростом глубины залегания пород.

При низких значениях глинистости ($K_{гл}$ около 5%), преимущественное влияние на пористость пород оказывает степень сортировки зерен породы. При этом пористость «чистых» не глинистых пород может снижаться в 2–2,5 раза от максимальной величины её.

Обоснованы параметры следующих моделей глинистости осадочных пород: а) дисперсной, с распределением глинистого материала внутри порового пространства (между зерен породы), описываемой величиной пористости скелета ($K_{п.ск.} = K_{п.гл} K_{п.}$); б) дисперсной, с распределением глинистого материала на участках контактов зерен скелета породы (с межконтактной глинистостью) приводящей к увеличению пористости скелета; в) дисперсной, со смешанным характером распределения глинистого материала как в межзерновом пространстве, так и на контактах зерен; г) слоистой глинистости, свойства которой определяются вариациями толщины прослоев «глин» и «песчаников».

Обосновано понятие «базальной» глинистости и соответствие её минимальным значениям пористости глинистой породы.

Обоснован диапазон граничной глинистости коллекторов, продемонстрированы возможности её определения.

Выявленные особенности модели глинистости позволяют повысить достоверность петрофизического моделирования при геологической интерпретации материалов ГИС.

МЕТОД КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ЦЕЛЬЮ АНАЛИЗА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ВОЛГОГРАДСКОГО УЧАСТКА

Р.И. Камалеева, О.В. Крылов

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

kamaregina@yandex.ru

Ключевые слова: *комплексирование, аэрогравиметрическая съемка, аэромагнитная съемка, сейсмические данные, перспективы нефтегазоносности.*

Исследование неизведанных территорий нашей страны началось еще в середине прошлого столетия, и к настоящему моменту подробно изучены практически все нефтегазоперспективные площади России. В связи с этим основные геологические задачи необходимо решать не в направлении накопления новой информации, а в направлении дальнейшего более углубленного изучения уже имеющихся данных. Важно подчеркнуть, что совместное использование геологических и геофизических данных сильно повышает достоверность прогнозирования основных перспективных структур нефти и газа. Комплексирование сейсморазведки с другими геофизическими методами является эффективным решением такого рода задач.

Целью работы является выявление перспектив нефтегазоносности подсолевых отложений северо-западного борта Прикаспийской впадины путем комплексной интерпретации данных аэрогравиметрической и аэромагнитной съемок совместно с данными сейсморазведки 2D и 3D. Предметом для прогноза размещения залежей УВ является территория, принадлежащая Волгоградскому участку.

Территория участка в региональном тектоническом плане располагается в пределах Прикаспийской впадины, и только небольшая западная часть площади находится в зоне сочленения её с юго-восточным окончанием Восточно-Европейской платформы. Район работ характеризуется сложным геологическим строением (наличие крупных тектонических элементов с неодинаковой историей развития и активный соляной тектогенез) [1]. Осадочный чехол разделяется на три структурных этажа: подсоловой, соленосный и надсоловой. На Волгоградском участке в качестве наиболее перспективных выделены следующие нефтегазоносные комплексы палеозоя: средне- верхнедевонский; визейско-башкирский; нижнепермский карбонатно-сульфатный и карбонатный.

Одним из направлений ведения поисково-разведочных работ являются литолого-стратиграфические ловушки, но основные перспективы нефтегазоносности района работ связаны с рифогенными постройками, которые были намечены по данным 2D-сейсморазведки. Но в пределах рифогенных объектов обычно не наблюдается четких отражающих границ по сейсмическим данным. Волновая картина часто размытая. В таких условиях альтернативой сейсмическим атрибутам могут стать аномалии полей, полученные по данным гравиметрической и магнитной съемок.

Данные 2D-сейсмических профилей сопоставлялись с картами гравиметрических и магнитных аномалий. Были проведены структурные построения по основным отражающим горизонтам, характеризующим подсолевой комплексы отложений: P_{1ar} ; C_{2b1} ; C_{1bb} ; D_{3fm} .

В пределах каждого структурного этажа выделены перспективные структурные и неструктурные объекты, произведено ранжирование объектов по достоверности, определены основные направления геологоразведочных работ.

Литература

1. *Алешин В.М., Ермаков В.А.* О природе бортового уступа Прикаспийской впадины // Геология нефти и газа. М., 1975.

МЕТОД ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ ДЕСТРУКТИВНЫХ ЗОН ЛИТОСФЕРЫ

А.А. Каримова^{1,2}, С.А. Борняков¹

¹-ФГБУН Институт Земной коры СО РАН

²-ФГБОУ ВО Иркутский Государственный Университет
(tarasova2712@gmail.com)

Ключевые слова: *физическое моделирование, разлом, разломообразование, деформации, зона сдвига*

Различные вопросы разломообразования изучаются уже довольно давно. Если говорить об исследовании деструктивных зон литосферы (ДЗЛ), то общие представления о закономерностях их развития представлены в серии экспериментальных работ [7, 9, и др.].

Что касается выяснения закономерностей динамики деформационного развития отдельных разрывов в ДЗЛ и определяющих их факторов, то на сегодняшний день разработка этих вопросов находится в начальной стадии [1, 2]. На сегодняшний день изучение деформационной динамики деструктивных зон посредством инструментальных наблюдений за конкретными активными разломами малоперспективно из-за большой длительности их развития, не достаточного уровня приборной базы и ряда других объективных причин, в связи с чем, для получения необходимой информации предпочтительно использование разных видов моделирования [3, 4, 8].

Выполнено физическое моделирование процесса формирования деструктивной зоны сдвига и проведено детальное исследование деформационной динамики составляющих её внутреннюю структуру систем разрывов с целью выяснения условий и механизмов избирательной активизации и изучения волновой динамики деформаций в крупной сдвиговой зоне. При моделировании использовалась стандартная процедура подготовки и проведения экспериментов, описанная в [3]. В качестве модельного материала была использована водная паста монтмориллонитовой глины, реологические свойства которой детально изучены и описаны в специальном издании [6]. Эксперименты по моделированию процессов формирования ДЗЛ проведены с соблюдением условий подобия [5, 8].

На основе результатов экспериментов, включающих несколько серий экспериментов с разными граничными условиями, проведено исследование деформационной динамики внутренней разрывно-блоковой структуры сдвиговых зон, формирующихся в упруго-вязко-пластичных моделях литосферы.

По результатам обработки и интерпретации результатов получены следующие выводы: 1) Каждый отдельный разрыв в сдвиговой зоне имеет изменяющуюся по простиранию сегментную деформационную активность, причиной которой является разная деформационная динамика деформаций в смежных с ним блоках, обусловленная транзитными медленными деформационными волнами. 2) Деформационная эволюция внутренней разрывно-блоковой структуры сдвиговой зоны происходит в виде периодического процесса, представленного разномасштабной временной последовательностью: стадии-этапы-периоды-единичные вариации. 3) Деформационные

волны, зарождающиеся за пределами сдвиговой зоны в виде локализованных фронтов, входят в зону разлома и по мере движения по ней распадаются на серию отдельных волновых фрагментов, перемещающихся блокам с разной скоростью. Рассогласованность по времени перемещений фрагментов деформационной волны в смежных блоках порождает сложную динамику разнонаправленных смещений на межблоковом разрыве. 4) Пространственно-временная динамика деформационных волн в сдвиговой зоне определяется степенью развития ее внутренней разрывно-блоковой структуры, уровнем накопленных в ней напряжений, вязкостью модельного материала и скоростью его деформирования.

Литература

1. Борняков С.А., Семенова Н.В. Диссипативные процессы в зонах разломов (по результатам физического моделирования) // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 6. С. 862–870.
2. Борняков С.А., Семинский К.Ж., Буддо В.Ю., Мирошниченко А.И., Черемных А.В., Черемных А.С., Тарасова А.А. Основные закономерности разломообразования в литосфере (по результатам физического моделирования) // Геодинамика и тектонофизика. 2014. Т. 5. № 4. С. 823–861.
3. Борняков С.А., Трусков В.А., Черемных А.В. Диссипативные структуры зон разломов и критерии их диагностики (по результатам физического моделирования) // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 2. С. 179–187.
4. Быков В.Г. Деформационные волны Земли: концепция, наблюдения и модели // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 11. С. 1176–1190.
5. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука. 1975. 536 с.
6. Семинский К.Ж. Внутренняя структура континентальных разрывных зон: тектонофизический аспект. Новосибирск: Изд-во «ГЕО». 2003. – 244 с.
7. Семинский К.Ж. Структурно-механические свойства глинистых паст как модельного материала в тектонических экспериментах. Иркутск. 1986. 130 с.
8. Шерман С. И. Физический эксперимент в тектонике и теории подобия // Геология и геофизика. 1984. № 3. С. 8–18.
9. Шерман С.И., Семинский К.Ж., Борняков С.А. и др. Разломообразование в литосфере: зоны сдвига. Новосибирск: Наука. 1991. 261 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОБРАЩЕНИЯ ПОЛНОГО ВОЛНОВОГО ПОЛЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В ВЯЗКОУПРУГИХ СРЕДАХ

А.В. Кириленко

ИНГГ СО РАН

alexkirnsu@gmail.com

Ключевые слова: *прямое моделирование в вязкоупругой среде, обратная задача сейсмологии, обобщенная модель стандартного линейного твердого тела, тау-метод, добротность*

Лабораторные и натурные эксперименты, в том числе полевые наблюдения, свидетельствуют о наличии поглощения сейсмических волн. Оно вносит значительный вклад в особенности формирования и распространения сейсмических волновых полей. Фундаментальный закон Крамерса–Кронига гласит о том, что наличие поглощения неизбежно влечет за собой дисперсию волнового пакета для любого физически реализуемого процесса, который удовлетворяет принципу причинности. В следствие этого, игнорирование поглощения влечет за собой некорректное описание наблюдаемых волновых полей. Таким образом, без учета поглощения становится невозможным корректное решение обратной задачи в случае реальных данных, поскольку они содержат поглощение/дисперсию волновых полей.

На данный момент разработано множество реологических моделей, которые учитывают поглощение в вязкоупругих средах. Наиболее популярными являются такие модели, как модель Кольского–Футтермана [1, 2], модель Кельвина–Фойгта [3], модель стандартного линейного тела (SLS) [4], а также ее обобщение (GSLS) [5]. Эффекты поглощения и рассеяния обычно характеризуются величиной добротности Q . Неформально величину добротности можно определить как количество длин волн за которое амплитуда сейсмической волны уменьшится в $e-\pi$ раз. В статье [6] было показано, что добротность не зависит от частоты (в случае низких частот 1–200 Гц). Следствием данного факта является дисперсионное соотношение, полученное в статье [2]. Это соотношение является базовым в ходе прямого моделирования.

В данной работе проведен анализ возможности реконструкции функции добротности Q и соответствующих ей параметров вязкоупругой модели по зарегистрированным волновым полям. Описание поглощения в среде проводится на основе одной из наиболее популярных реологических моделей, а именно модели обобщенного стандартного линейного твердого тела (General Standard Linear Solid - GSLS). Проведенные численные эксперименты основаны на применении модификации тау-метода, приведенного в статье [7]. Данная модификация позволяет увеличить точность моделирования добротности Q , а сам тау-метод [8] позволяет снизить требуемые вычислительные ресурсы. Восстановление функции добротности сводится к решению обратной задачи сейсмологии в линеаризованной постановке, которая исследуется на основе изучения сингулярного спектра матрицы, аппроксимирующей данный оператор. В данной работе решение обратной задачи осуществляется на основе с помощью метода обращения полного волнового поля [9],

который является одним из наиболее эффективных инструментов, позволяющих с высокой точностью восстанавливать параметры среды в сложных геологических структурах путем пошаговой минимизации невязки между синтетическими и наблюдаемыми данными.

В работе продемонстрированы результаты численных экспериментов на модельных данных, которые подтверждают работоспособность и эффективность разработанного численного алгоритма.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда, проект 17-17-01128.

Литература

1. Ben-Menahem, A., Singh, S., Seismic waves and sources, Springer-Verlag, New York, 1981.
2. Blanch J., Robertsson O., and Symes W. Modeling of a constant Q: Methodology and algorithm for an efficient and optimally inexpensive viscoelastic technique // Geophysics. 1995. V. 60. P. 176–184.
3. Carcione, J. M., Kosloff, D., Kosloff, R., Wave propagation simulation in a linear viscoacoustic medium, Geophysical Journal International, 1988. V. 93(2), P. 393–401.
4. Casula, G., Carcione, J., Generalized mechanical model analogies of linear viscoelastic behaviour, Bollettino di geofisica teorica ed applicata, 1992. XXXIV (136).
5. Futterman, W., Dispersive body waves, Journal Geophysical Research, 1962. V. 67. P. 5279–5291.
6. Hestholm S., Ketcham S., Greenfield R., Moran M., McMechan G. Quick and accurate Q parameterization in viscoelastic wave modeling // Geophysics. 2006. V. 71. P. 147–150.
7. Kolsky, H., The propagation of stress pulses in viscoelastic solids, Philosophical Magazine, 1956. V. 1. P. 693–710.
8. McDonal F.J., Angona F.A., Mills R.L., Sengbush R.L., van Nostrand R.G., White J.E. Attenuation of shear and compressional waves in Pierre shale // Geophysics. 1958. V. 23. P. 421–439.
9. Virieux, J., Operto, S., An overview of full waveform inversion in exploration geophysics, Geophysics, 2009. V. 74 (6). P. WCC1–WCC26.

СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕРАКЛЕЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА

А.В. Кирынина¹, Н.И. Косевич²

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

¹ – mi9292@yandex.ru, ² – nkosevich@gmail.com)

Ключевые слова: *неотектоника, структурно-геоморфологический анализ, Крым, Гераклейский полуостров, ГИС*

Информационные технологии уже давно начали применяться в различных областях человеческой деятельности. В том числе и в геологии уже давно используют автоматизированные методы исследований, что значительно ускоряет и повышает их качество, в особенности при совершении операций с большим количеством данных. Преимущества изучения земной поверхности с использованием ИТ очевидны. В связи с этим, в настоящее время активно совершенствуются и разрабатываются инновационные методы исследования и анализа, на основе использования геоинформационных систем. В области структурной геоморфологии и геологии также происходит стремительное развитие исследований, при помощи ГИС-технологий.

Цель – охарактеризовать структурно-геоморфологическое строение Гераклейского полуострова с помощью геоинформационных технологий. В ходе работы необходимо выполнить следующие задачи: (i) проанализировать геологические и тектонические материалы на район Гераклейского плато; (ii) провести анализ материалов по истории развития района Гераклейского плато; (iii) составить морфометрические карты района исследования; (iv) выявить основные морфометрические и морфологические характеристики района исследования.

Гераклейский полуостров расположен в пределах Предгорного Крыма на границе с Горным Крымом. В связи с этим в его строении участвуют, как отложения сильноскладчатого фундамента, так и несогласно перекрывающие их породы чехла.

Гераклейское плато разделено на меньшие блоки системами ортогональных и диагональных разломов. Главными среди них считаются разрывные нарушения северо-западного и северо-восточного простираний. Крупные субширотные сдвиговые деформации в районе Гераклейского плато практически отсутствуют.

Морфометрический метод основывается на том, что большинство новейших тектонических движений носят унаследованный характер. Таким образом, при подробном комплексном рассмотрении территории, становится возможным получить информацию о глубинных процессах и истории развития.

Результатом нашего исследования стало построение серии морфометрический карт на район исследования: гипсометрической, углов наклона, вертикального расчленения рельефа и густоты расчленения рельефа.

Анализ построенных карт показал, что распределение основных морфометрических характеристик рельефа Гераклейского полуострова четко отражает взаимосвязь с геологическим, тектоническим и неотектоническим строением данного региона.

АНТИЦИКЛОНЫ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЮГЕ РОССИИ

О.Ю. Коваленко

*Институт природно-технических систем
kovalenko_olga89@mail.ru*

Ключевые слова: антициклон, экстремальная температура воздуха, Североатлантическое колебание, типы событий Эль-Ниньо, Тихоокеанская декадная осцилляция, Атлантическая мультидекадная осцилляция, юг России

В работе проведен анализ изменений характеристик антициклонов и экстремальной температуры воздуха на юге России, обусловленных влиянием разных фаз Североатлантического колебания, Тихоокеанской декадной осцилляции и Атлантической мультидекадной осцилляции, а также разными типами событий Эль-Ниньо. Для этого привлекались следующие массивы данных за период 1950–2014 гг.: 4-е срочные (00, 06, 12 и 18 часов) данные о геопотенциальной высоте из реанализа NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996) с пространственным разрешением 2,5 град. широты на 2,5 град. долготы в квадрате 37,5–50° с.ш., 27,5–45° в.д.; среднесуточные данные наблюдений за температурой воздуха на 13 станциях юга России (Анапа, Армавир, Геленджик, Геническ, Измаил, Керчь, Краснодар, Одесса, Ростов-на-Дону, Симферополь, Сочи, Туапсе, Феодосия) из [1]; среднемесячные индексы климатических процессов из [2]. Такие параметры антициклонов, как частота, высота и площадь, были рассчитаны в соответствии с методикой [3]. В качестве характеристик экстремальной температуры воздуха (ЭТВ) использованы величины 5-го (P5) и 95-го (P95) процентилей внутрисезонных аномалий среднесуточной температуры воздуха [4] и число дней с экстремальной температурой. Проявления глобальных климатических процессов в исследуемых параметрах климата оценивались с помощью композитного анализа. Значимость композитов определялась по t- критерию Стьюдента.

Получены следующие результаты. Наиболее интенсивные проявления глобальных климатических процессов в параметрах антициклонов и экстремальной температуры воздуха на юге России обнаружены в холодный период года. Положительная фаза Североатлантического колебания и Тихоокеанской декадной осцилляции, относительно противоположной фазы, сопровождается статистически значимым увеличением частоты антициклонов и величин 5-го процентиля аномалий температуры. Типы Эль-Ниньо обуславливают существенные изменения частоты антициклонов и величин 5-го процентиля аномалий температуры в анализируемом регионе. Значимые проявления Атлантической мультидекадной осцилляции обнаружены лишь в экстремальной температуре воздуха. При этом положительная фаза этого климатического процесса сопровождается увеличением частоты экстремально низких температур.

Литература

1. Bardin M.Yu. and Polonsky A.B. North Atlantic oscillation and synoptic variability in the European–Atlantic region in winter // Izv. Atmos. Oceanic Phys. 2005. Vol. 41. P. 127–136.
2. KNMI Climate Explorer [Electronic materials]. Available: <https://climexp.knmi.nl>
3. Бардин М.Ю., Платова Т.В. Изменения порогов экстремальных значений температур и осадков на территории России в период глобального потепления // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2013. Т. XXV. С. 71–93.

4. European Climate Assessment & Dataset project [Electronic materials]. Available: <http://eca.knmi.nl>

ГРЯЗЕВОЙ ВУЛКАНИЗМ КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Е.В. Козлова^{1а}, О.В. Крылов, Н.В. Лубнина^{2а}, Е.А. Леушина^{1б}, А.Ю. Бычков^{2б}, Р.А.
Хамидуллин

¹- Сколковский институт науки и технологий (^{1а} - e.kozlova@skoltech.ru, ^{1б} - e.leushina@skoltech.ru)

²Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (^{2а} - natalia.lubnina@gmail.com,
^{2б} - andrewbychkov@rambler.ru)

Ключевые слова: грязевой вулканизм, органическое вещество, майкопская серия

Палеоген-неогеновая майкопская серия является одной из важнейших нефтематеринских толщ Черноморско-Каспийского региона. Нефтяные и газовые месторождения Терско-Каспийского и Азово-Кубанского нефтегазоносных бассейнов содержат майкопские флюиды, сгенерированные мощной (до 5-6 км) глинистой толщей морского генезиса. С этой же формацией связан и другой природный феномен – грязевой вулканизм, который, по словам И.М. Губкина, является «прямым признаком нефтегазоносности недр».

Одни из первых разрабатываемых нефтяных месторождений в Азербайджане – Беби-Эйбат и Лок-Батан, соседствуют с одноименными грязевыми вулканами, активными и по сей день.

Одна из достопримечательностей Керченско-Таманского региона – грязевой вулканизм, который стал популярным туристическим объектом в этих районах, в том числе обсуждаются и бальнеологические свойства глинистого материала вулканов.

Для изучения нефтеносных систем Черноморского региона грязевые вулканы являются неоценимыми помощниками. Продукты грязевого вулканизма несут информацию о строении нефтематеринской майкопской толщи и составе углеводородных продуктов, ею сгенерированных.

Нефтегазоносность акватории Черного моря в первую очередь, связана с нефтегенерирующей майкопской серией, занимающей основную часть осадочного разреза. В песчаных линзах майкопа открыто месторождение Субботина на Крымской континентальной окраине. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона поражают разнообразием морфологических форм. Грязевулканические глины имеют смешаннослойный состав, унаследованный от глин майкопа. В составе грязевулканической брекчии попадают обломки пород с содержанием органического углерода до 7÷10 вес. %. Специфической чертой органического вещества майкопских отложений является очень низкая степень зрелости и заниженный водородный индекс из-за адсорбционной способности минеральной матрицы. В составе майкопских нефтей выделены биомаркеры, помогающие в идентификации пластовых углеводородных флюидов.

Изучение Керченского-Таманского грязевого вулканизма было начато еще в 18 веке, но до настоящего времени его изучение актуально и информативно для понимания проблем, связанных с нефтяными системами Черноморского региона.

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСТРОВОВ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ СРЕДСТВАМИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ.

Н.И. Косевич, М.А. Новикова

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
nkosevich@gmail.com

Ключевые слова: *Острова Кандалакшского залива Белого моря, геология, геоморфология, ГИС-технологии*

Геоинформационные системы (ГИС) в настоящее время являются неотъемлемой частью при проведении геолого-геоморфологических исследований и представления их результатов. На базе ГИС-технологий проводится инвентаризация имеющихся данных на регион исследования, а затем обработка полученных полевых материалов и проведение тематического и пространственного анализа всей собранной информации. Таким образом, в нашем распоряжении оказывается огромный массив геолого-геоморфологической информации, которую стало возможным проанализировать средствами ГИС-технологий.

В нашей работе на примере акватории Кандалакшского залива Белого моря рассматриваются возможности использования ГИС для представления геолого-геоморфологической информации в графическом виде. Сбор геолого-геоморфологической информации происходил в ходе экспедиционных исследований на островах Кандалакшского залива Белого моря 2007–2018 гг.: контуры геолого-геоморфологических объектов, высотное положение объектов, ландшафтные характеристики, состав подстилающей поверхности и т.д. ГИС «Геология и геоморфология островов Белого моря» разрабатывается по двум направлениям: (i) сбор, экспертиза и подготовка к вводу картографических, литературных, архивных материалов и новых данных, собранных и представленных участниками проекта; (ii) создание специализированного программного обеспечения для ввода, редактирования и хранения картографической информации, построения цифровых моделей, создания карт рельефа островов и прилегающей материковой суши, а также рельефа дна акватории исследуемых участков, т.е. для визуализации данных.

Главным элементом в ГИС «Геология и геоморфология островов Белого моря» является карта с легендой, текстовым описанием и дополнительной информацией о картографируемых объектах. Карта представлена набором слоёв, которые накладываются один на другой. Каждый слой содержит определенный набор атрибутов: название слоя, экстенд слоя, активность и т.п.

Блок «География» содержит общую информацию об островах Белого моря и акватории Белого моря, представленной на обзорных картах. Основным источником являются топографические карты масштабов 1:50 000 – 1:1 000 000, батиметрические карты (масштаба 1:500 000 – 1 200 000).

Блок «Геология» включает в себя серию карт, отражающих тектоническую структуру, геологическое строение, геоморфологическое районирование акватории Белого моря и прилегающей суши.

Подблок «Геоморфология» содержит данные полученные в ходе полевых исследований на островах Белого моря, по которым построены крупномасштабные карты островов.

Подблок «Морфоструктура» содержит карты, построенные в ходе морфоструктурного анализа батиметрической и топографической карт на район исследования.

Дальнейшая обработка материалов на регион исследования производится в среде программного обеспечения ArcGis 10 фирмы ESRI. С помощью данного комплекса в едином картографическом масштабе можно визуализировать собранные данные (интерактивное представление данных), проведение анализа данных методом геообработки и редактирование этих данных (создание, обновление и поддержание геопространственной информации).

Применение современных методов геоинформационных технологий позволяет проводить мониторинговые исследования геологической среды с применением, как инструментальных, так и программно-технологических средств.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-35-00666

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН ПРИ РАССЕЯНИИ НА ОСОБЕННОСТИ РЕЛЬЕФА

А.Н. Котов, Р.А. Жостков, А.С. Нумалов

*Институт Физики Земли РАН
and250195@yandex.ru*

Сегодня в связи с необходимостью повышения эффективности разведывательных геофизических работ совершенствуются многие методы сейсморазведки как в части аппаратуры, так и методики проведения и обработки натурных измерений. Для повышения точности анализа получаемых данных необходимо изучение фундаментальных процессов, связанных с распространением геоакустических волн в сложно построенной неоднородной геофизической среде. В последние годы все большую популярность набирают технологии зондирования, связанные с применением поверхностных волн [1, 7]. Поскольку целью применения геофизической разведки является определение неоднородной структуры геофизической среды, то основная масса научных работ, например, [6–8] связана с изучением именно этого вопроса. Не только физическая неоднородность исследуемой среды искажает поле поверхностных волн, но и геометрические особенности вносят свой вклад, однако исследованию этой проблемы посвящено гораздо меньше научных исследований [4, 5], результаты которых лишь в некоторых случаях могут использоваться при обработке реальных полевых данных. Поэтому данное исследование является актуальным.

Результаты настоящей работы получены с использованием численного моделирования методом конечных элементов в программном комплексе Comsol Multiphysics 5.3a [2]. Спроектирована универсальная двумерная модель для расчета поля поверхностных акустических волн (ПАВ), распространяющихся вдоль криволинейных границ произвольной формы. В этой модели реализован алгоритм автоматического построения расчетной сетки, обеспечивающей как достаточную точность расчетов (ошибка менее 0,5 %), так и высокую скорость вычислений для различных параметров модели. В качестве локальной особенности рельефа исследовалась гауссоида с характерным горизонтальным размером s и различными вертикальными размерами (от 0,17 до 1 s).

Численное моделирование позволило определить коэффициенты изменения относительной амплитуды ПАВ при рассеянии на особенности рельефа в зависимости от расстояния до центра особенности и длины зондирующей волны. Показано, что заметные искажения испытывают ПАВ, длины которых составляют от 0,1 до 50 s. Причем эти искажения наблюдаются даже для относительно плавного рельефа.

Исследовано рассеяние ПАВ, на рельефе, аппроксимирующем реально существующие геофизические объекты, а именно – вулкан Джау-Тепе и вулкан Эльбрус, в этих случаях изменение амплитуды поверхностной волны достигает 20-50 %, что говорит о необходимости учитывать полученные в настоящем проекте данные при выполнении реальных геофизических работ. Эти результаты могут использоваться при обработке данных амплитудных геофизических методов [1]. Определены коэффициенты прохождения, отражения и превращения ПАВ в объёмные волны при их рассеивании и распределение полной энергии ПАВ вдоль криволинейной границы – показано, что

наименьшей энергией они обладают вблизи склонов гауссоиды, что может использоваться для повышения сейсмостойкости строящихся объектов. Выявлено превышение эффективной скорости ПАВ, связанное с превращением в объемную волну при определенном соотношении характерного размера особенности рельефа к длине волны.

В результате проведенного дисперсионного анализа было выявлено, что метод поверхностно-волновой томографии [7] вблизи рассматриваемой особенности рельефа может иметь ошибки в широком диапазоне частот.

Также рассмотрен случай отрицательного рельефа. В этом случае рассеяние ПАВ происходит гораздо эффективнее. Выявлено, что жидкое полупространство, нагружающее упругую среду с рельефом, моделирующим неровность глубокого моря, в значительной степени оказывает влияние на рассеивание ПАВ. Данный эффект объясняется тем, что основная энергия волны Стоунли сосредоточена в жидкости, причем в слое большей мощности, чем для волны Рэлея, поэтому концентрация энергии вблизи центра особенности рельефа сильнее при наличии жидкого полупространства, т.к. в этом случае положительный рельеф морского дна больше соответствует отрицательному рельефу свободной поверхности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект 16-35-60109), а также гранта Президента Российской Федерации для поддержки научных школ № НШ-5545.2018.5

Литература

1. Горбатилов А.В. Пат. РФ № 2271554. Бюлл. изобретений. 2006. № 7.
2. Adams S.D.M., Craster R.V., Williams D.P. Rayleigh waves guided by topography // Proc. R. Soc. A, 2007. V. 463. P. 531–550.
3. COMSOL Multiphysics 5.3a Лицензия №9600341.
4. 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.
5. Гуляев Ю.В., Плесский В.П. Распространение поверхностных акустических волн в периодических структурах // УФН. 1989. Т. 157. № 1. С. 85–127.
6. Жостков Р. А., Преснов Д. А., Собисевич А. Л. Развитие метода микросейсмического зондирования // Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле. 2015. Т. 2. № 26. С. 11–19.
7. Яновская Т.Б. К теории метода микросейсмического зондирования // Физика Земли. 2017. № 6. С. 18–23.
8. Яновская Т.Б. Поверхностно-волновая томография в сейсмологических исследованиях СПб.: Наука, 2015. 164 с.

НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПАРАМЕТРОВ УРАВНЕНИЯ АРЧИ–ДАХНОВА

А.М. Кузнецова, В.М. Шкилев, М.А. Федореева

Тюменский индустриальный университет(anytka-97@mail.ru)

Научный руководитель работ, доцент ТИУ В.Г. Мамяшев

Уравнение Арчи–Дахнова устанавливает зависимость удельного электрического сопротивления (УЭС) ионопроводящих горных пород (рп) от содержания в них проводящей водной фазы и её УЭС (рв). Высокая информативность

УЭС ионопроводящих горных пород, обусловлена зависимостью его от содержания в поровом пространстве пород проводящей водной фазы и от её сопротивления. Общий вид этой зависимости был обоснован В.Н. Дахновым в 1941 году, такое же уравнение было опубликовано в 1942 году Г. Арчи. Ионопроводящие горные породы включают в себя все осадочные породы, характерные для нефтегазоносных объектов. Удельное электрическое сопротивление является одним из наиболее информативных геофизических и петрофизических параметров, позволяющих решать такие задачи как литологическое расчленение разреза, выделение интервалов коллекторов, оценка характера их насыщенности, определение коэффициентов пористости (Кп) и нефтегазонасыщенности (Кн, Кг). Эти особенности УЭС пород определяют сохраняющуюся актуальность применения уравнения Арчи–Дахнова при интерпретации материалов кажущегося и эффективного удельного электрических сопротивлений при поисках, разведке и разработке месторождений нефти и газа. Это уравнение имеет следующий вид: $r_p = a_o \cdot r_v \cdot W^{-n}$, где $W = K_p \cdot K_v$ - объемная водонасыщенность породы, « a_o » и « n » - эмпирические постоянные. Предполагалось, что с ростом степени цементации показатель степени « n » растет по абсолютной величине. В случае полностью водонасыщенных пород рассматриваемое уравнение записывается как $r_{vp} = a_p \cdot r_v \cdot K_p^{-m}$, где K_v – коэффициент водонасыщенности пород, « a_p » и « m » - эмпирические постоянные.

Постоянная « m » была определена В.Н. Дахновым как «структурный показатель, величина которого находится в прямой зависимости от степени цементации породы.» Многочисленные попытки теоретического моделирования удельного электрического сопротивления горных пород не привели к установлению приемлемых аналитических моделей, прежде всего в связи с невозможностью формализованного описания геометрии порового их пространства. Наиболее известное обобщенное уравнение Ханай - Бруггемана, включает в себя серию физических параметров и геометрических характеристик пород, которые, к сожалению, могут быть установлены только с помощью довольно трудоемких экспериментальных исследований образцов пород. Значительно более сложных, чем прямое измерение УЭС этих образцов. В других моделях, основанных на простых геометрических аналогах порового пространства, приближение к УЭС исследуемых пород обеспечивалось введением таких характеристик как извилистость (Т). Не удавалось сформулировать более или менее определенные представления о физическом смысле эмпирических коэффициентов уравнения: « a », « m » или « n ». В работах В.Г. Мамяшева

дается общая характеристика этих коэффициентов, как величин определяемых структурой токопроводящего пространства. В билогарифмической системе координат уравнение Арчи–Дахнова аппроксимируется прямой линией. Однако, результаты лабораторного моделирования УЭС пород свидетельствуют о том, что характер зависимости УЭС от пористости в области коллекторов и не коллекторов часто отличаются и с уменьшением пористости линия аппроксимации параметра пористости ($R_p = r_{vp}/r_v$) от коэффициента пористости отклоняется от прямолинейной зависимости в сторону меньших значений значения R_p , то есть «выполаживается». Все это послужило основанием для проведения экспериментальных исследований влияния структуры порового пространства на сопротивление пород. С этой целью нами было выполнено моделирование УЭС с помощью плоской двумерной модели породы. Модель породы представляет собой квадрат с длиной каждой стороны равной $L=200$ мм. Поровое пространство её представлено порой диаметром «D» и длиной «C» и соосными с ней поровыми каналами диаметром «d» и длиной $(L-C)/2$. Поровые каналы примыкают поре с двух противоположенных сторон. Измерение УЭС модели выполняли между двумя противоположенными сторонами её в направлении совпадающем с осью поры и поровых каналов. При $d=L$ и $C=L$ пористость породы (модели) составит $K_p=100\%$, соответственно электрическое сопротивление модели (R_v) определяется УЭС заполняющей её воды: $R_v = r_v \cdot (a/S)$, где a – длина ячейки, S – площадь сечения проводящей водной фазы ($S=h \cdot a$), а h – высота слоя воды в ячейке, отсюда $R_v = r_v \cdot h$. Высота слоя воды в процессе моделирования пор разного сечения обеспечивалась постоянной. Она контролировалась объемом воды и площадью поры: $h = V_p / S_p$, где V_p и S_p – соответственно объем и площадь пор. При постоянной величине «с» отношение D/d характеризует степень различия сечения поры и порового канала, чем больше это отношение, тем «сложнее» структура поры. При $D/d = 1$ модель вырождается в пору постоянного сечения. Таким образом увеличение размера поры представляло усложнение модели структуры порового пространства.

Результаты выполненных нами экспериментальных исследований позволили построить зависимости УЭС и параметра пористости от пористости модели и от структуры порового пространства. Из них следует, что величина УЭС модели контролируется преимущественно диаметром поровых каналов, влияние размеров (диаметра пор) на УЭС модели не превышает 5–6%.

По результатам экспериментов была построена обобщенная палетка зависимости УЭС модели породы от геометрических характеристик порового пространства, выраженных в единицах длины стороны модели, то есть от параметров « d/L », « D/L » и « C/L ». При сопоставлении с фактическими экспериментальными зависимостями было установлено, что в области пористости, характерной для коллекторов изменение (уменьшение) её отражается на построенной палетке противоположенным по характеру изменения отношением D/d (увеличением). В области пористости характерной для не коллекторов при этих же условиях степень изменения D/d снижается. Этим объясняется «выполаживание» зависимости $R_p = f(K_p)$ в области перехода от коллекторов к не коллекторам.

Исходя из проведенных опытов и сопоставлении их с реальными породами следует, что « m » отражает степень сложности структуры пор. При том на этот показатель влияет и степень цементации, увеличение которой приводит к уменьшению « m ». Определяющее

влияние размеров поровых каналов предполагает аналогию влияния структуры порового пространства на проницаемость пород и возможность применения данных об УЭС при оценке проницаемости. По крайней мере, в области коллекторов намечается возможность дифференциации сопоставления пористости и проницаемости по величине показателя « m ».

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА АНИЗОТРОПИЮ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ (AMS).

И.Е. Лебедев ¹, Н.В. Лубнина ²

Геологический факультет МГУ имени Ломоносова (¹ – lebedev232@ya.ru, ² –
natlubnina@yandex.ru)

Ключевые слова: структурная геология, AMS, физическое моделирование

Для изучения деформаций в структурной геологии выделяются структурные парагенезы. В обнажении это может быть затруднительно из-за недостаточной обнаженности или наложения нескольких этапов деформаций. В случае физического моделирования задается определенная обстановка, где уже могут быть легко выделены все парагенезы. Кроме того, в этой ситуации можно детально наблюдать как эта обстановка будет отражаться в значениях анизотропии магнитной восприимчивости. Поэтому целью данного исследования является выяснение связи между двумя методами: структурным и AMS, а именно эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости со структурными элементами деформационных обстановок.

Существует ряд работ по изучению связи между эллипсоидом деформации и эллипсоидом анизотропии магнитной восприимчивости. Так, например, в некоторых работах при проведении физического моделирования в терригенных и карбонатных породах установлена некоторая положительная корреляция эллипсоида напряжений с эллипсоидом анизотропии магнитной восприимчивости. [2,3,4]. Также существуют работы по корреляции тех же параметров с образцами, отобранными из реальных горных пород [1, 3].

Другим методом, позволяющим получить эллипсоид деформаций, является стрейн-анализ. В отличие от него метод изучения AMS менее трудоемкий, что не мало важно при исследованиях.

Для установления связи параметров проводится физическое моделирование в тектонофизической лаборатории МГУ. Результаты, которого представлены в данной работе.

В первых экспериментах моделировался чистый сдвиг или горизонтальное сжатие. В качестве материала использовалась каолиновая глина с равномерно вмешанным в нее железным порошком (ПЖР 3.200.28). Производилось укорочение в горизонтальной плоскости на 30-40% со скоростью около 30 см/ч. После деформации из модели отбирались образцы для последующего измерения анизотропии магнитной восприимчивости. В ходе экспериментов образовались структуры схожие с покровно-надвиговыми: серии пологих надвигов.

В результате экспериментов выявилась сонаправленность минимальной оси анизотропии магнитной восприимчивости и оси максимального сжатия. Так же наблюдается некоторое отклонение значений, которое можно объяснить воздыманием при формировании надвиговых структур.

Исходя из этих результатов, можно говорить о наличии закономерности распределения значений эллипсоида AMS и заданного эллипсоида деформаций. В дальнейшем эти результаты могут помочь в выделении этапов деформаций на реальных объектах.

Литература

1. *Войтенко В.Н.* Корреляция параметров конечной деформации и анизотропии магнитной восприимчивости: сравнение результатов исследования метатурбидитов северо-западного Приладожья. \ Материалы Второй тектонофизической конференции «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле» - М.: ИФЗ. 2009. – 451с.
2. *Borradaile, G.J. and McArthur, J.*, 1991. Tests of strain analysis by experimental deformation. *Tectonophysics*, 185: 325-333.
3. *Borradaile, G.J.* • 1988. Magnetic susceptibility, petrofabrics and strain-a review. *Tectonophysics*. 156: 1-20.
4. *R. Lanza, A. Meloni.* The Earth’s Magnetism. - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006 – 280 p.

КАКОВА ВЕРОЯТНОСТЬ ДЛЯ ТЕКТОНИЧЕСКОГО БЛОКА ПОПАСТЬ В ТУ ЖЕ ОБЛАСТЬ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ В ХОДЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ?

Н.В. Лубнина¹, В.С. Захаров²

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

¹ – natalia.lubnina@gmail.com; ² – vszakharov@yandex.ru

Палеомагнитные полюсы традиционно используют для построения магнито-тектонических реконструкций и расчета кинематических параметров движения плит (скорость перемещения и вращения на сфере). При этом корректная корреляция магнито-тектонических реконструкций с геологическими данными во многом зависит от качества используемых палеомагнитных полюсов.

В настоящее время разработаны критерии надежности палеомагнитных полюсов для фанерозоя [3] и докембрия [1]. Одним из значимых критериев качества палеомагнитных данных является доказательство времени приобретения породами различных по возрасту компонент намагниченности. В качестве референтной оценки доказательства соответствия возраста пород времени приобретения ими различных компонент намагниченности, взяты тесты палеомагнитной надежности. Для магматических комплексов это, прежде всего, тест контакта и тест обращения, а для осадочных пород, помимо теста обращения, применяются еще тесты складки и конгломератов. Положительные тесты контакта и конгломератов свидетельствуют, что высокотемпературная компонента намагниченности образовалась в момент формирования пород. Определив на основании независимых изотопных данных возраст пород, получаем достоверную информацию о времени приобретения породами компоненты намагниченности. А опробовав достаточное количество (не менее 10, согласно критериям палеомагнитной надежности) близких по возрасту комплексов (например дайковых тел), можно рассчитать надежный или ключевой палеомагнитный полюс [1].

Считается, что более древние палеомагнитные полюсы для одного тектонического блока не должны совпадать с более молодыми полюсами для него же. В случае совпадения разновозрастных полюсов для одного и того же блока говорят о перемагничивании пород и коррелируют время приобретения породами этих компонент намагниченности с наиболее молодыми полюсами для этого же блока.

Вместе с тем, проведенный анализ вторичных (метахронных) компонент намагниченности, выделенных в докембрийских комплексах Карельского кратона, показал совпадение первичной намагниченности в наиболее надежных докембрийских ключевых объектах с векторной суммой разновозрастных фанерозойских компонент намагниченности. Этот вывод полностью опровергает значимость тестов палеомагнитной надежности (в первую очередь теста контакта) для доказательства первичной/вторичной природы выделенных высокотемпературных компонент намагниченности.

Мы попытались рассчитать вероятность совпадения

Сделаем оценку вероятности для тектонического блока попасть в ту же область на поверхности Земли в ходе геологической истории.

Для этого проведем оценку площади полосы S , которую «заметает» на поверхности Земли такой блок, с учетом характерных (средних) значений скорости горизонтальных

движений, размеров блока и погрешности определения положения палеомагнитных полюсов, используемых при палеогеодинамических реконструкциях. Отношение этой площади к площади поверхности всей Земли S_E и позволит оценить искомую вероятность.

1. Исходные данные

Рассмотрим возможные перемещения блока начиная с палеопротерозоя, т.е. на протяжении $t = 2.5$ млрд. лет.

Скорости горизонтальных движений в докембрии были выше современных, поэтому для оценки примем диапазон значений $v = 5 \div 10$ см/год [2, 4 и ссылки в этих работах].

Для наших расчетов принимаем размер тектонического блока принимаем в диапазоне $d = 500 \div 1000$ км.

При палеомагнитных реконструкциях положение палеомагнитного полюса определяется с доверительным интервалом α_{95} . Эта же величина фактически является мерой точности определения положения конкретных реконструируемых блоков [5]. Для дальнейших оценок принимаем характерное значение $\alpha_{95} = 10^\circ$.

Площадь поверхности Земли $S_E = 5.1 \cdot 10^8$ км².

2. Оценка общей длины пути L , пройденного блоком.

$L = v \cdot t = (5 \div 10) \text{ см/год} \cdot 2.5 \text{ млрд лет} = (5 \div 10) \cdot 10^{-5} \text{ км/год} \cdot 2.5 \cdot 10^9 \text{ лет} = (1.25 \div 2.5) \cdot 10^5 \text{ км} = (125 \div 250) \text{ тыс. км.}$

2. Оценка площади полосы, которую блок «заметает» на поверхности Земли.

$S = d \cdot L = (500 \div 1000) \text{ км} \cdot (125 \div 250) \text{ тыс. км} = (0.5 \div 1) \cdot 10^3 \text{ км} \cdot (1.25 \div 2.5) \cdot 10^5 \text{ км} = (0.63 \div 2.5) \cdot 10^8 \text{ км}^2.$

3. Доля площади полосы от поверхности Земли.

$$S/S_E = ((0.63 \div 2.5) \cdot 10^8 \text{ км}^2) / 5.1 \cdot 10^8 \text{ км}^2 = 0.12 \div 0.49.$$

Таким образом, даже если не учитывать погрешность палеомагнитных реконструкций, вероятность для блока попасть в ту же область Земли составляет от 12 до 49 %, т.е. такое событие достаточно вероятно.

4. Учет погрешности определения положения реконструируемого блока.

При $\alpha_{95} = 10^\circ$ для палеомагнитного полюса погрешность определения древнего положения блока составляет порядка 1000 км. Тогда ширина полосы, в которой может двигаться блок, увеличивается до $d = 1500 \div 2000$ км. В этом случае площадь, которую блок «заметает» на поверхности Земли, можно оценить как

$$S = (1.5 \div 2) \cdot 10^3 \text{ км} \cdot (1.25 \div 2.5) \cdot 10^5 \text{ км} = (1.88 \div 5) \cdot 10^8 \text{ км}^2.$$

Тогда доля такой полосы от общей площади поверхности Земли составляет

$$S/S_E = (1.88 \div 5) / 5.1 = 0.37 \div 0.98.$$

Таким образом, несмотря на достаточную грубость проведенных оценок, показано, что вероятность для блока попасть в ту же область на поверхности Земли составляет от 37 до 98 %, т.е. такое событие весьма вероятно.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №18-17-00170.

Литература

1. *Buchan K.L., Mertanen S., Park R.G., et al. Comparising the drift of Laurentia and Baltica in the Proterozoic: The importance of key paleomagnetic poles // Tectonophysics. 2000. Vol. 319, N 3. P. 167–198.*

2. *Korenaga J.* Urey ratio and the structure and evolution of Earth's mantle // *Rev. Geophys.*, 2008, № 46, p. 1–32.
3. *Van der Voo R.* The reliability of paleomagnetic data // *Tectonophysics*. 1990. Vol. 184. P. 1–9.
4. *Van Kranendonk, M.J.* Two types of Archean continental crust: plume and plate tectonics on Early Earth. *American Journal of Science*, 2010. 310, 1187–1209. DOI 10.2475/10.2010.01
5. *Метелкин Д.В., Казанский А.Ю.* Основы магнитотектоники: учеб. пособие / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2014. 127 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЕТРО- ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Н.В. Лубнина

natalia.lubnina@gmail.com

В настоящее время петро-палеомагнитные исследования получили широкое применение в разных областях наук о Земле. При этом задачи, решаемые петро-палеомагнитными методами, могут быть классифицированы следующим образом:

1) Глобальные исследования

А) Восстановление палеогеографии регионов, определение палеотечений, палеоширот и скоростей дрейфа плит. Построение геодинамических (магнито-тектонических) реконструкций.

В настоящее время существуют достаточно надежно обоснованные реконструкции для древних кратонов, построенные на основании кондиционных палеомагнитных определений. Лежащие в основе методы траектории кажущейся миграции полюса (ТКМП), построены практически для всех кратонов для среднего палеозоя–кайнозоя. Вместе с тем, палеомагнитные исследования в пределах орогенных структур и молодых плит находятся в стадии разработки. Существуют лишь отдельные палеомагнитные полюсы для конкретного временного среза, не позволяющие проследить кинематику перемещения отдельных блоков в пределах складчатого пояса.

Б) Оценка целостности (жесткости фундамента) в пределах регионов. Выделение макроблоков фундамента, определение их границ и количественная оценка масштабов возможных относительных вращений;

В) Корреляция скважин как в пределах отдельных поисковых площадей, так и в масштабах осадочных бассейнов. При этом помимо классических магнитостратиграфических методов используются вдоль скважинные профили магнитной восприимчивости, параметров Кенигсбергера, магнитного насыщения и магнитной жесткости и др.;

Традиционно стратификация геологических разрезов и скважин проводится на основании геологических, литолого-стратиграфических и геохронологических данных. Однако, однозначно скоррелировать литологически отодитипные, часто без руководящих групп фауны, разрезы и привязать их к абсолютной геохронологической шкале, является достаточно сложной задачей. Вместе с тем, существует комплекс методов, в основе которого лежит глобальное явление – инверсии магнитного поля Земли, однозначно позволяющие скоррелировать особенности и частоту инверсий магнитного поля Земли в конкретный временной интервал геологической истории, и тем самым, скоррелировать между собой «немые» интервалы разрезов.

2) Региональные исследования.

А) Экспресс-расчленение разрезов скважин и их корреляция;

В последние годы разработан комплекс петро-палеомагнитных исследований, позволяющий осуществлять более тонкую корреляцию разрезов. В отличие от палеомагнитных свойств горных пород, в основе которых определяется геомагнитная полярность магнитного поля Земли, петромагнитные характеристики не связаны

непосредственно с особенностями режима древнего магнитного поля, а обусловлены составом, концентрацией и структурно-текстурными особенностями ферромагнитной фракции в отложениях. Современные исследования показывают, что изучение вида и генезиса минералов-носителей намагниченности, а также детальные измерения анизотропии магнитной восприимчивости осадочных пород (AMS) позволяют проводить экспресс-анализ и реконструкцию палеотектонических, палеогеографических и палеогеохимических условий осадконакопления.

Б) Восстановление ориентировки магнитной текстуры пород и их элементов залегания. Взаимодействие внутризерновых и межзерновых механизмов деформации создает новый облик породы. В зависимости от условий и длительности процессов эти изменения могут быть почти незаметны или полностью преобразовывать породу до неузнаваемости.

Облик породы определяется ее структурой, текстурой и минеральным составом слагающих ее зерен и кристаллов. В современной англоязычной литературе под структурой понимается выраженная геометрически особенность строения породы, текстурой – микростроение или микроструктура, в то время как полная пространственная морфологическая система слагающих горную породу элементов, характеризующаяся проникающим и повторяющимся развитием их по всему объему, называется строением или сложением породы (*rock fabric*). К элементам строения относятся сланцеватость, линейность, преимущественная кристаллографическая ориентировка, размер и/или форма зерен. Поскольку магнитные минералы, наряду с остальными, вовлекаются в деформационные процессы и вторичные преобразования, то измерения магнитных параметров на приборах позволяют достаточно быстро и эффективно количественно реконструировать направление и ориентировку вторичных процессов.

В основу этих исследований положено изучение Магнитной анизотропии (AMS) – зависимость магнитных свойств вещества от направления.

В) Экспресс-выделение зон повышенной трещиноватости и кавернозности, в том числе в однородных породах, не несущих явных признаков механической или химической проработки;

В настоящее время значительная часть запасов углеводородов связана с породами с различной природой трещиноватости. Вместе с тем, важно разделять не только ориентировку современного регионального стресса изучаемой территории, а также деформационную историю исследуемых комплексов в момент их формирования, но и отличать искусственную трещиноватость от природной. Очень часто природная трещиноватость оказывается сильно замаскированной искусственными разрушениями разной природы.

Г) Оценка возраста преобразований/процессов.

В ходе образования пород они приобретают намагниченность (магнитные минералы фиксируют направление магнитного поля места и времени их формирования). Если породы претерпевали какие-либо вторичные изменения/деформации, то их магнитная фракция также претерпевала эти изменения – перемагничивалась.

Под перемагничиванием пород традиционно подразумевается процесс, при котором их ферромагнитная фракция под воздействием внешнего магнитного поля намагничивается в направлении, соответствующем времени и месту приложения внешнего магнитного поля.

Основные факторы, определяющие перемагничивание – $P-T$ режимы и наличие флюидов, приводящих либо к частичному, либо к полному распаду минерала-носителя и/или образованию новой минеральной фракции. В зависимости от их сочетания различают **термовязкое** и **химическое** перемагничивание пород.

Термовязкое – тепловое воздействие, часть магнитных моментов переориентируется по направлению «нового» внешнего магнитного поля. При этом не происходит образование новой минеральной фазы. Характерный признак термовязкого перемагничивания – равномерное по толще распределение вторичной компоненты, при котором разные минералы-носители намагниченности демонстрируют одно и то же среднее направление.

Химическое перемагничивание связывают с образованием вторичных минералов-носителей намагниченности под воздействием флюидов, в результате которого происходит полное замещение первичного минерала-носителя намагниченности. При этом обязательно образуется новая минеральная фракция. К характерным особенностям химического типа перемагничивания относится выборочное перемагничивание пород в пределах единого разреза с одинаковыми свойствами и неравномерность перемагничивания в пределах одной толщи. В результате химического перемагничивания образуется биполярная вторичная компонента намагниченности, четко зависящая от минерала-носителя намагниченности.

Т.к. минералы-носители намагниченности образовались/преобразовались в различное время, то компоненты намагниченности, которые они зафиксировали, различаются, главным образом, по направлению вектора естественной остаточной намагниченности.

Корректно разделив компоненты намагниченности на части, пересчитывают с каждого среднего направления намагниченности палеомагнитные полюсы. В настоящее время для фанерозоя для каждого крупного тектонического блока существуют Траектории кажущейся миграции полюса (ТКМП)- это график последовательных положений наиболее надежных палеомагнитных полюсов, рассчитанных для одного литосферного блока, осредненный в пределах некоторого временного окна или временного рубежа.

Сопоставив полученные пересчитанные со вторичных компонент намагниченности полюсы с ТКМП мы можем лишь оценить время вторичных преобразований пород.

Д) Ориентация керна скважин – выполняется по измерениям керна на специальной магнитной аппаратуре, без погружения ее в скважину; проводится оценка анизотропии проницаемости и напряженного состояния пород-коллекторов на ориентированном керне;

Традиционно ориентировка керна скважин проводилась по современной (вязкой) компоненте намагниченности. Однако, из-за возникающей в процессе бурения вторичной (буровой) компоненты намагниченности, этот способ оказывался неэффективным. Значительные проблемы возникали и при попытках ориентировать керна скважин в высоких широтах, где наклонение современной компоненты намагниченности имеет большие значения. В этом случае, из-за естественного разброса векторов намагниченности, часть их может иметь склонения, отличающиеся от склонения современного геомагнитного поля на углы до 180° . В последние годы разрабатывается метод, позволяющий ориентировать керна скважин по направлению древних компонент намагниченности и данных по Анизотропии магнитной восприимчивости (Попов, Храмов, 2002).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №17-05-01270).

ПРОЯВЛЕНИЕ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО КРЫМА

В.И. Лысенко, Т.К. Трибой

Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Севастополь (niagara_sev@mail.ru)

Грязевый вулканизм – уникальное геологическое явление природы. В настоящее время насчитывается около двух тысяч надводных и подводных грязевулканических построек, но из-за недостаточной изученности морских глубин следует предположить, что их количество на порядок выше. Кроме действующих и потухших современных грязевых вулканов существуют погребенные структуры и комплексы древних брекчированных пород, которые указывают на значительный временной интервал существования этого геологического явления. Грязевые вулканы, как и магматические, располагаются на границе литосферных плит, в узких зонах складчатости современной тектонической активизации. Основным условием грязевулканических процессов является наличие дислокаций и смятых в складки мощных комплексов терригенных толщ с пластическими глинистыми породами. Подводные грязевые вулканы довольно широко распространены на шельфе морей и часто находятся рядом с источниками холодных потоков углеводородов («сипов»), что свидетельствует о единой природе их подпитки из недр за счет глубинной углеводородной дегазации. Академиком Е.Ф. Шнюковым было высказано предположение, что глубинная, холодная дегазация происходит не только в глубинах Черного моря, но и на территории Горного Крыма [3,4].

В Крымско-Кавказском складчатом поясе почти все грязевые вулканы сосредоточены в пределах Апшеронского, Таманского и Керченского полуостровов. С. П. Поповым было сделано предположение, что зона грязевого вулканизма от Керченского полуострова продолжается до западного побережья Черного моря через Горный Крым [1]. При проведении геологической съемки у с. Краснопещерское (Горный Крым, район г. Чатырдаг) у водных источников этого района А. А. Абашиним и Л. С. Борисенко было установлено высокое содержание гелия, что указывает на связь с глубинной подпиткой из недр. Более детально этот район был обследован и изучен В. В. Юдиным. Им были найдены и описаны несколько выходов продуктов современной деятельности грязевого вулканизма. Эти образования связаны с глиняным диапиризмом и приурочены к линейным ослабленным тектоническим зонам [6]. Возраст глинистых отложений по фауне – нижнемеловой, а процесс вывода их на поверхность – современный. Обнаружены также следы грязевулканических процессов в прошлом. Грязевый вулканизм подтверждает современную тектоническую активность Горного Крыма. Автором в районе с. Высокое Бахчисарайского района был обнаружен и обследован с поверхности выход предположительного сопочного поля глин брекчиевидной текстуры, похожих на выброс грязевого вулкана. Обнажение находится на западном склоне безымянной горы, с углом наклона около 30°, севернее села Высокое, в 250 м к югу от знаменитого источника Кузьмы и Демиана. Выход эллипсовидный, шириной около тридцати метров, а вниз по склону – около сорока метров. Верхняя граница четкая, дугообразная, нижняя – извилистая,

осложненная многочисленными промоинами, переходящими в овраги. Поляна, покрытая глинистой брекчией, отличается отсутствием растительного покрова, хотя рядом склоны покрыты сплошной травянистой и кустарниковой растительностью. Водная вытяжка из глины имеет горько-соленый вкус, характерный для сульфатов Mg, Ca и Na. Выпавшие из этих солей минералы описаны при изучении выбросов грязевых вулканов на Керченском полуострове [4, 5]. В верхней части площади находится холмообразный уступ высотой около двух метров. Предположительно, он связан с процессами диапирового выдавливания глинистой брекчии из недр. На поверхности поля отсутствуют грифоны, грязевые ключи и слабо газирующие сальзы, возможно это связано с современными экзогенными склоновыми процессами выветривания. Предполагаемое сопочное поле сложено брекчией буровато-серовой глины, цементом является серовато-белая глина. В верхней части предположительного сопочного поля встречаются зоны округлой формы, где глины имеют буровато-коричневую окраску, что связано с процессами окисления сульфидов. Находки многочисленных обломков белемнитов (*Neohibolites semicanaliculatus* Blainv) в глинах свидетельствуют об аптском возрасте глинистой толщи. На поверхности склона встречаются многочисленные обломки плитчатого жильного кальцита с зеркалами скольжения, нижнемеловых кварцевых песчаников, конкреций сидеритов и гальки кварца. Размеры обломков – 1,0 до 10,0 см. Этот инородный обломочный материал составляет 5–10 % от общей площади. Распределение его по сопочному полю равномерное. В пределах склона отсутствует дифференциация его по размерам и количеству обломков. Плитчатые угловатые обломки жильного кальцита имеют размеры от 3,0 до 10,0 см и толщину от 2,0 до 15,0 мм. На их поверхности с двух сторон отмечаются прямолинейные борозды скольжения. Встречаются обломки, на которых нанесено две системы штриховки под углом 30–60° друг к другу, что свидетельствует о нескольких этапах деформаций и о хаотическом движении материала при выходе на поверхность. В крупных кальцитовых жилах отмечаются мелкие угловатые обломки глины и следы сульфидной минерализации. Обломки серо-коричневых нижнемеловых песчаников (предположительно валанжинских) имеют плоскую неокатанную форму и размеры от 5,0 до 10,0 см. В них часто встречаются прослои кварцевых гравелитов и конгломератов на карбонатно-глинистом цементе, а также многочисленные отпечатки растительности. Коричневые обломки сидеритовых конкреций имеют угловатую форму и размеры от 3,0 до 10,0 см. Часто в центральной части встречаются стяжения марказита, что характерно для грязевулканических выбросов на Керченском полуострове [5]. Кварцевая галька и гравий встречаются в верхней части сопочного поля и составляют меньше процента общего объема. Это продукт разрушения нижнемеловых песчаников и конгломератов, которые залегают глубже глинистой толщи. Проявление предполагаемого грязевого вулканизма приурочено к западному склону антиклинальной складки, сложенной породами верхней юры и нижнего мела и осложненной тектоническими нарушениями, меридионального простирания. Связь с тектоникой подтверждается также наличием в зоне разлома источника Кузьмы и Демиана. По нашему предположению, тектонические нарушения являются частью зоны надвига в этом регионе, а предполагаемый грязевый вулканизм свидетельствует о современной тектонической активности Горного Крыма. Предположение, что на описанном участке мы имеем систему оплывин в аптских глинах, опровергается формой залегания глинистой сопочной брекчии, отсутствием дифференциации обломочного материала склоновыми

процессами и источника поверхностных вод для размыва отложений, наличием выцветов глины в верхней части поляны и многочисленных обломков кальцита с зеркалами скольжения, сульфатной минерализацией в глинистой брекчии. Это является доказательством того, что в районе села Высокое проявились процессы грязевого вулканизма. Процессы грязевого вулканизма на Земном шаре очень разнообразны и, несмотря на большое количество научных работ по этому вопросу, это явление до конца не изучено. Данные, приведенные в статье, доказывают предположение, высказанное С.П. Поповым, Е.Ф. Шнюковым и В.В. Юдиным [1, 2, 5, 6] о наличии грязевого вулканизма в Горном Крыму. Из-за малого размера выходов и быстрого размыва пород, проявления грязевого вулканизма не картировались на геологических картах. Полученные нами данные позволяют предполагать широкое распространение процессов грязевого вулканизма в Горном Крыму, а возможно и в других горных районах альпийской складчатости. Необходимо дальнейшее изучение этих процессов с целью познания дегазации недр, современной сейсмической активности и перспектив нефтегазоносности региона.

Литература

1. Попов С.П. Грязевые вулканы// Природа. 1928. №6. С. 541–554.
2. Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. Атлас. Киев: Наукова думка, 1986. 150 с.
3. Шнюков Е.Ф. Грязевой вулканизм в Черном море// Геол. Журнал. 1999. №2. С. 38–47.
4. Шнюков Е.Ф., Кутний В.А., Науменко С.П. и др. Травентины и другие минеральные образования газоводных источников Керченского полуострова// Геология и полезные ископаемые мирового океана, 2007. №3. Киев. С 5–14.
5. Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар, 2005. 176 с.
6. Юдин В.В. Грязевой вулканизм в Горном Крыму// Доклады РАН, 1995. т. 341. №3. С. 395–398.

НАХОДКИ ПОСТРОЕК «СЕРЫХ КУРИЛЬЩИКОВ» В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО КРЫМА

В.И. Лысенко, А.С. Силевич

Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Севастополь (niagara_sev@mail.ru)

Ключевые слова: Крым, геология, палеогеология, вулканическая активность, карбонатные постройки, таврическая серия, черные курильщики

Изучением палеовулканизма и интрузивного магматизма Горного Крыма занимались многие исследователи. Было установлено, выходы магматических пород образуют две прерывистые полосы - северную и южную. В пределах северной полосы встречаются эффузивные и интрузивные образования верхнетриасового, нижнеюрского и среднеюрского возраста. Южная зона имеет большую и её интрузивные и эффузивные породы имеют среднеюрский (байосский) возраст. Найденные сульфидно- карбонатные трубки на поверхности лавовых палеопотоков позволяют дать новую трактовку условиям образования и возрасту магматических пород региона западной части Южного берега Крыма. Целью данного исследования являлось изучение особенностей строения сульфидно-карбонатных построек и реконструкции условий их образования. Исследованные авторами магматические тела находятся на удалении 3-6 км от известных вулканических палеопостроек и интрузивных массивов Фороса и Меласа, и являются самыми западными выходами магматических тел ЮБК. По условиям залегания, формам выходов, минеральному составу, структурным и текстурным признакам, можно предположить, что изученные магматические тела частями крупных подводных лавовых палеопотоков. Сульфидно-карбонатные постройки встречаются на магматических телах в центральной части района исследования и имеют направление роста перпендикулярно поверхности лав и слоистости вмещающей толщи. Их внешний вид представлен вертикальными или слабоизогнутыми трубами длиной до 80 см и диаметром до 10 см. Нередко на некотором удалении от поверхности эффузивов на трубах появляются боковые конусовидные отростки и горизонтальные утолщения, залегающие согласно со слоистостью вмещающих алевролитов. Сульфидно-карбонатные трубы имеют довольно резкие контакты с вмещающими породами таврической серии и эффузивами лавового потока. Диаметр трубчатых построек при своем росте может увеличиваться или уменьшаться. Были выявлены фрагменты труб, на поверхности которых наблюдаются зеркала скольжения и залеченные открытые трещины следов разрыва, что доказывает их образование до фазы древнекиммерийского складчатости. Кроме морфологического разнообразия построек наблюдаются различия в цветовой окраске слагающих их карбонатов. Встречаются трубы, сложенные зеленовато-белым, серым, коричнево-черным и черно-серым карбонатом. Окраска связана с наличием хлоритов, углеродистого и битумного вещества. Концентрическая и вертикальная зональность в сульфидно-карбонатных постройках подчеркивается цветовой гаммой карбонатов и сульфидов. В центральной части построек находится зона с прерывистой сульфидной минерализацией флюидного канала. Он имеет волнистое неровное строение и мощность от 5 до 20 мм.

Центральная зона сложена крупно- и средне кристаллическим антраконитом или зеленоватым кальцитом, где встречаются вкрапления мелкозернистого галенита, сфалерита, халькопирита и пирита. Границы центральной зоны с промежуточными довольно неровные и расплывчатые. Зона бактериального обрастания состоит из нескольких слоев, разделенных микропримазками глинистого материала. В некоторых местах на поверхности бактериального обрастания отмечаются прямолинейные и разно-ориентированные слепки трубчатых червей, выполненные карбонатным веществом. Результаты, полученные нами в ходе изучения сульфидно-карбонатных труб и магматических массивов на склонах выше поселка Тессели, доказывают, что вулканизм региона имеет более ранний возраст, чем предполагалось. Породы этого подводного лавового палеопотока формировались одновременно и совместно с терригенной толщей таврической серии. На единое время и генезис образования лав в породах таврической серии указывают следующие факты: наличие зональной минералогической дифференциации пород во всех блоках потока; фрагменты автобрекчиевой текстуры на поверхности лавы; резкие и неровные контакты магматических пород с вышележащей терригенной толщей; находки сульфидно- карбонатных труб в осадочных породах флиша. Образование тел сульфидно- карбонатных трубок происходило с некоторым опережением формирования терригенного материала пород таврической серии. В западной части нашей зоны на одном из выходов лавового палеопотока найдена карбонатная биогерма. В ней обломочный материал лав цементирован постройками полосчатых строматолитов и ракушечным материалом брахиопод, которые имеют внешнее сходство с видом *Terebratula praepunctata* Bitt [3]. Выше по разрезу в прослое черных комковатых известняков автором были обнаружены отпечатки брахиопод и раковина аммонита. Найденный аммонит, по результатам определения профессора доктора геолого-минералогических наук В.В. Аркадьева из СПбГУ, относится к *Megaphyllites insectus* (Mojsisovics). Собранные отпечатки фауны имеют норийский возраст [1]. Можно считать, что вулканизм окрестностей посёлка Тессели имеет возраст позднего триаса, как подобные процессы северной части Горного Крыма. Крымские сульфидно-карбонатные постройки имеют некоторые морфологическое сходство с сульфидными трубами Среднего Атлантического Хребта и Урала, а отличаются минералогическим составом и наличие зоны бактериального обрастания. Выявленное значительное различие минералогического состава крымских сульфидно- карбонатных построек от сульфидных труб «черных курильщиков», по нашему мнению, связано с различными физико-географическими условиями их образования.

Литература

1. Астахова Т.В. Палеонтологическая характеристика триасовых отложений Крыма // Палеонтологический сборник. 1972 Вып. 2 № 9 С. 57-63
2. Масленникова С.П., Масленников В.В. Сульфидные трубы палеозойских «чёрных курильщиков» (на примере Урала). Екатеринбург–Миасс.: УрО РАН. 2007 312 с.

ВЫСОКОЖЕЛЕЗИСТЫЕ ЛАТЕРИТЫ – ФЕРРИПЛАНТИТЫ - ХАРАКТЕРНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛАТЕРИТНОГО ПРОФИЛЯ ВЫВЕТРИВАНИЯ

М.А. Макарова, Я.О. Ковалив, Е.С. Шипилова

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (frolikovam@gmail.com)

Ключевые слова: ферриплантиты, железистые латериты, латериты, бокситы, Гвинея, гематит, гетит, гиббсит, концентрация лантаноидов, объемная масса

В вертикальном разрезе бокситоносные коры выветривания имеют два генерализованных литологических горизонта. Нижний - сложен преимущественно глинами от полиминеральных с фрагментами слабовыветрелых материнских пород в своей нижней части (сапролит) до существенно каолинитовых с повышающейся в верхней части железистостью (литомарж). Верхний горизонт сложен в основном минералами свободных оксидов и гидроксидов железа и алюминия (латериты переходной зоны, бокситовый горизонт, кираса). Эту часть можно относить к собственно латеритному покрову. Латеритный покров является рудовмещающей толщей, внутри которой бокситы обычно слагают большую часть разреза, либо отдельные линзы и горизонты, латерально сменяющиеся железистыми латеритами ($Al_2O_3 < 40\%$). Характерно, что между бокситами и залегающими ниже глинами литомаржа повсеместно фиксируется горизонт железистых латеритов. Режимные гидрогеологические наблюдения на нескольких месторождениях региона показали, что эта часть профиля выветривания совпадает с гидрогеологической зоной колебания зеркала грунтовых вод в сезон дождей. Важно также отметить, что в зоне инфильтрации профиля выветривания наблюдается зональность в составе подземной атмосферы. Проведенный мониторинг [1] позволил точно определить состав газа в разных частях зоны. В самой нижней части (над зеркалом грунтовых вод) после очередного дождя накапливается углекислый газ, максимальная концентрация которого может достичь 12–14%. Соответственно, содержание кислорода падает до 5–6%. Очевидно, что в зоне колебания уровня грунтовых вод имеет место окислительный геохимический барьер, благодаря которому и происходит накопление Fe^{3+} в форме гетита и реже гематита. В целом, снизу вверх, в пределах переходной зоны, каолинит перестает быть породообразующим минералом, и эта роль полностью переходит к оксидам и гидроксидам алюминия (в основном, гиббсит) и железа (гетит и гематит). То есть, именно в пределах этой зоны происходит полная латеритизация, и породы литифицируются — переходят из глинистого состояния в полукаменистое и каменистое. Объемная масса пород увеличивается до 1,85–2,1 г/см³. В нижней и, особенно, в средней части этой зоны резко концентрируется железо с образованием высокожелезистых латеритов, в которых содержание Fe_2O_3 превышает содержание Al_2O_3 . Очень часто образуются линзы, прослои и плиты, мощностью от первых сантиметров до 40–50 см, высокожелезистых существенно гетитовых и гематит–гетитовых пород, с гиббситом и остаточным каолинитом. Это очень крепкие литифицированные породы, названы ферриплантитами [2]. В этом названии отражены оксидные формы главного породообразующего элемента — железа, и

плитообразная форма проявления этих пород. Объемная масса ферриплантитов составляет 2,8–3 гр/см³. Расчеты на изоволюметрической основе показывают, что при образовании ферриплантитов концентрация железа по сравнению с материнскими породами пятикратная (1742/385), в то время как для переходной зоны в целом она составляет около 2 (799/385).

Различают 2 вида ферриплантитов – сургучно-красные ферриплантиты и табачно-желтые ферриплантиты. Сургучно-красные ферриплантиты, рассмотренные нами, имеют массивную или псевдобрекчиевидную текстуру (обусловленную брекчированием и замещением вещества ферриплантитов светлым материалом) и колломорфно-афанитовую структуру. Сложены преимущественно гематогелем, имеющем очень густо-красный цвет. Участками развит ферригель. Светлый материал, цементирующий обломки красных ферриплантитов сложен ферриалюмогелем, в котором нередко присутствуют стяжения гиббсита. Ферриплантиты табачно (буровато)-желтые имеют массивную или полосчатую текстуру (обусловленную наличием белых прожилков) и тонко- микрокристаллическую, реже колломорфно-афанитовую структуру. Сложены преимущественно тонким агрегатом кристаллов гетита, гиббсита и каолинита. Гиббсит и каолинит составляют в сумме первые проценты. Местами табачно-желтые ферриплантиты сложены аморфовидной массой ферригеля. В желтых ферриплантитах развиты прожилки мощностью до 3 мм, сложенные алюмогелем или ферриалюмогелем, либо хорошо раскристаллизованным гиббситом. По химическому составу нет резких отличий для табачно-желтых и сургучно-красных ферриплантитов: SiO₂ 4,5–5,5%, Al₂O₃ 18,5–20,5%, Fe₂O₃ 56–57,5%. А вот по содержанию элементов-примесей есть существенные различия. Не останавливаясь на подробном описании, отметим только главную тенденцию: сургучно-красные в 2–3 раза обогащены всем спектром малых элементов по сравнению с табачно-желтыми. Особенно ярко эта тенденция проявлена для REE. В целом для ферриплантитов характерны максимальные содержания относительно других горизонтов профиля выветривания V, Sc, Cr, U, Mo, Te, Sb, Ge, Be, Cu, HREE. Также есть некоторые различия в минеральном составе. Рентгенофазовым анализом выявлены следующие различия: в желтых ферриплантитах больше гиббсита (24,38% к 14,58% в красных), гетита/алюмогетита (21,75 и 9,43 соответственно), в то время как содержание бемита, анатаза, рутила, каолинита практически одинаково. Но данные фазового анализа можно считать лишь прикидочными, так как очень велика доля аморфной фазы – до 50% независимо от вида ферриплантитов. Поэтому на наш взгляд целесообразнее использовать минераграфическое описание для понимания различий в составе ферриплантитов. Приведем характерный пример минераграфического описания табачно-желтого ферриплантита (месторождение Н’Дангара): Гематит 1 (5%) выполняет отдельные зерна размером не более 50 мкм. Гематит 2 (3%) дает тонкие полосы (до 10 мкм) в составе колломорфных гетитовых полос. Гетит 1 (77%) в виде тонкодисперсного и тонкозернистого агрегата с гидроокислами Al выполняет основную массу обломков, а также выполняет промежутки между обломками и дает оторочки вокруг реликтов силикатов, замещенных глиноземом. Гетит 2 (10%) формирует колломорфные полосы до 150 мкм вокруг обломков совместно с гематитом 2. Гетит 3 (5%) выполняет прожилки центрально-симметричного строения мощностью 1050 мкм, секущие основную массу гетита 1. Также стоит отметить наличие в большом количестве глиноземистого или глинистого вещества, которое образует отдельные округлые

обломковидные образования чистые от окислов железа и формирует основную массу обломков в тонкодисперсной смеси с гетитом 1 и колломорфные полосы, обтекающие данные обломки. Сургучно-красный ферриплантит (месторождение Парави): гематит 1 (7%) образует полные и частичные псевдоморфозы по ильмениту (зерна и их срастания до 300 мкм) часто с сохранением реликтового пластинчатого строения; гематит 2 (40%) – тонкие каймы (1–10–15 мкм) и кружевные выделения в тонкозернистом гетите 1, а также цементирующую и петельчатую массу между обломковидными обособлениями и оолитами размером 1–5 мкм. Гематит 3 (3%) выполняет полости в виде кайм, представленных шестоватыми кристаллами до 50 мкм в длину. Гетит 1 (15%) совместно с гематитом 1 выполняет межзерновое пространство между лучистыми кристаллами гиббсита в псевдоморфозах по силикату. Гетит 2 (35%) выполняет отдельные полосы (от 20 до 500 мкм мощностью) в оолитах в виде тонкодисперсного агрегата в смеси с глиноземистым веществом. Гиббсит образует псевдоморфозы (удлиненные кристаллы до 500 мкм в длину) совместно с глиноземистым веществом по радиально-лучистым, листоватым и игольчатым силикатам. Глиноземистое вещество – образует оолиты в смеси с гелеморфными гидроокислами железа в разной пропорции (размер от 100 мкм до 1 см). Следует отметить, принципиальную возможность выявления различий минерального состава табачно-желтых от сургучно-красных ферриплантитов с помощью минераграфии, так как в первом случае очевидно преобладание гетитовых фаз над гематитовыми.

Литература

1. *Mamedov V.I. and Vorob'ev S.A.*, “Ground Air of the Bauxite-bearing Lateritic Weathering Crust (Republic of Guinea),” *Vestn. Mosk. Gos. Univ., Ser. 4 Geol.* 2011. N. 6. P. 28–36.
2. *Mamedov V.I., Makarova M.A., Shipilova E.S.* Behavior (output and accumulation) of chemical elements in bauxite-bearing weatherin profile at sangaredi deposit, Republic of Guinea // 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017. Conference proceedings. Vol. 17 of Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining. STEF92 Technology Ltd Sofia Bulgaria, 2017. P. 35–48.
3. *Mamedov V.I.*, “The Separation between Al and Fe in the Supergene Zone as the Determining Factor of Premium Bauxite Formation,” in *Status of Bauxite, Alumina, Aluminum, Downstream Products and Future Prospects*, Proc. XVI Int. Symp. ICSOBA-2005 (Nagpur, 2005). P. 84–96

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШЕЛЬФОВЫХ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ РФ

Н.А. Малышев, В.Е. Вержбицкий, Д.К. Комиссаров, В.В. Обметко,
А.А. Бородулин, Ю.В. Рейдик, Б.И. Ихсанов

ПАО «НК «Роснефть»

ПАО «НК «Роснефть» является крупнейшим недропользователем на российском шельфе и ведет операционную деятельность в акватории 11 морей на 55 лицензионных участках общей площадью 1,4 млн. км². Суммарные извлекаемые ресурсы по всем участкам на 01.01.2018 г. оцениваются в более 41 млрд. т нефтяного эквивалента.

Первоначально региональные работы были инициированы в Компании в 2006 г. с целью выделения перспективных участков. Начиная с 2014 г. эти работы выполняются в пределах акваторий практически всех морей РФ: Южных, Дальнего Востока, Западной и Восточной Арктики, что определяется геолого-географической спецификой каждого из регионов и нацелены как на создание актуальных достоверных геологических моделей крупных осадочных бассейнов на шельфе морей, оценку перспектив их нефтегазоносности, так и на разработку стратегии и тактики геологоразведочных работ в пределах действующих лицензионных участков.

Ключевым элементом региональных исследований является комплексирование геологических, геофизических и геохимических данных с применением современных лабораторно-аналитических методов и технологий, включая бассейновое моделирование. Комплексный подход в изучении осадочных бассейнов шельфа подразумевает сбор и анализ геолого-геофизической информации, построение единой структурно-седиментационной модели, реконструкцию истории развития, моделирование нефтегазовых систем, нефтегазогеологическое районирование и выбор перспективных поисковых направлений и объектов, оценку ресурсов и геологических рисков.

Важнейшим элементом региональных, а также геологоразведочных работ на конкретных лицензионных участках Компании является проведение полевых геологических исследований на сухопутном и островном обрамлении акваторий с последующим лабораторно-аналитическим изучением полученных данных.

Результаты региональных работ используются при выборе новых лицензионных участков, а также для снижения геологических рисков при проведении геологоразведочных работ (включая определение точек бурения поисковых скважин) и планирования дальнейших направлений поисков и разведки нефтяных и газовых месторождений на действующих ЛУ.

Масштабное развитие шельфовых геологоразведочных проектов ПАО «НК «Роснефть» определяет важность дальнейшего развития региональных геолого-геофизических исследований, создание и постоянное обновление современных моделей строения осадочных бассейнов (включая базы данных геолого-геофизической информации) в акваториях Российской Федерации.

МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ

**Н.А. Малышев, В.В. Обметко, А.А. Бородулин, В.Е. Вержбицкий, Е.А. Булгакова,
А.А. Колюбакин, С.В. Горбачев, В.С. Чибисов, Д.В. Парамонов**

ПАО «НК «Роснефть»

На восточно-арктическом шельфе ПАО «НК «Роснефть» проводит геологоразведочные работы на 9 лицензионных участках общей площадью 659 тыс. км². Суммарные извлекаемые ресурсы по всем участкам на 01.01.2018 г. оцениваются в объеме 18 млрд. т нефтяного эквивалента.

Шельф Восточной Арктики является одним из наименее изученных в России. До настоящего времени плотность сейсмической изученности по отдельным морям не превышает 0,1 пог.км/км². До 2017 г. в российском секторе Восточной Арктики не было пробурено ни одной глубокой скважины.

Региональные работы по изучению восточно-арктического шельфа в Компании начаты в 2007 г. В рамках долицензионного изучения были приобретены и переинтерпретированы материалы сейсморазведки прошлых лет, обобщены фондовые и опубликованные данные по геологическому строению шельфа и его обрамления. В результате выделены наиболее перспективные участки. В 2013 г. НК «Роснефть» получила первые 6 лицензий на восточно-арктическом шельфе.

Основным методом поиска и подготовки перспективных объектов к бурению на шельфе являются сейсморазведочные работы. За 2014-2017 гг. на шельфе Восточной Арктики Компания выполнила более 73 тыс.пог.км сейсморазведки 2Д, что сопоставимо с объемом сейсморазведки, выполненной за весь период изучения Восточной Арктики. По результатам интерпретации полученных данных существенно уточнены геологические модели участков, выделено около 250 перспективных объектов. Применение сейсмофациального и секвенс-стратиграфического анализов позволило кроме структурно-тектонических объектов выделить также структурно-литологические и литолого-стратиграфические ловушки и сделать прогноз развития коллекторов и флюидоупоров на участках морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Особенностью проведения сейсморазведочных работ в Восточной Арктике являются крайне сложные ледовые условия. Продолжительность полевого сезона по открытой воде обычно не превышает 60 дней, а Восточно-Сибирское море в отдельные годы вообще не освобождается ото льда. Для оптимизации затрат и решения геологических задач, в Компании практикуется заключение двухлетних контрактов на проведение сейсморазведочных работ в пределах нескольких лицензионных участков. Такой подход позволяет оперативно перераспределять объемы работ с закрытых льдом участков на участки с открытой водой, выполнять большие объемы работ в «легкие» годы за счет увеличения продолжительности полевого сезона. Для мониторинга ледовой обстановки в Компании разработан и внедрен онлайн-модуль расположения судов в той или иной акватории. Непрерывный мониторинг местоположения судов, положения ледовой кромки, опережающая ледовая разведка с судов сопровождения и постоянное взаимодействие с

организациями-подрядчиками позволили в полевые сезоны 2016 и 2017 гг. своевременно скорректировать очередность отстрела профилей и выполнить сейсморазведочные работы в самых высоких широтах.

Кроме сейсморазведочных методов в Восточной Арктике при планировании и проведении работ широко используется аэрогравимагниторазведка. Опережающее применение аэрогравимагниторазведочных работ позволяет выделить малоперспективные части участков на выступах фундамента, определить положение основных разрывных нарушений, спрогнозировать области возможного развития перспективных объектов. Помимо этого, применение аэрогравиметрических работ позволяет скорректировать сеть сейсмопрофилей, избежав непроизводительного отстрела и сосредоточиться на изучении наиболее перспективных поисковых направлений и объектов. В 2014-2016 гг. Компанией выполнено 242 тыс. пог.км аэрогравимагниторазведочных работ на 8 лицензионных участках.

В отсутствие данных глубокого бурения, основным способом получения геологической информации о вещественном составе пород, слагающих разрез осадочного чехла, является проведение полевых геологических исследований на сухопутном и островном обрамлении акватории с последующим лабораторно-аналитическим изучением полученных данных. С 2008 по 2017 гг. Компания организовала 10 подобных экспедиций. Важнейшим результатом данных работ стало детальное изучение современными видами исследований мел-кайнозойского интервала разреза, слагающего основную часть осадочного чехла на шельфе Восточной Арктики.

Наряду с геологоразведочными работами на действующих лицензионных участках в Компании не прекращаются региональные исследования по изучению всей российской акватории Восточной Арктики, которые направлены как на получение актуальных геологических моделей крупных осадочных бассейнов, оценку перспектив их нефтегазоносности, так и на планирование геологоразведочных работ на лицензионных участках Компании. В рамках данных работ Компания сотрудничает с ведущими российскими научными организациями, ВУЗами и отраслевыми институтами.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

И.Н. Модин

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (imodin@yandex.ru)

Ключевые слова: электрическая томография, оползень, Крым

На одном из участков южного берега Крыма с целью уточнения строения оползневого склона проведены исследования методом электротомографии. Метод электрических сопротивлений, лежащий в основе электротомографии, основан на изучении пространственного распределения удельного электрического сопротивления в грунтовых массивах при пропускании через них тока. В настоящее время электротомография (ЭТ) является ведущим методом малоглубинной геофизики. Накопленный опыт позволяет судить о высокой достоверности получаемых результатов.

Электротомография – это комплекс двумерной электроразведки, включающий специальную аппаратуру, методику наблюдений, технологию обработки и интерпретацию полевых данных [2]. Основными признаками, которые отличают ЭТ от других модификаций электроразведки, являются: (i) технология съемки с использованием многоэлектродных кос, в которых электроды расположены вдоль косы с линейным шагом; (ii) использование самых разнообразных электроразведочных установок; (iii) двумерная инверсия данных. Особенностью ЭТ является многократное использование в качестве питающих и измерительных одних и тех же электродов, подсоединенных к косе. При этом общее число измерений на одном профиле может составлять несколько тысяч.

Методика исследований и обработка данных электротомографии. На исследованной территории методом электротомографии были выполнены работы по 13 профилям общей протяженностью более 2 км. Шаг между электродами составил 2,5 м, а максимальный разнос – 106,5 м, что обеспечило глубину исследования около 40 м. На первом этапе обработки полевых данных выполнялся расчет значений кажущегося сопротивления и построение псевдоразрезов кажущегося сопротивления. В рамках этого этапа выполнялась отбраковка данных, возникающих вследствие влияния сильных помех. Вторым этапом является проведение двумерной инверсии – автоматического пересчета наблюденного поля кажущегося сопротивления в двумерный геоэлектрический разрез. Для проведения двумерной инверсии использовалась программа двумерной инверсии Res2DInv 3.59 [1] (GeoTomo, Малайзия).

Результаты электротомографических исследований. Были получены геоэлектрические разрезы по 13 профилям. Геоэлектрические разрезы достаточно контрастны, диапазон изменения удельных электрических сопротивлений составляет от 10 до 3000 Ом×м. Обнаружены зоны влияния поверхностных вод, которые проявляются как зоны пониженного сопротивления. По данным резистивиметрии удельное сопротивление поверхностных вод составляет около 9–10 Ом×м. При этом поверхностные воды просачиваются на глубину до 15 м, что привело к частичному увлажнению грунтового массива. Начиная с глубин 10–15 м, наблюдаются зоны понижения сопротивления, которые можно объяснить инъекцией морской воды.

Отчетливо это проявилось на профилях, близких к берегу моря. Здесь в нижней части разреза на глубинах более 10 м наблюдаются аномально низкие сопротивления грунтов, нехарактерные для местных типов горных пород. Все полученные геоэлектрические разрезы свидетельствует о сложном строении исследуемого участка. На геоэлектрических разрезах и горизонтальных срезах можно выделить западную (I), центральную (II) восточную зоны (III).

Западная зона характеризуется высокими удельными сопротивлениями. В её пределах наблюдаются высокоомные блоки, связанные с крупными олистолитами, которые представляют собой большие останцы скальных грунтов размером от нескольких метров до сотен метров. В прошлом они перемещались вниз по склону под действием гравитации, землетрясений и влаги. Корни олистолитов уходят на достаточно большую глубину и внедрены в кровлю ложа оползня на 10–15 и более метров, образуя мощный неподвижный каркас.

В целом, поверхностные грунты на исследуемом участке представляют собой, в основном, валуны в суглинистом матриксе, ниже расположен щебнистый грунт в суглинистом матриксе, который представлен разной степени рассланцованными породами флишевой толщи триаса и юры. Высокоомные зоны соответствуют скоплению глыбового материала, который может содержать в себе очень крупные блоки олистолитов. Восточная, преимущественно низкоомная зона характеризуется практически полным отсутствием грубообломочного материала. По вертикали оползень имеет сложное строение и состоит из двух частей. Его нижняя часть, сложенная олистолитами, находится на абсолютных отметках от 10 до 20 м. Уровень кровли древнего оползня преимущественно опускается в сторону моря. Размеры олистолитов могут быть достаточно большие – до 50–70 м, а в ширину – около 20 м. Как уже было сказано выше, большая их часть находится в западной части нашего участка и отчасти на юге, прикрывая и удерживая крутой береговой склон. Вероятно нижняя кромка самых больших блоков олистолитов находится на абсолютных отметках ниже уровня моря на 20–30 м. Вероятно, древнее оползневое тело не движется. Но на поверхности, особенно в центральной и восточной частях исследуемого участка, располагается современный оползневой слой. Его подошва располагается на глубине около 10 м. Здесь встречаются «плавающие» на поверхности старого оползня небольшие олистолиты мощностью 5–7 м и с горизонтальными размерами в несколько десятков метров.

Тем не менее, эти олистолиты тоже обладают некоторой стабилизирующей способностью, находясь в сцеплении с нижними олистолитами. На геоэлектрических срезах в верхней части видно, что оползневые массы двумя языками направлены к морю. Первый язык расположен в центре участка и ориентирован в меридиональном направлении, а второй ориентирован в юго-восточном направлении. На геоэлектрическом срезе, построенном для глубины 10 м, наблюдается и третий небольшой язык, также движущийся в сторону моря.

Выводы. Исследованное оползневое тело в плане можно разделить на три зоны: западную, насыщенную олистолитами; восточную, в которой наблюдается блочная структура, состоящая из олистолитов в нижней части и дисперсного материала в верхней части и центральную с переходным строением. Западная зона оползневого тела сильно застabilизирована олистолитами. Восточная зона представляет собой современный

оползень, по его подошве скользят современные отдельные сравнительно небольшие блоки материала, вероятно, карбонатного состава. Обводнение верхней части разреза подтверждается низкими сопротивлениями грунтов и аномальными проводящими зонами, которые возникли в результате просачивания поверхностных вод в геологический разрез и смачивания оползневого тела.

Литература

1. *Loke, M.H. and Barker, R.D.* Least-squares deconvolution of apparent resistivity pseudosections. *Geophysics*. 1995. V. 60. P. 1682–1690.
2. *Бобачев А. А., Горбунов А.А., Модин И.Н., Шевнин В.А.* Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации. Приборы и системы разведочной геофизики. 2006. N 02 С. 14–17.
3. *Дахнов В.Н.* Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. Москва, «Недра» 1982 г.
4. Инструкция по электроразведке. М. Недра. 1984.
5. Электроразведка. Пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей / По ред. проф. Хмелевского В.К., доц. И.Н.Модина и доц. А.Г.Яковлева. Москва, 2005.

ОБЗОР ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ ПОЛУОСТРОВА ТАЙМЫР

М.С. Мышенкова

МГУ имени М.В. Ломоносова (zf12@rambler.ru)

Ключевые слова: Таймыр, геоморфологические опасности, мерзлотные процессы

Таймырский полуостров экономически не освоен ввиду крайней суровости местного климата и активным развитием процессов, связанных со сплошным распространением многолетнемерзлых пород, затоплениями и заболачиванием. На полуострове расположено всего несколько населенных пунктов и полярных станций, и даже некоторым из них, например, станции «Сопочная Карга», расположенной на берегу Енисея у места его впадения в Енисейский залив, наносят ущерб активно протекающие экзогенные геологические процессы [2].

Наибольшую геоморфологическую опасность на территории Таймырского полуострова представляют процессы, обусловленные промерзанием и протаиванием горных пород. Многолетнемерзлые породы здесь распространены повсеместно, мощность развития мерзлоты достигает глубин 500–600 м.

В районах, прилегающих к побережью, и непосредственно на берегу Карского моря мощность многолетней мерзлоты уменьшается. Оттаивание почв в летний период происходит до глубины 0,6–1,0 м. Максимальное оттаивание наблюдается в котловинах и долинах рек, в долине р. Пясины – до 2 м [4]. В связи со сплошным развитием многолетнемерзлых пород активно протекают термокарстовые и солифлюкционные процессы. На плотных коренных породах развиты термоденудация, термическая планация, связанная с оседанием, выравниванием поверхности при сезонном протаивании мерзлых грунтов и льда в них, и солифлюкция. Там, где распространены рыхлые отложения, преобладают термокарстовые, солифлюкционные формы, бугры пучения и гидролакколиты.

На террасах рек в межгорных долинах Горного Таймыра происходит развитие жильных льдов и сопутствующего им полигонального рельефа, блюдцевидный термокарст. На склонах обычны проявления линейного термокарста (деллевые комплексы).

Территория Северо-Сибирской низменности характеризуется наличием широких заболоченных долин и обширных озёрных заболоченных котловин, расположенных между холмистых равнин и полого-увалистых гряд. Активному заболачиванию, заторфовыванию и заозериванию территории способствует положительный водный баланс, обусловленный превышением атмосферных осадков над испарением при недостаточном стоке в пониженных элементах рельефа, а также криогенные геологические факторы. Последние приводят к образованию бугров на поверхности торфяных массивов, чередующихся с тальми понижениями. Озера здесь нередко окружены крутыми и обрывистыми склонами, происхождение их обусловлено в большинстве случаев просадкой грунтов за счет термокарста. Для территории Горного Таймыра характерны регулярные затопления прирусловых частей речных долин во время бурного непродолжительного весеннего паводка, который начинается в конце июня-начале июля. Подъем воды в крупных реках

достигает 8–10 м [4]. Осенью в период длительных дождей бывает осенний паводок. В прибрежных районах Енисейского залива, акваторий Карского моря и моря Лаптевых в течение безледного периода протекают абразионные процессы. Берег северного побережья Таймыра разрушается со скоростью в среднем 0,2 м/год, северо-западного побережья – со скоростью в среднем 0,3 м/год, Енисейского залива – от 0,2 до 0,7 м/год [1].

К участкам вскрытия пластовых льдов приурочены береговые термоцирки, скорость отступления тыловых стенок которых намного превышает скорость термоабразионного отступления береговых уступов соседних участков.

Таким образом, геоморфологические опасности территории Таймырского полуострова обусловлены в основном деятельностью поверхностных вод, промерзанием и протаиванием горных пород. Данные процессы затрудняют использование территории для строительства, трассирования дорог и т.п. С трудностями, вызванными развитием мерзлотных процессов, сталкивались при строительстве площадок Норильского промышленного района, расположенного южнее; железная дорога Дудинка–Норильск требует постоянного контроля и реконструкции.

В настоящий момент наблюдается тенденция увеличения глубины оттаивания почвогрунтов на Таймырском полуострове, что способствует интенсификации солифлюкции и термокарстовых процессов [3].

Литература

1. Васильев А.А., Стрелецкая И.Д., Черкашев Г.А., Ваништейн Б.Г. Динамика берегов Карского моря // Криосфера Земли, 2006. Т. 10. № 2. С. 56–67.
2. Гусев Е.А. Наблюдения за геоморфологическими процессами на севере Западной Сибири (на примере района Сопочной Карги) // Успехи современного естествознания, 2011. № 9. С. 19–22.
3. Им С.Т., Харук В.И. Изменение водной массы в криолитозоне Средней Сибири по данным дистанционного зондирования GRACE // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии, 2015. Т. 8. № 6. С. 735–743.
4. Качурина Н.В., Макарьев А.А., Макарьева Е.М. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серии Северо-Карско-Баренцевоморская и Таймырско-Североземельская. Лист Т-45–48 – м. Челюскин.
5. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 568 с.

ОБЗОР ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

М.С. Мышенкова

МГУ имени М.В. Ломоносова (zf12@rambler.ru)

Ключевые слова: *Северный Кавказ, геоморфологические опасности, сели, лавины, обвалы,*

Северный Кавказ – густонаселенный и динамично развивающийся регион, расположенный на территории активно протекающих геоморфологических процессов, часть из которых носит катастрофический характер. Высокая динамичность современных экзогенных процессов обусловлена высокой расчлененностью рельефа и принадлежностью к зоне молодой активно формирующейся альпийской складчатости. В данной работе рассматриваются геоморфологические опасности центральной части Северного Кавказа, включающей в себя Карачаево-Черкессию, Кабардино-Балкарию, Северную Осетию-Аланию, Ингушетию и Ставропольский край. Оползневые процессы протекают во всех вышеперечисленных регионах, наиболее активно – на территории Карачаево-Черкессии и Ставропольского края. Основными причинами активизации являются атмосферные осадки, подземные воды, эрозия на речных склонах, в горной зоне – крупные ледово-каменные обвалы. Крупные блоковые оползни и оползни-массивы часто возникают в приразломных зонах и имеют сейсмогенное происхождение. В высокогорной зоне Северного Кавказа существует несколько пульсирующих ледников; ледников с зафиксированными в них подвижками или их следами. Когда концы таких ледников выходят на крутые скалы устьевой ступени, при подвижках, серии землетрясений или мощных обвалах горных пород на ледник происходят обвалы льда или выброс ледника из своего ложа, как это произошло в сентябре 2002 г. с ледником Колка [4]. Также высокогорная и среднегорная зоны Северного Кавказа являются лавиноактивной территорией. Здесь нижняя граница лавиноопасной зоны, за исключением склонов Скалистого хребта, находится на высоте 1350-1100 м. Продолжительность лавиноопасного периода может изменяться от 2-3 дней у нижней границы до 200-300 дней и более в районах с длительным сроком залегания устойчивого снежного покрова [3]. В высокогорной зоне Северного Кавказа также протекают обвально-осыпные процессы, факторами активизации которых являются потепление климата, оттаивание мерзлых пород и эндогенные процессы. В настоящий момент на основе дешифрирования разновременной аэрокосмической информации, аэровизуальных и маршрутных наблюдений выявлено и каталогизировано более десятка современных проявлений обвальных процессов на территории республик центральной части Северного Кавказа [2]. Неоднократные обвалы зафиксированы на междуречье рр. Фиагдон и Терек на Военно-Грузинской дороге ниже с. Нижний Ларс по левому и правому бортам Терека. В результате обвала в 2007 г. дорога была перекрыта на протяжении 50 м [1]. В горной зоне повсеместно формируются селевые потоки. Селевые потоки наблюдаются в высотном диапазоне от 400 до 4000 м. Основная часть селей зарождается выше 2000 м. В высокогорной зоне преобладают грязекаменные потоки, в среднегорной и низкогорной – наносовидные. Грязевые сели встречаются редко. Катастрофические

селепроявления приводят к изменениям морфологии днищ горных долин и наносят значительный ущерб, как, например, в долине р. Баксан в г. Тырыауз в июле 2000 г. и августе 2017 г., долине р. Бирджалысу в августе 2006 г., долине р. Булунгусу в августе 2007 г. и др. К образованию селей приводят прорывы внутриледниковых полостей и приледниковых озер у краев ледников, ливневые осадки, оползни к руслам с образованием короткоживущих завальных водоемов. Чаще всего катастрофические селепроявления приходится на территорию Кабардино-Балкарии, однако крупные сели иногда проходят и в Предгорном районе Ставропольского края. В результате выпадения интенсивных затяжных дождей в период половодья в долинах горных рек возникают дождевые паводки, приводящие к подтоплениям и затоплениям населенных пунктов. Они происходят в среднем 3–4 раза в 10 лет. Таким образом, геоморфологические опасности центральной части Северного Кавказа в основном обусловлены энергией рельефа и деятельностью поверхностных вод. Поскольку регион густонаселен и активно развивается, здесь применяются активные меры по прогнозированию и предупреждению опасных экзогенных процессов. Для обеспечения безопасности населенных пунктов и инфраструктуры от разрушительного воздействия селей осуществляется комплекс различных противоселевых мероприятий. После Кармадонской катастрофы проводится систематическое изучение пульсирующих ледников. Для прогнозирования и предупреждения оползней проводят мониторинг паводков, в борьбе с развивающимися оползнями применяют активные меры. Обнаружение в горах лавинных аппаратов производят на основании геоморфологических и геоботанических признаков. Также осуществляется прогноз времени схода лавин, искусственные спуски лавин путем артиллерийского обстрела лавиноопасных склонов в ночное время.

Литература

1. Асоян Д.С. Динамика опасных геоморфологических процессов в центральной части Северной Осетии-Алании // Геоморфология, 2011. № 4. С. 58-72.
2. Докукин М. Д., Савернюк Е. А., Черноморец С. С. Обвальные процессы высокогорной зоны Кавказа в ххi веке // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике: Всероссийская конференция VII Шукинские чтения. Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, 18–21 мая 2015 г.: Материалы конференции. — МАКС Пресс Москва, 2015. — С. 79–82.
3. Залиханов М.Ч. Снежно-лавиный режим и перспективы освоения гор Большого Кавказа. М.: Официальная и деловая Россия, 2014. 611 с.
4. Котляков В.М., Рототеева О.В., Осокин Н.И. Пульсирующие ледники и ледниковая катастрофа на Северном Кавказе // Вестник Владикавказского научного центра, 2004. Т. 4. № 3. С. 65-71.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕ НА ШЕЛЬФЕ ЧЁРНОГО МОРЯ

М.В. Начева

ИПТС (mari.nacheva@mail.ru)

Ключевые слова: *нефтедобыча, утилизация, отходы, буровой шлам, экологическая обстановка, мониторинг*

Объекты нефтедобычи по степени воздействия на окружающую среду лидируют во многих регионах Российской Федерации. При извлечении и подготовке нефти до момента ее подачи в магистральный нефтепровод в природную среду попадают (кроме нефти) высокоактивные пластовые воды, попутный нефтяной газ, многие химические реагенты, которые используются в бурении скважин и при интенсификации извлечения углеводородов. Ежегодно предприятиями отрасли выбрасывается в атмосферу более 2,5 млн. т. загрязненных веществ, сжигается на факелах около 6 млрд. м³ попутных газов, остаются неликвидированными десятки и сотни амбаров с буровым шламом, забирается около 740 млн. м³ пресной воды [1].

Негативное влияние на окружающую среду начинается уже на этапе поисково-разведочного бурения. Поэтому первое, с чего необходимо начать, это изменить технологию бурения разведочных скважин на более высокоточную, чтобы обеспечить 100%-ное попадание в нефтегазоносный пласт и не бурить несколько скважин, а пробурить одну, тем самым снижая уровень загрязнения морской среды и экономя колоссальные средства в сотни миллионов рублей.

Другой немаловажный аспект – использование более безопасных для окружающей природной среды химических реагентов, входящих в состав буровых растворов. Например, на некоторых нефтедобывающих предприятиях до сих пор применяют высокотоксичный феррохромлигносульфонат (ФХЛС), запрещённый во многих странах мира. Его предельно допустимая концентрация (ПДК) составляет 0,2 мг/л. Феррохромлигносульфонат (ФХЛС) сокращает уровень первичной продукции на 51%, приводит к снижению выживаемости эмбрионов камбалы и повышает процент различного типа уродств. При этом непропорционально развиваются отдельные органы, встречаются циклопы, карлики, личинки с искривлением осевых структур тела [2].

К числу главных источников загрязнения поверхности земли и геологической среды относятся выбуренный шлам, тампонажные растворы, в том числе на нефтяной основе с добавками химреагентов, естественная фильтрация загрязненных вод от буровых площадок и амбаров; закачка производственных отходов в заколонное пространство пробуренных скважин; загрязнение свалками мусора и бытовыми сточными водами.

В литературе приводятся разные данные по условиям складирования бурового шлама, буровых сточных вод и буровых растворов в открытых земляных котлованах (амбарах). Считается, что каждый котлован одиночной скважины может содержать от 60 м³ и более бурового шлама и 200–300 м³ бурового раствора, в составе которых может присутствовать до 20 м³ нефти и 1 м³ реагентов [1], вследствие чего во избежание дальнейшего загрязнения природной среды необходимо накопленные отходы бурения утилизировать, шламовые

амбары ликвидировать, а котлованы (отработанные карьеры), выполняющие их роль – рекультивировать.

По возможности следует проводить термическую утилизацию непосредственно на буровой платформе [3]. Это следует выполнять по мере поступления отходов, чтобы их не накапливать, что, в свою очередь, позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду от транспорта для перевозки отходов до места их складирования, сократить использование земельных ресурсов под площадки для хранения отходов бурения и свести к нулю вероятность аварийных ситуаций при перевозке отходов по морю и суше до места их дислокации.

Завершающим этапом для нормализации экологической обстановки будет проведение предприятием несколько раз в год эколого-геодинамического мониторинга. Данная система мониторинга в соответствии с Концепцией [4] и Руководством [5] должна обеспечивать экологическую и геодинамическую безопасность длительной разработки месторождений углеводородного сырья поликомпонентного состава. Мониторинг должен осуществляться в соответствии с предусмотренной в каждом конкретном проекте программой, содержащей обоснование организации систем наблюдений за сейсмической и деформационной ситуациями, оптимальный состав методов, а также аппаратно-методическое обеспечение и режим наблюдений, адекватные задачам мониторинга.

Внедрение предложенных научно-обоснованных рекомендаций позволит намного улучшить экологическое состояние окружающей природной среды в районах добычи нефтеуглеводородов, снизить антропогенную нагрузку на природную экосистему, повысить качество жизни и здоровья людей, живущих в области месторождений.

Литература

1. Концепция – геодинамическая безопасность освоения углеводородного потенциала недр России. Москва: Изд-во ИГиРГИ, 2000. 56 с.
2. *Мойсейченко, Г.В. Резистентность* молоди лососёвых и их кормовой базы к воздействию буровых компонентов / Г.В. Мойсейченко, В.Л. Абрамов // 5-е Всероссийское совещания по систематике, биологии и разведению лососевых рыб: материалы. – Санкт-Петербург, 1994. С. 126–127.
3. Руководство по геодинамическим наблюдениям и исследованиям для объектов топливно – энергетического комплекса. – Москва: Изд-во ИГиРГИ, 1997. 12 с.
4. *Начева М.В., Воскресенская Е.Н.* Анализ современных методов утилизации бурового шлама // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов России». М., 2017. № 4 (152). С. 81–93.
5. *Хаустов, А.П.* Охрана окружающей среды при добыче нефти: монография / А.П. Хаустов, М.М. Редина. Москва: Дело, 2006. 551 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОРА МЕЖДУ ГАЗОМ И ЖИДКОСТЬЮ В ГИДРОТЕРМАХ КАМЧАТКИ

И.Ю. Николаева¹, А.Ю. Бычков²

МГУ имени М.В. Ломоносова (¹- niko-geo@mail.ru,²- andrewbychkov@rambler.ru)

Ключевые слова: *распределение компонентов, гидротермальный флюид, формы переноса, современные термальные системы*

Характер распределения бора между термальным раствором и газовой фазой различных гидротермальных систем сильно различается. Для скважин Мутновской ГеоЭС распределение бора соответствует теоретической зависимости. Такие же закономерности наблюдаются для источников Донного поля Мутновского вулкана, Долины Гейзеров, Кальдеры Узон и Верхне-Апапельских источников. Для термальных источников Академии Наук, Дачных, Медвежьих и отчасти источников Кальдеры Узон концентрация бора в конденсате на порядки превышает равновесную при температуре кипения воды. Это может быть связано с двумя причинами: наличие неизвестных легколетучих форм переноса бора или отсутствием равновесия между жидкостью и газом. Поскольку в конденсатах с высоким содержанием бора не обнаружены другие компоненты в сопоставимых с бором концентрациях, мы полагаем, что первая причина пока не доказана. Бор образует много летучих соединений: гидриды, фториды, хлориды, органические эфиры борной кислоты и борорганические соединения. Все эти вещества легко гидролизуются, поэтому трудно предположить их преобладание в водяном пару. Диагностика новых летучих форм бора в природных газах требует специальных методов исследования. Нам кажется, что более убедительная причина высоких значений коэффициентов распределения бора – отсутствие равновесия между парогазовой фазой и грунтовыми водами на поверхности. Хотя в большинстве термальных источников мы можем наблюдать барботаж газа через раствор ("кипящие источники"), из глубины поступает только парогазовая струя. У поверхности она взаимодействует с грунтовыми и поверхностными водами. При этом происходит конденсация пара или испарение грунтовых вод в зависимости от энтальпии (теплосодержания) парогазовой смеси. Если к поверхности поднимается двухфазная смесь гидротермального раствора с паром, то коэффициенты распределения бора будут близки к равновесным. Если же к поверхности поступает сухой пар, температура которого выше, чем равновесная с жидкой водой при данном давлении, то мы наблюдаем аномальные коэффициенты распределения. Такие особенности газовой фазы характерны для пародоминирующих систем. Эксперименты над термальными источниками показали, что при взаимодействии перегретого водяного пара с грунтовой водой не происходит равновесного обмена компонентами. Чем больше перегрет пар, тем дальше от равновесия уходит система. Коэффициент распределения показывает степень неравновесности и является функцией энтальпии парогазовой фазы. Формирование перегретого или сухого пара происходит при кипении глубинного раствора в пласте при высокой температуре и давлении. Если такой пар поднимается к поверхности не испытывая потери тепла, его температура снижается только за счет адиабатического расширения и на поверхности превышает 100°C. Такие паровые струи известны на Дачных, Северо-Мутновских

источниках и на источниках Академии Наук. По всей видимости, конденсат газовой фазы, полученный из этих струй и спонтанных газов окружающих источников, соответствует равновесию газ-жидкость в условиях пласта. Зная содержание бора в глубинной термальной воде и концентрацию в конденсате, можно оценить температуру кипения в пласте по экспериментальным данным. Мы предположили, что глубинный гидротермальный раствор для Северо-Мутновских и Дачных источников одинаковый и соответствует вскрытому скважинами. Тогда для Северо-Мутновских источников получена оценка 310°C, для Дачных – 260°C, эти температуры хорошо совпадают со значениями, рассчитанными по газовым геотермометрам. Для Донного поля можно провести такую же оценку, исходя из предположения о едином источнике глубинного флюида. Тогда температура кипения глубинного флюида Донного поля составляет 244°C. Для гидротермальной системы кальдеры Узон оценку состава глубинного флюида можно сделать по растворам, вскрытым скважинами. Расчетные температуры составляют 250, 160 и 290°C для I, II и III участков Восточного термального поля соответственно. Эти температуры также близки к оценкам, полученным по газовым равновесиям. Наиболее высокая температура получена для гидротерм источников Академии Наук – 320°C, где оценка состава глубинного флюида сделана по составу раствора гейзера Новый. Это может быть последствием активизации гидротермальной системы после извержения 1996 года. Коэффициент распределения бора между газовой и жидкой фазами в термальных источниках может служить геохимическим показателем теплосодержания паровой фазы, но для его использования необходимы дальнейшие исследования. Конденсаты из перегретых паровых струй являются важными индикаторами процессов, происходящих в недрах гидротермальных систем. Содержание в них других элементов следует интерпретировать не как следствие равновесий на поверхности, а как результат кипения гидротермального раствора при более высоких температуре и давлении.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №17-05-00257

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ В ТРЕЩИНОВАТО-ПОРИСТЫХ ФЛЮИДОЗАПОЛНЕННЫХ СРЕДАХ – АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СВЯЗНОСТИ ТРЕЩИН НА ЗАТУХАНИЕ ВОЛН

М.А. Новиков

ИНГГ СО РАН (mishutikrus@yandex.ru)

Ключевые слова: Модель Био, пороупругость, индуцированные волной потоки флюидов, сейсмическая затухание, распространение волн, дискретная система трещин.

На данный момент одним из перспективных направлений в геофизике является изучение различных механизмов затухания сейсмических волн в трещиновато-пористых флюидонасыщенных породах. Особый интерес представляют потоки флюидов, индуцированные сейсмическими волнами (от английского wave-induced fluid flow, WIFF). Выделяют два типа таких потоков. Наибольшее влияние на сейсмический сигнал в низкочастотном диапазоне оказывает первый тип - переток флюида между вмещающей породой и материалом в трещинах и в основном характеризуется контрастностью их транспортных свойств. При распространении высокочастотных колебаний вплоть до 10 кГц проявляется второй тип - переток флюида в трещинах - и характеризуется преимущественно связностью, ориентацией и геометрией систем трещин. Проявление таких потоков в регистрируемых полях в виде частотно-зависимого поглощения сейсмической энергии может быть использовано для оценки транспортных свойств трещиноватых коллекторов углеводородов. В последние годы данному явлению были посвящены теоретические исследования [1], а также численный анализ с использованием как квазистатических тестов [2], так и полноволнового моделирования [3]. Однако, как правило, изучение второго типа WIFF, в частности, анализ влияния связности трещин на затухание сейсмических волн, ограничивается рассмотрением достаточно простых моделей трещиноватых сред, например, равномерное распространение двух наборов трещин с обязательным пересечением каждой трещины хотя бы с одной трещиной из другого набора и, наоборот, с отсутствием пересечений. Пересекающиеся трещины в таком случае не формируют мезомасштабные перколирующие системы. Единственным известным случаем отхождения от такой концепции можно отметить лишь работу [4], где авторы работ исследуют влияние длины трещин и числа пересечений на затухание.

Работа посвящена исследованию влияния связности трещин на поглощение сейсмической энергии в трещиновато-пористых флюидонасыщенных средах с использованием более сложных моделей трещиноватых сред. Рассматриваемые системы трещин были сформированы при помощи алгоритма имитации отжига, где максимизации подвергался целевой функционал, содержащий вероятность перколяции в среде. В качестве начальной системы использовалось равномерное распределение трещин двух типов – перпендикулярных и параллельных направлению распространения волны. Всего было построено 10 реализаций по 6 различных стадий перколяции. Проведен статистический анализ геометрии систем трещин: были построены их срединные линии, которые впоследствии были разделены на неразветвленные участки («плечи»), получены средние

количество, длина, расстояние между концами, интегральная кривизна и извилистость плеч в зависимости от ориентации плеча. С использованием построенных моделей трещиноватых сред был проведен ряд численных экспериментов, основанных на численном решении задачи распространения плоской волны с центральной частотой в диапазоне от 1 до 10 кГц с применением конечно-разностной аппроксимации динамической системы уравнений Био. Полученные волновые поля свидетельствуют о существенной диссипации энергии волны на системе связанных трещин. Деконволюция осредненных сигналов, зарегистрированных до входа в трещиноватую среду и после распространения в ней, была использована для построения частотно-зависимых оценок затухания волны. Наряду с полученными оценками приведены теоретические оценки затухания, вызванного рассеянием волны на системе трещин [5], демонстрирующие доминирование этого механизма затухания на высоких частотах. Построенные оценки затухания свидетельствуют о значительном росте затухания волны с ростом вероятности перколяции в трещиноватой среде.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда, проект 17-17-01128.

Литература

1. Guo J., et al. Effects of fracture intersections on seismic dispersion: theoretical predictions versus numerical simulations // Geophysical Prospecting. - 2017. - V. 65. - N. 5. - pp. 1264-1276.
2. Rubino J. G., et al. Seismoacoustic signatures of fracture connectivity // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. - 2014. - V. 119. - N. 3. - pp. 2252-2271.
3. Novikov M., et al. (2017), Numerical study of fracture connectivity response in seismic wavefields, in SEG Technical Program Expanded Abstracts 2017, edited, pp. 3786-3790.
4. Hunziker J., et al. Seismic attenuation and stiffness modulus dispersion in porous rocks containing stochastic fracture networks // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. - 2018. - pp. n/a-n/a.
5. Rytov S. M., Kravtsov Y. A., and Tatarskii V. I. Principles of Statistical Radiophysics 2. Correlation Theory of Random Processes. - Springer-Verlag Berlin Heidelberg. - 1988. - 234 pp.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ ОТНОШЕНИЙ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ОНГОНИТОВОГО РАСПЛАВА МАССИВА АРЫ-БУЛАК

А.С. Новикова¹, Я.О. Алферьева²

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

¹ – novikova-a-s@yandex.ru, ² – YanaAlf@ya.ru

Ключевые слова: онгониты, эксперимент, массив Ары-Булак

По литературным данным была детально изучена и обобщена минералогическая, петрохимическая и петрографическая зональность массива. (Гайворонский Б.А. и др., 1973, Коваленко В.И. и др., 1976, 1999, Антипин В.С., Перетяжко И.С. и др., 2010, 2011, Peretyazhko I.S., 2006). Рассмотрены гипотезы образования зональности массива согласно Коваленко В.И., Антипину В.С. и Перетяжко И.С. Проведено изучение предыдущих экспериментальных исследований высокофтористых гранитных систем (Коваленко В.И., 1999, Manning, D.A. 1980). Образцы из трех разных зон были предварительно проанализированы методом РФА в Институте геологии рудных месторождений и ICP MS на кафедре геохимии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Проведено экспериментальное изучение условий образования трех разновидностей пород массива Ары-Булак: порфировидные, афировые и высококальциевые онгониты краевой фации юго-западного эндоконтакта. Эксперименты были выполнены при температурах 700 и 800°C, давлении 1 кбар на гидротермальной установке высокого давления. Продолжительность экспериментов при 700°C 14 суток, при 800°C 7 суток. К измельченным образцам пород добавлялось различное количество воды: 3, 10 и 15 масс.%. Продукты эксперимента были проанализированы локальными методами с помощью электронно-зондового энергодисперсионного микроанализатора на базе растрового электронного микроскопа Jeol JSM-6480LV (спектрометр INCA-Energy 350). Определены составы ликвидусных фаз и условий начала кристаллизации онгонитов из разных зон массива, изучено влияния содержания воды на ход кристаллизации пород. По результатам эксперимента выяснилось, что изменение содержания воды в указанном диапазоне существенно не влияет на фазовые равновесия в системе. Температура ликвидуса достигается только для афировой и высококальциевой разновидностей онгонитов. При температуре 800°C в богатых фтором и кальцием породах эндоконтактовой зоны ликвидусными фазами являются флюорит и топаз. В обедненных фтором, но богатых кремнием породах центральной зоны при данной температуре стабилен только силикатный расплав. При понижении температуры до 700°C в богатых кальцием породах достигается поле устойчивости плагиоклаза. Также обнаружена аморфная высококремнистая глиноземсодержащая фаза. В центральной зоне сохраняются надликвидусные условия. Ликвидусными фазами являются топаз и флюорит. Тренд кристаллизационной дифференциации направлен в сторону уменьшения содержания фтора в остаточных порциях магматического расплава и роста содержаний кремнезема и щелочей.

МЕХАНИЧЕСКАЯ СТРАТИГРАФИЯ ДОМАНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НЕТРАДИЦИОННЫЕ ЗАПАСЫ НЕФТИ)

И.И. Нугманов, Э.Р. Зиганшин, Д.Н. Зайцев, Ф.Ф. Хуснутдинов

ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет" (ilmir.nugmanov@kpfu.ru)

Ключевые слова: геомеханика, породы доманикоидного типа, петрофизика, керн.

Доля трудноизвлекаемых запасов нефти, к числу которых относятся и сланцевые углеводороды, в России и Республике Татарстан велика и по оценкам составляет 65 % от общего объема запасов углеводородного сырья. В условиях все увеличивающегося ухудшения структуры запасов весьма актуальными в Татарстане являются поиски новых источников углеводородов, приуроченных к доманиковым карбонатно-кремнистым отложениям. Разработка таких отложений возможна лишь подземным способом, для чего повышенного внимания требует их литолого-петрофизико-геомеханическое изучение, так как добыча углеводородов из них не может быть основана на традиционных технологиях. Объектом исследования являлся керн скважин Мамадышской, Верхне-Гарейской, Чишминской, Бондюжской площадей, расположенных в пределах Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП), а также Бавлинской площади на юго-востоке Южно-Татарского свода (ЮТС) территории Республики Татарстан. Породы доманикоидного типа в пределах ККСП представлены отложениями речичского и семилукского горизонтов франского яруса верхнего девона. В пределах ЮТС - отложениями данково-лебединского горизонта фаменского яруса верхнего девона. Выделение литологических фаций проводилось по общности минералогического и химического состава, структурно-текстурным особенностям. Деформационные и прочностные свойства определялись в условиях моделирующих пластовые по температуре и горному давлению. На основе измерений скорости прохождения продольных и поперечных ультразвуковых импульсов и объемного веса, были рассчитаны динамические упругие модули: модуль Юнга и коэффициента Пуассона. Статические модули упругости определялись в условиях трехосного осесимметричного сжатия по нисходящей ветви цикла «нагрузка-разгрузка» в диапазоне 20-40 % от предела прочности на сжатие. В результате проведенных исследований установлены различия петрофизических и геомеханических свойств для разных литотипов пород доманикоидного типа. Выявлено влияние вторичных изменений пород на неоднородность геомеханических свойств. По результатам литохимических исследований получены данные о микроэлементном составе доманикитов, что является важной информацией для оценки экологических рисков при разработке сланцевых формаций. Высокие содержания никеля, урана, значительно превышающие кларковые, представляют собой потенциальную экологическую опасность при добыче сланцевых углеводородов. Закономерности распределения фаций и основных скоплений органического вещества в доманикитах свидетельствуют о мощном влиянии на биогенную седиментацию, во-первых, Уральского глубоководного бассейна, а во-вторых - процессов активизации рифтогенеза Восточно-Европейской платформы, сопровождавшегося вулканизмом и периодическим внедрением в бассейн осадконакопления глубинных флюидных систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 02.G25.31.0131)

Литература

1. Fadeeva N.P., Kozlova E.V., Poludetkina E.N., Shardanova T.A., Pronina N.V., Stupakova A.V., Kalmykov G.A. and Khomyak A.N., The hydrocarbon-generation potential of the Domanik rocks in the Volga-Ural petroliferous basin, Moscow University Geology Bulletin, vol. 71, issue. 1, pp. 41-49., 2016.
2. Peterson J.A. and Clarke J.W., , Geology of the Volga-Ural petroleum province and detailed description of the Romashkino and Arlan oil fields, U.S. Geological Survey Open-File Report 83-711, 90 p., 1983.
3. Voitovich S.E., Dusmanov E.N., Khamidullin D.N., Mikulinskii E.V., The results generalization of special studies of domanic sediments of the 444 deposit of the Romashkino field, Georesursy, Special issue, pp. 14-21, 2018, doi: <https://doi.org/10.18599/grs.2018.SI.14-21>
4. Zaydelson M.I., Surovnikov E.Ya., Vaynbaum S.Ya., Bellerova V.A. and Ashirov K.B., Oil and gas potential of the Domanikoid associations of the Volga-Ural Province, International Geology Review, vol. 33, issue 3, pp. 243-262.
5. Onishchenko Y.V. , Vakhin A.V. , Gareev B.I. , Chemodanov A.E. , Morozov V.P. Oil sourcemass and oil generation phase of Domanic deposits of Tatarstan: biomarker data, Proceeding in 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. - SGEM 2017. - V. 17. - Is. 15. - P. 373-380.

ПРОГНОЗ ТРЕЩИНОВАТОСТИ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ СЕМИЛУКСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

Н.В. Нугуманова, С.П. Новикова, С.В. Сидоров, Л.И. Минихаиров, И.И. Багманов

ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет"
(natalya.bokova.kazan@gmail.com)

На современном этапе развития нефтяной промышленности Татарстана важнейшим фактором становятся восполнение и прирост за счёт запасов нефти в нетрадиционных коллекторах. К перспективным объектам, имеющим распространение на территории Волго-Уральской нефтяной провинции, относятся отложения семилукского горизонта франского яруса верхнего девона. Признаки нефтеносности и данные эксплуатации позволяют рассматривать этот комплекс как перспективный для восполнения нефтяных ресурсов [4].

Целью данной работы являлись анализ трещиноватости и прогноз её распространения в районе нефтяной залежи семилукского возраста на примере Шуганского поднятия Муслумовского месторождения. Нефть залегает в трещинно-порово-каверновых карбонатных коллекторах. Несмотря на то, что залежь находилась в эксплуатации, данные отложения остаются одними из самых недоизученных на территории Татарстана.

Результаты проведённых исследований могут быть полезны при проведении расчётов на гидродинамических моделях (ГДМ). Шуганское поднятие в тектоническом плане приурочено к северо-восточному склону Южно-Татарского свода. Так же область исследования охватывает бортовую зону Камско-Кинельской системы Актаныш-Чешминского прогиба. В пределах месторождения поверхность кристаллического фундамента испытывает общее погружение в северо-восточном направлении в сторону Камско-Бельского авлакогена. Поверхность осложнена рядом малоамплитудных локальных положительных и отрицательных структурных форм. Система разломов северо-западного простирания образует ступенчатое погружение, что привело к образованию выступов фундамента и созданию структур облекания в вышезалегающих семилукских отложениях [3]. По данным сейсморазведочных работ по ОГ «А» поднятие приурочено к зоне грабенообразного прогиба и представляет собой приподнятый блок между Грачёвским и Шуганским прогибами. Поднятие имеет небольшие размеры и амплитуду. Прогибы имеют субширотное простирание. Структурный план по подошве ОГ «Д» наследует черты кристаллического фундамента. Так же прослеживаются прогибы, выделенные в фундаменте. Амплитуда и размер поднятия становятся больше, но оно остаётся малоамплитудным. Семилукские отложения по условиям осадконакопления относятся к зоне глубоководного шельфа. Разрез характеризуется чередованием тёмно-серых до чёрных глинисто-битуминозных известняков и мергелей, иногда с прослоями биогермных и доломитизированных известняков и доломитов, а также окремнелых, глинисто-битуминозных сланцев. Коэффициент пористости пород-коллекторов по геофизическим и керновым данным изменяется в широких пределах от 4 до 20,9 %% (среднее значение - 10,9 %). Значение нижнего предела коэффициента пористости для семилукского горизонта составляет 4 %. По данным макроописания керна эксплуатационной скважины Бухарского месторождения в породах наиболее развиты горизонтальные трещины, которые

определяют фильтрационно-емкостные свойства пород (ФЕС). Вдоль плоскостей этих трещин развиты каверны и поры выщелачивания, размер которых может достигать по длине до 3,5 см, при высоте до 1-1,2 см, часто они заполнены нефтью [1,11]. По макроописанию керна разведочной скважины Муслумовского месторождения породы характеризуются скрытозернистой структурой, плотным сложением, полосчатой и горизонтально-слоистой текстурой за счет неравномерно послойного распределения органического вещества и светло-серых известковых прослоек. Отмечаются редкие трещинки, залеченные аутигенным кальцитом. Электронно-микроскопический анализ показал, что в визуально плотных карбонатно-кремнистых породах, обогащенных органическим веществом, пустотное пространство, представлено преимущественно субкапиллярными порами и каналами, чей радиус сопоставим с межкристаллическими порами. При анализе обводнения, который основывался на сопоставлении времени обводнения скважин с нижними отметками перфорации, выявлены две группы скважин: 1 – чем выше по гипсометрическим отметкам нижний интервал перфорации, тем позже начинается обводнение, наблюдается постепенный рост обводнённости продукции (пластовая залежь); 2 – обводнение начинается сразу после ввода скважины в эксплуатацию, что говорит о близости пластовых вод к нижней дыре перфорации или наличии возможной трещиноватой зоны (массивная залежь). По результатам анализа обводнения продукции скважин можно предположить, что в южной части залежи развиты коллектора преимущественно порового типа, в то время как в северной части залежи – трещиноватого типа. Таким образом, возможно разделение залежи на два блока по типам коллекторов. Влияние трещиноватости на ФЕС коллекторов поднятия увеличивается с юго-запада на северо-восток. Приведенные выше данные керновых исследований подтверждают, что карбонатные являются сложно-построенными и неоднородными по ФЕС и нефтенасыщению по площади и по разрезу [7,9]. Сравнивая два близко расположенных поднятия, Шуганское и Нуриевское, можно предположить, что скопления нефти в семилукских отложениях имеют связи не только со структурными элементами локальных поднятий. Проницаемость обусловлена в основном трещиноватостью, формирующей малоёмкие разобщённые резервуары, в результате чего высокие начальные дебиты нефти быстро снижаются, а в новых скважинах, пробуренных на небольшом расстоянии от продуктивных скважин, получают незначительный приток нефти или вовсе не получают притока [2,5]. Для освоения нетрадиционных источников углеводородов на практике применяют гидроразрыв пласта (ГРП) и воздействие на призабойную зону пласта гидроакустическим генератором. Эффективность проведения этих методов зависит от уже существующих естественных трещин, анизотропии современного напряженно-деформированного состояния и статических геомеханических показателей пласта [8,10]. Для анализа тектонической трещиноватости в данной работе в программе WinLESSA по топографической карте (1:25000) применен метод аэрокосмогеологического исследования – линеаментный анализ [6]. При анализе пространственного взаиморасположения линеаментов были выделены две системы линеаментов, плотность которых увеличивается в восточной части изучаемого поднятия. Анализ взаимной ориентации по розе-диаграмме показывает, что первая система трещин совпадает с направлением русел рек, вторая система линеаментов имеет такое же направление как грабенообразные прогибы фундамента. Линеаменты этого направления предположительно связаны с геологическим

структурами и системой трещин тектонического происхождения. Результаты данной работы далее использовались при построении ГДМ с целью воспроизведения фактического отбора нефти. В условиях недостатка данных сходимость дебитов в ГДМ с реальными принята как важный критерий допустимости предлагаемого геологического строения. После заложения в модель распределения трещин, описанного выше, была получена хорошая сходимость между историческими и рассчитанными дебитами: прогнозировались свойства трещин, такие как направленность, протяженность, раскрытость, угол наклона, проницаемость. Предложенный в статье подход по исследованию трещиноватости позволяет получить информацию для прогнозирования перспективных объектов и уменьшить риски при их разведке и разработке. Информация по ориентированию трещин позволит бурить наклонно-направленные скважины и скважины с горизонтальным окончанием ствола, пересекающие большое количество трещин для достижения высоких дебитов. Также выявление наличия естественных трещин позволит повысить эффективность проведения работ при ГРП.

Выражаем благодарность компании АО "Меллянефть" и главному геологу АО "Меллянефть" Р.Р. Галееву. Работа выполнена при финансовой поддержке средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Литература

1. The first data on the porous space structure of the Domanik shales as a potential object for EOR applying. R Kadyrov and E Statsenko 2018 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 155 012022
2. Белоновская Л.Г., Булач М.Х., Гмид Л.П. Роль трещиноватости в формировании емкостно-фильтрационного пространства сложных коллекторов. //Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. Т. 2. С. 28-116.
3. Ларочкина И.А. Концепция системного геологического анализа при поисках и разведке месторождений нефти на территории Татарстана. Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2013. 232с.
4. Муслимов Р.Х., Абдулмизитов Р.Г., Хисамов Р.Б. и др. Нефтегазоносность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений. Казань: Изд-во «ФЭН» Академии наук РТ. Том 1, 2007. 316 с.
5. Плотникова И.Н., Остроухов С.Б., Лаптев А.А. и др. Миграционный аспект формирования нефтеносности доманика Татарстана. // Георесурсы. 2017. Т. 19, №4, Ч. 2, С. 348-355.
6. Сунгатуллина Р.Р. Опыт и перспективы изучения трещиноватости карбонатных коллекторов на примере скважины №315 Юркинского месторождения. [Электронный ресурс]: <http://www.tatnipi.ru>
7. Хисамов Р.С., Базаревская В.Г., Михайлова О.В., Подалов В.Б. Доманиковые продуктивные отложения татарстана - аналог «сланцевых плеев» США. //Недропользование - XXI век. 2016. №3 (60). С.84-93.
8. Хисамов Р.С., Базаревская В.Г., Тарасова Т.И., Гибадуллина О.Г., Зиятдинов А.Г. Анализ результатов опытно-промышленных работ в скважинах на доманиковые отложения на месторождениях Республики Татарстан. Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. Выпуск №LXXXV. Набережные Челны, ООО «Экспозиция Нефть Газ». 2017. С. 78-85.
9. Хисамов Р.С., Губайдуллин А.А., Базаревская В.Г., Юдинцев Е.А. Геология карбонатных сложно

СОПОСТАВЛЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ НА РАЗНЫХ МАСШТАБНЫХ УРОВНЯХ ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГО- ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Е.В. Нугманова¹, И.И. Нугманов²

ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет"⁽¹ - Ekaterina.Eronina@kpfu.ru,
² - ilmir.nugmanov@kpfu.ru)

Ключевые слова: глобальное поле напряжений, гидравлический разрыв пласта, микросейсмический мониторинг, геофизические исследования скважин, трещина, дистанционное зондирование.

Объекты исследования - месторождения нефти - расположены в пределах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и приурочены к различным надпорядковым тектоническим элементам Печорской плиты. Задачей исследований являлось сопоставление геолого-геофизических данных, которые позволяют охарактеризовать трещиноватость массива горных пород, выявить разломную тектонику на поверхности и глубине, а также установить направление осей главных напряжений. Рассматриваемые в контексте работы породы-коллектора являются частью естественно трещиноватых массивов горных пород. В качестве информационной основы о структурной модели (система мезо разломов) использованы результаты атрибутивного анализа инверсии сейсмических данных 3D. Данные скважинных микросканеров FMI/DSI имелись лишь для одного месторождения в карбонатных коллекторах. Наземный микросейсмический мониторинг многостадийного гидроразрыва пласта в горизонтальных и/или вертикальных скважинах выполнен на всех объектах исследования. Характеристика регионального поля напряжений и геодинамическая обстановка формирования крупных разломов получена по результатам структурно-геоморфологического метода по данным линеamentного анализа космических снимков. Результаты сопоставления ориентации оси максимального горизонтального сжатия SH_{max} по данным структурно-геоморфологического метода (региональный масштаб) и данных микросейсмического мониторинга развития магистральной трещины ГРП (локальный масштаб) показывают высокую сходимость. Оперяющие основной разлом трещины скола и отрыва выражены линеamentами на космических снимках. Сопоставление результатов микросейсмического мониторинга ГРП и данных о распределении трещин по имиджу FMI позволяет сделать важное заключение: жидкость разрыва в процессе ГРП использует predetermined систему трещин в карбонатных коллекторах. Направление трещиноватости установленное в масштабе скважины (FMI) имеет не только около скважинное (результаты микросейсмического мониторинга ГРП, сотни метров), но и региональное распространение (результаты линеamentного анализа, десятки и сотни километров). Наблюдаемая на ряде скважин переориентация оси максимального горизонтального сжатия по данным микросейсмического мониторинга ГРП, может быть объяснена влиянием разлома, не выявленного по материалам площадной сейсмической разведки 3D. Основным фундаментальным выводом полученным по результатам исследований является обоснование ведущей роли современного тектонического поля напряжений на кинематику

трещиноватости. Практический вывод заключается в необходимости избирательного воздействия на трещиноватые массивы горных пород с целью достижения максимального уровня добычи на разрабатываемых месторождениях.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ
(проект № 02.G25.31.0131)*

Литература

1. *Nugmanov, I. I. et al.* Morphological characteristic of hydraulic fracturing according to the results of microseismic research / I. I. Nugmanov // (2015) International Journal of Applied Engineering Research. - 10 (24). - 2015. - P. 45214-45223.
2. *Shafiei, A. & Dusseault, M. B.* Natural Fractures Characterization in a Carbonate Heavy Oil Field / A. Shafiei, M. B. Dusseault // ARMA 12-443. - Presented at the 46th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium, 24-27 June 2012, Chicago, IL, USA.
3. *Sim, L. A.* Some methodological aspects of tectonic stress reconstruction based on geological indicators / L. A. Sim // C. R. Geoscience - V. 344 - 2012 - P. 174-180.
4. *Lorenz, J. C.* Stress-sensitive reservoirs / J.C. Lorenz // SPE 50977. -JPT. -January 1999. - P. 61-63.
5. *Sperner, B. et al.* Tectonic stress in the Earth's crust: advances in the World Stress Map project. / In: Nieuwland, D. A. (Ed.) // New insights into structural interpretation and modelling, (Geological Society special publications, Vol. 212). - London : The Geological Society. - 2003. - P. 101-116.

ВОПРОСЫ К ИЗУЧЕНИЮ МОРСКИХ ЛАНДШАФТОВ

Т.В. Панкеева , Н.В. Миронова, А.В. Пархоменко

Филиал МГУ имени М.В.Ломоносова в г. Севастополе (geoeco@sev.msu.ru)

Ключевые слова: макрофиты, цистозира, филлофора, ландшафт, донные природные комплексы, Черное море.

Необходимость разработки научно-обоснованных рекомендаций, направленных на сохранение и восстановление ресурсов шельфа, привело к интенсивному формированию теоретико-методологических основ морского ландшафтоведения. По мере развития направления исследователи приводили различные определения и трактовки морского ландшафта: «аквальный ландшафт», «подводный ландшафт», «субаквальный ландшафт», «водный природный комплекс», «донный природный комплекс». В последствии накопленные сведения по подводным ландшафтам позволили ввести картографические методы в их практику и сформировать концепцию морфологического строения различных типов дна [1]. Для Чёрного моря, к настоящему времени, рядом авторов проведены исследования ландшафтной и морфологической структуры береговой зоны: К. М. Петровым (1989, 1999), Н.Н. Митиной (2005), Т.В. Панкеева и др., (2014), показано его физико-географическое районирование Н.Н. Митиной, Е.В. Чуприной (2012); А.Н. Тамайчуком (2009), дана характеристика глубоководных ландшафтов континентального склона Л.А. Пасынковой (2008), рассмотрены подходы к определению устойчивости черноморских донных ландшафтов к природным и антропогенным факторам Н.Н. Митиной (2005), Л.А. Пасынковой (2010), введено понятие «морской антропогенный ландшафт» и предложена его типизация по преобладающим видам хозяйственной деятельности Е.А. Позаченюк М.В. Пенно., (2013), дана оценка экосистемным функциям донных ландшафтов Т.В. Панкеевой, Н.А. Мильчаковой (2013). Тем не менее, работ, посвященных черноморским подводным ландшафтам и особенно прибрежной зоне Крымского полуострова, недостаточно, учитывая, что крымские побережья характеризуются значительным видовым разнообразием, уникальностью местообитаний, высокой степенью сохранности акваторий. На примере акватории б. Ласпи (юго-западное побережье региона Севастополя) показаны особенности распределения запасов макрофитов и их доминирующих видов с учётом ландшафтной структуры дна. По результатам гидроботанической съёмки, проведённой в бухте летом 2016 г., в ландшафтной структуре дна выделено семь типов донных природных комплексов (ДПК) с учётом доминирующих черноморских видов макрофитов: цистозир, филлофоры и zostеры. Показано, что типичным ДПК б. Ласпи является подводный крутой абразионный склон, сложенный глыбово-валунными отложениями с преобладанием видов цистозир, который распространён на глубине 1–5 м. Данный ДПК имеет широтное простираие и максимальный площадной показатель 15,2 га (27,8 %). В б. Ласпи сформировался уникальный тип ДПК – слабонаклонённая аккумулятивная равнина, сложенная алевроитопсаммитовыми отложениями с преобладанием видов zostеры, который получил распространение в центральной части бухты на глубине 9-12 м, площадь которого

составляет 13,6 га (25,0 %). Для центральной части б. Ласпи на глубине от 3 до 10 м характерен ДПК слабонаклонённая аккумулятивная равнина, сложенная псаммитовыми отложениями с выраженными рифелями, лишенная донной растительности. Выявлено, на подводном абразионном склоне на глубинах от 5 до 10 м расположены переходные ДПК. Так, северо-западной части бухты сформировался ДПК - подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с преобладанием видов цистозеры, а на алевроито-псаммитовых отложениях с доминированием видов зостеры., в юго-восточной части - подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с доминированием видов цистозеры, и с чередованием галечно-гравийных отложений с битой ракушкой, где преобладает филлофора курчавая [2]. Полученные данные о ландшафтной структуре бухты Ласпи могут быть использованы для обоснования приоритетных территорий и акваторий, которые требуют заповедания.

Литература

1. *Миронова Н.В. Панкеева Т.В.* Многолетние изменения запасов макрофитов и их связь с ландшафтной структурой дна (Бухта Ласпи, Крым, Чёрное море) / Н.В. Миронова, Т.В. Панкеева // Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования: материалы Всерос. (с междунар. участием) науч. шк.-конф., посвящ. 115-летию со дня рождения А. А. Уранова (г. Пенза, 10–14 мая 2016 г.) / под ред. Н. А. Леоновой. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2016– С. 389-394.
2. *Петров К.М.* Подводные ландшафты: теория, методы исследования / К.М. Петров – Л.: Наука, 1989. – 124

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ГЕОМОРФОДИНАМИКИ МОРСКИХ БЕРЕГОВ ДЛЯ НУЖД ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ КРЫМСКОГО

Н.Г. Пашкова

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского (pashkovanataly@mail.ru)

Ключевые слова: геоморфодинамика, геоморфологические особенности, береговая зона, прибрежные территории, абразия, размыв, аккумуляция, устойчивость берегов, рекреационный потенциал

Учитывая все большую антропогенную нагрузку на Южный берег Крыма, которая способствует усилению разрушения пляжных территорий оползневыми, обвальными, осыпными и другими негативными процессами, все более отчетливо осознается, что развитие менее освоенных, но не менее привлекательных берегов, является важной задачей для полуострова сегодня. Так, берега Северо-Западной и Юго-Восточной части Крымского полуострова, при правильном освоении, могут не только помочь в стабилизации рекреационной обстановки Крыма, но и в будущем стать весьма конкурентно способными рекреационными зонами. Однако, стоит отметить, что геоморфологические аспекты вносят заметные коррективы в возможность использования данных территорий в рекреационных целях. Рекреационное хозяйство Северо-Западного и Юго-Восточного побережья Крыма характеризуется практически полным отсутствием постоянно действующего организованного комплекса рекреационной деятельности. Пляж является наиболее привлекательной частью берега для развития рекреационной деятельности, однако, рост техногенного воздействия в пределах побережий сильно усиливает негативное развитие береговых процессов. Совокупность множества факторов способствуют общей деградации береговой зоны, что в большей степени касается территории пляжей, которые являются одним из основных рекреационных ресурсов Крыма [1]. Дефицит информации о состоянии отдельных участков береговой зоны полуострова значительно затрудняет процессы планирования развития рекреационной системы Крыма. Поэтому изучение динамики морских берегов является крайне важной задачей, особенно в районах наименьшего освоения. Необходимо не только разрабатывать систему оценки состояния берегов и пляжей полуострова с учетом геоморфологических особенностей, но и активно внедрять её на практике. Нами была проведена оценка рекреационного потенциала берегов с учетом геоморфологических особенностей исследуемой территории [2]. В качестве модельного полигона был выбран участок Северо-Западного побережья Крымского полуострова. В процессе исследования была проведена комплексная и всесторонняя оценка морских берегов с целью определения взаимосвязей между динамикой берегов и развитием рекреации в их пределах. На исследуемой территории было выделено три генетических типа берега: 1) абразионные – наиболее распространенные; 2) абразионно-аккумулятивные – развиты слабо и имеют небольшую протяженность; 3) аккумулятивные – приурочены к территории Бакальской косы и косы Беляус. На основе изучения геоморфодинамики морских берегов исследуемого участка была определена устойчивость всех типов берегов к абразии и размыву, в результате были выделены 2 типа берега: 1) умеренно-устойчивые

и 2) неустойчивые. После чего была проведена оценка аттрактивных свойств рельефа каждого из выделенных типов берегов. Каждый генетический тип берега обладает определенными свойствами, которые способствуют повышению или уменьшению уровня аттрактивности по определенным направлениям. Следующим шагом стало составление перечня геоморфологических рисков, проявление которых характерно для исследуемой территории и влияние которых наиболее остро отражается на развитии рекреационного хозяйства в пределах берегов Северо-Западной части Крымского полуострова [3]. Среди всего множества геоморфологических рисков особого внимания заслуживают: 1) Активные абразионные процессы; 2) Гравитационно-обвальные процессы; 3) Крутые уклоны подводного берегового склона; 4) Обрывистость берегов; 5) Значительная высота береговых клифов; 6) Незначительная ширина пляжей или их отсутствие. На основе проведенных исследований по определению устойчивости берегов к абразии и размыву, нами была установлена степень воздействия каждого из шести геоморфологических рисков на развитие рекреационного хозяйства исследуемого участка [5]. Установив генетические типы берегов исследуемой территории, и определив их устойчивость, основываясь на данных о аттрактивных свойствах берегов и учитывая степень влияния геоморфологических рисков на каждый участок исследуемой территории, нами была создана типизация берегов модельного участка согласно возможности их рекреационного использования. Полученные данные были отражены на карте геоморфолого-рекреационной характеристики береговой линии Северо-Западного участка Крымского полуострова.

В результате исследования было выделено пять типов берегов, отражающих виды рекреационного использования территории, которое является наиболее желательными для развития рекреационного хозяйства на определенном участке береговой зоны с учетом его геоморфодинамики. Установлено, что абразионные берега наиболее благоприятны для развития спортивного вида рекреационной деятельности. Аккумулятивные же берега более благоприятны для развития лечебно-оздоровительных видов рекреации. Наиболее высокая степень воздействия геоморфологических рисков характерна для эстетически привлекательных абразионных неустойчивых берегов, благоприятных для развития экстремального спортивного туризма. Наиболее низкая степень воздействия геоморфологических рисков характерна для аккумулятивных умеренно-устойчивых берегов, благоприятных для развития лечебно-оздоровительного вида рекреации. Геоморфологические риски оказывают значительное влияние на развитие рекреационного хозяйства территории и для наиболее благоприятного его развития, учет этих рисков является необходимым [4]. Процесс дальнейшего развития рекреационного хозяйства юго-восточного и северо-западного побережья Крыма должен учитывать степень воздействия перечисленных геоморфологических рисков, характерных для исследуемой территории. Важное практическое значение здесь может иметь описанная выше типизация берегов согласно возможности их рекреационного использования, которая имеет универсальный характер и может быть применена в комплексном изучении береговой зоны Крымского полуострова. Полученные в результате исследования данные можно использовать как источник информации для принятия решений при осуществлении управления рекреационным потенциалом прибрежных территорий Северо-Западной части Крымского полуострова. Учет геоморфологической составляющей важен не только при оценке

рекреационного потенциала берегов, но и необходим для разработки наиболее эффективной системы их рекреационного использования.

Литература

1. *Зенкович В.П.* Морфология и динамика берегов Черного моря. М.: Изд-во АН СССР, 1960. Т.2. 216 с.
2. *Зенкович В.П.* Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 416 с.
3. *Леонтьев О.К., Никифоров Л.Г., Сафонов Г.А.* Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1975. 385 с.
4. *Сафьянов Г.А.* Динамика береговой зоны морей. М.: Изд-во МГУ, 1973. 174 с.
5. *Симонов Ю.Г.* Балльные оценки в прикладных географических исследованиях и пути их совершенствования. Вестник МГУ. Сер.5. География. 1997. Вып. 4. С. 7–10.

МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО ПЕРЕСЧЕТА ГОЛОВНЫХ ВОЛН В ЗАДАЧЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕЛОМЛЯЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ОПОРНОМ ПРОФИЛЕ 3-ДВ

П.О. Полянский

*Алтае-Саянский филиал ФГБУН Геофизической службы СО РАН
(PPavel6.10@gmail.com)*

Ключевые слова: *Геофизический профиль 3-ДВ, Сибирская платформа, головные волны, земная кора, временной разрез, цифровая обработка сейсмических данных.*

Решение фундаментальной задачи настоящего времени - увеличение минерально-сырьевого потенциала государства - связано с изучением вещественного состава и структуры земной коры. При этом, значение геофизических методов, позволяющих подготовить информационную базу для прогнозирования минерагенических зон, месторождений углеводородов и металлов в верхней части земной коры, существенно возрастает. В связи с этим, исследования земной коры, проводимые на опорных геофизических профилях длиной несколько тысяч километров [3], являются одним из важнейших направлений работ федерального уровня. Для решения задач определения структуры земной коры с помощью сейсмических методов, используют системы наблюдения с многократными перекрытиями. Для анализа волновых полей, зарегистрированных на таких системах наблюдения, особое значение имеет цифровая обработка головных (преломленных) волн, поскольку большая кратность наблюдений и наличие нескольких миллионов зарегистрированных на опорном профиле сейсмических трасс делает невозможной «ручную» кинематическую обработку и интерпретацию данных головных волн. Вследствие этих трудностей, данные головных волн практически не используются при интерпретации волновых полей, регистрируемых при исследованиях геологической среды методом глубинного ОГТ (общей глубинной точки). Вместе с тем, преломленные волны содержат в себе информацию о среде, которой нет в отраженных волнах, и по сути, метод отраженных волн и метод головных волн являются дополняющими друг друга по информации. В этой ситуации, развитие автоматизированных технологий для обработки данных преломленных волн на опорных геофизических профилях, крайне важно. Представляемый доклад посвящен результатам исследования характеристик преломляющих границ верхней части земной коры на профиле 3-ДВ, общая длина которого составляет 3000 км. Линия профиля поочередно пересекает территории Северо-Востока России: Амурскую область, республику Якутия и Магаданскую область. Опорный профиль 3-ДВ пересекает ряд крупных тектонических структур Сибирской платформы и Верхояно-Колымской складчатой области. Для обработки зарегистрированных сейсмических данных был использован метод динамического пересчета головных волн, обоснованный в [2] и развитый в [1]. Отметим, что метод динамического пересчета не имеет аналогов в мире - он позволяет в автоматическом режиме производить обработку данных преломленных волн, зарегистрированных по плотным системам наблюдений с многократными перекрытиями. В результате применения метода, из первоначально зарегистрированного волнового поля

автоматически выделяются сигналы преломленных волн, а все остальные типы волн, как и случайные помехи, подавляются. Результаты обработки могут быть представлены в виде временных разрезов головных волн и динамические годографы этих волн. Временные разрезы - это изображение геологической среды в поле головных волн. Анализируя разрезы, есть возможность обнаруживать их латеральную изменчивость и связывать её со свойствами среды, получая детальную информацию о структуре и скоростных свойствах преломляющих границ в верхней части земной коры. В докладе резюмированы результаты, подробно описанные в статьях [4, 5, 6]: получена информация о строении верхней части земной коры в интервале глубин 0-3 км, в пределах разнородных геологических структур, а также обоснованы механизмы образования пологозалегающих преломляющих границ в складчатых областях со сложным геологическим строением.

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Фонда поддержки научно-проектной деятельности студентов, аспирантов и молодых ученых «Национальное интеллектуальное развитие» в рамках научного проекта № 17-35-80026 «мол_эв_а».

Литература

1. Еманов А. Ф., Селезнев В.С., Коршик Н.А. Динамический пересчет головных волн при обработке данных сейсморазведки // Геология и геофизика, 2008. - т. 49, - № 10, - с. 1031-1045.
2. Крылов С.В., Сергеев В.Н. Свойства головных волн и новые возможности автоматизации их обработки. // Геология и геофизика, 1985. - №4, - с.92-101.
3. Морозов А.Ф., Чепкасова Т.В., Петров О.В., Киселев Е.А., Эринчек Ю.М. Состояние и перспективы развития работ общегеологического и специального геологического назначения в России. // Разведка и охрана недр, 2011. - №5, - с.8-14.
4. Полянский П.О., Еманов А.Ф., Сальников А.С. Особенности методики динамического пересчета головных волн на опорном геофизическом профиле 3-ДВ // Материалы научно-практической конференции “Интерэкспо Гео-Сибирь”. - 2017. - Т.2, №4. - С. 28-23.
5. Полянский П.О., Сальников А.С., Еманов А.Ф., Жабин В.В. Временные разрезы головных волн верхней части земной коры на опорном профиле 3-ДВ (Северо-восточный участок) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2016, №2, - с.86-95.
6. Полянский П.О., Сальников А.С., Еманов А.Ф., Жабин В.В. Временные разрезы головных волн верхней части земной коры на опорном профиле 3-ДВ (Северо-западный участок) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2017. - № 2. С.112-122.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ШЕЕЛИТ–РАСТВОР ПРИ 96 °С

Попова Ю.А.^{1а}, Бычков А.Ю.^{1,2в}, Матвеева С.С.¹, Никишаева Н.Д.¹

¹ – МГУ имени М.В. Ломоносова, ² – ГЕОХИ РАН

^а – julka_p@rambler.ru, ^в – andrewbychkov@rambler.ru

Ключевые слова: *шеелит, эксперимент, гидротермальные месторождения*

РЗЭ традиционно используются как индикаторы рудообразования. Использование коэффициентов распределения лантаноидов между гидротермальными минералами и раствором значительно увеличит возможности использования РЗЭ как трассеров при образовании такого минерала как шеелит, поскольку появляется возможность оперировать сравнимыми величинами-спектрами лантаноидов минералообразующих растворов [2]. Коэффициенты распределения лантаноидов между минералом и водным раствором были исследованы методом кристаллизации шеелита из раствора. Синтез шеелита в гидротермальных условиях проводился путем смешения эквивалентных растворов вольфрамата натрия и хлорида кальция. В качестве источника РЗЭ использовался мультиэлементный стандарт ICP-MS-68A-A, добавленный в раствор хлорида кальция. Раствор А содержит равную концентрацию 48 элементов, в том числе и лантаноиды, в концентрации 1 мг/л. Опыты проводились в полипропиленовых флаконах, при температуре в 96°С. Контроль pH осаждения (соблюдение природных условий кристаллизации шеелита), для которого использовался ацетатно-аммонийный буферный раствор для получения pH=5 при 25°С. Эксперимент ставился как кинетическая серия с 5 флаконами при одинаковых условиях. Флаконы выводились из эксперимента на 1, 2-ые, 3-и, 6-ые и 10-ые сутки. После эксперимента флаконы закачивались в холодной воде и раскрывались. Далее экспериментальный раствор фильтровался с помощью фильтра с размером пор 0,45 мкм с использованием шприц-насадки. Кристаллы шеелита промывались и высушивались для дальнейших исследований. Исследования экспериментальных растворов и синтезированного шеелита проводился с помощью масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Element-2. Контроль качества синтезированного шеелита осуществлялся с помощью рентгенофазового анализа. По полученным данным были установлены коэффициенты распределения ряда лантаноидов для системы шеелит-гидротермальный раствор для низкотемпературных условий, которые коррелируют с предыдущими данными [3]. Так же полученные коэффициенты не противоречат литературным данным [1], проводившегося при T=350 °С. Максимальные значения коэффициентов наблюдаются для легких лантаноидов, снижаясь с переходом к тяжелым, однако числовые значения имеют значительную разницу в пределах порядка значений. Самые близкие и хорошо коррелирующие значения к ранее описанному эксперименту и литературным данным имеют эксперименты, снятые на 3-ие и 6-ые сутки. Значительные повышения значений коэффициентов для некоторых элементов (например, церий и европий) можно объяснить наличием в низкотемпературных условиях более высокой валентности самих элементов (для церия – 4⁺, для европия – 3⁺, так как более устойчивым состоянием для него является валентность 2⁺).

Литература

1. *Raimbault L.* Utilization ds spectres de terres rares des minéraux hydrothermaux (apatite, fluorite, scheelite, wolframite) pour la caractérisation des fluides minéralisateurs et l'identification des magmas sorsés et des processus évolutifs//Bull. Mineral.1985. V. 108. P.737–744.
2. *Матвеева С.С.* Редкоземельные элементы как геохимические индикаторы рудоносных флюидов на месторождениях грейзеновой формации // Доклады Академии Наук. 1996.Т. 351. № 2. С. 249–252.
3. *Попова Ю.А.* Геохимическая модель поведения лантаноидов при формировании вольфрамитовых месторождений // Диссертация, 2015

НОВЕЙШИЕ СТРУКТУРЫ ГЕРАКЛЕЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА

М.Ю. Промыслова¹, Г.В.Брянцева², Л.И.Демина³, Н.И. Косевич⁴

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

¹ – mary.promyslova@gmail.com, ² – bryan.bryan@yandex.ru, ³ – lidem06@rambler.ru,

⁴ – nkosevich@gmail.com)

Ключевые слова: *неотектоника, структурно-геоморфологический анализ, разрывы, зоны трещиноватости, Гераклейский полуостров, юго-западный Крым*

В Горном Крыму неотектонический этап начался по разным данным в олигоцене [6; 7], плиоцене [1]. Кайнозойские структуры образовались и продолжают формироваться в настоящее время за счет поддвига субокеанической коры Черного моря под Крымский полуостров [6]. Верхний структурный этаж Гераклейского полуострова сложен известняками и глинами неогена, залегающими субгоризонтально и образующими плато. Они подстилаются выклинивающейся к ЮЗ маломощной толщей мела и палеогена. Образования среднего структурного этажа обнажаются в береговых обрывах района мыса Фиолент и представляют собой меланж, состоящий из кластолитов и матрикса юрских магматитов. Нижний структурный этаж, выделяемый по геофизическим данным, представлен слоистой осадочной толщей, смятой в крупную антиклиналь.

Структурно-геоморфологический анализ показал, что в пределах Гераклейского полуострова преобладают две системы разрывных нарушений: первая меняет направление с практически субмеридионального до СЗ, вторая – с ССВ до СВ.

Береговая линия северной и северо-западной границ полуострова совпадает с зонами разрывов. Гераклейский полуостров разделен на три сегмента: Западный, Центральный и Юго-Восточный, различающиеся густотой и направлением зон трещиноватости и разрывов, характером овражно-балочной сети, строением береговой зоны.

В Западном сегменте выделяются структуры второго порядка: Прибрежная равнина с преимущественно аккумулятивным рельефом и признаками опускания побережья и Николаевское поднятие с системой трещин СЗ и ССЗ простираения, интенсивно разрабатывающееся овражно-балочной сетью. Система трещин ССВ простираения деформирует долины оврагов и балок, изменяя их простираение. Эти трещины могли возникнуть в кайнозойском сдвиговом поле напряжений с СВ ориентировкой оси сжатия и СЗ – растяжения [3].

В Центральном сегменте широкое развитие имеет зона тектонических нарушений ВСВ простираения. Особенно густая сеть разрывов наблюдается к северу и северо-востоку от мыса Фиолент. Она фиксирует, вероятно, неотектонические движения в пределах расположенной под мел-кайнозойскими отложениями Предгорной сутуры, которая трактуется В.В. Юдиным [6], как коллизионный шов от поглощения океанической коры Мезотетиса. М.Ю. Промысловой и др. [4] эти образования отнесены к фрагментам офиолитовой ассоциации, сформированной в задуговом бассейне спредингового типа. Зоны трещиноватости субширотной ориентировки имеют незначительное распространение.

Южная береговая зона с высотой клифа, достигающей 100 м и более, по-видимому, в настоящее время испытывает значительное воздымание. Выделяется крупная зона трещиноватости ВСВ простираения, берущая начало от мыса Фиолент. Она является границей двух типов рельефа: расчлененного овражно-балочной сетью к западу, в то время как к востоку подобное расчленение практически отсутствует. К востоку от мыса Фиолент выделяются несколько параллельных зон разрывов СВ простираения. В основании мыса Лермонтова субвертикальный разрыв, по которому приподнят массив сильнотрещиноватых габбродолеритов, прослеживается и в вышележащих известняках неогена, что свидетельствует об его активности в новейшее время. В вертикальных стенках 100-метровой высоты в районе мыса Сфинкс хорошо видны субвертикальные разрывы, разбивающие толщи подушечных лав и образующие, так называемые цветковые структуры, возникающие в условиях сдвиговых деформаций [8]. Этот сдвиг ССВ простираения хорошо выражен и в пределах карбонатного плато.

Юго-Восточный сегмент включает Георгиевское и Каябашское поднятия и Балаклавскую впадину. Георгиевское поднятие с высотами более 250 м практически не расчленяется овражно-балочной сетью, а простираение трещин по сравнению с Центральным сектором меняется на северо-восточное. В.В. Иванов и др. [2] считают, что эта часть Гераклейского плато расположена в зоне влияния Георгиевского разлома.

Известняки неогена, залегающие полого практически на всей площади полуострова, в западном борту Мраморной балки и в районе мыса Айя-Бурун приобретают крутой угол падения на СЗ, что свидетельствует об активных деформациях в новейшее время. Здесь также наблюдается большое количество вертикальных трещин, как в неогеновых известняках, так и нижележащих подушечных лавах и брекчиях офиолитовой ассоциации [5]. В данном районе проявляются наиболее интенсивные обвальные процессы. Каябашское поднятие с суммарными конэрозионными высотами 200-250 м., расположено между Мраморной балкой и Балаклавской бухтой, сложено мраморизованными известняками титона и расчленено разрывами ССВ простираения. Береговая зона совпадает с разрывами СЗ и СВ простираений. В.В. Юдин [6] выделяет в данном районе Каябашский олистолит, ограниченный Мраморным ретронадвигом с южным падением сместителя под углом 20–30°.

Балаклавская впадина протягивается от Балаклавской бухты до долины р. Черная и имеет ширину более 4 км. Она осложнена многочисленными частными поднятиями с высотами, не превышающими 100–150 м. В районе Балаклавской бухты имеется несколько субширотных разрывов, которые, по мнению В.А. Иванова с соавторами [2], имеют сдвиговую составляющую. Элементы структурно-обусловленного рельефа по данным анализа горизонтального расчленения подтверждаются при исследовании вертикального расчленения. На поперечном профиле хорошо дешифрируется Балаклавская впадина, на склонах которой наблюдаются цикловые долины, сохранившиеся в виде уступов. Изменения в строении долин отражает неравномерное и быстрое возрастание скорости поднятия юго-восточной части Гераклейского полуострова, который в целом запрокидывается на северо-запад.

Уникальность Гераклейского полуострова состоит в том, что связь новейших структур с активизированными древними разрывами можно наблюдать при полевых

исследованиях непосредственно в обнажениях береговых обрывов. Выявленные разрывы и системы трещин играют важную роль при сейсмическом районировании полуострова.

Литература

1. Вольфман Ю.М. Деформационные режимы и кинематические обстановки новейшего тектонического разрывообразования в пределах Горного Крыма // Геофизический журнал, 2015. Т.37. № 1. С. 100–120.
2. Иванов В.Е., Ломакин И.Э., Тополюк А.С. и др. Особенности тектоники Юго-Западного Крыма // Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2009. № 4. С. 27–39.
3. Nikisin A.M., Wannier M., Alekseev A.S. et al. Mesozoic to recent geological history of southern Crimea and the Eastern Black Sea region // Geol. Soc. London Spec. Publ., 2017. V. 428. P. 241–264.
4. Муровская А., Ипполит Ж.-К., Шеремет. Е. и др. Современные и палеонапряжения в пределах северной окраины Черного моря и Горного Крыма в мезо-кайнозой-квартере (по механизмам очагов землетрясений и полевым тектонофизическим данным) // Геофизический журнал, 2018. № 1. Т. 40. С. 42–65.
5. Промыслова М.Ю., Демина Л.И., Бычков А.Ю. и др. Офиолитовая ассоциация Юго-Западного Крыма // Геотектоника. 2016. № 1. С. 25–40.
6. Промыслова М.Ю., Демина Л.И., Гуцин А.И. и др. Типы брекчий офиолитовой ассоциации Юго-Западного Крыма и их значение для палеогеодинамики региона // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2017. № 3. С. 35–40.
7. Юдин В.В. Геодинамика Крыма. Симферополь: ДИАЙПИ. 2011. 333 с.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕВАСТОПОЛЬСКИХ БУХТ ПО ОСНОВНЫМ ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

С.И. Рубцова

Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Севастополь (rsi1976@mail.ru)

Ключевые слова: *нефтяные углеводороды, хлороформ-экстрагированные вещества, бактерии, прибрежная зона, донные отложения, Черное море*

Экологические исследования оказались неотъемлемыми и обязательными для изучения акваторий Черного и Азовского морей, а оценка экологического состояния, как правило, является его конечной целью. Такие исследования особенно актуальны для морской прибрежной зоны, которая имеет сложную географическую структуру, необычайно разнообразные природные процессы и подвергается сильному антропогенному давлению. Однако методического подхода к определению критериев оценки экологического состояния прибрежной зоны до настоящего времени не существует. Выявление зон экологических катастроф и чрезвычайных ситуаций в зонах экологических ситуаций проводится с целью определения источников и факторов ухудшения экологической ситуации и разработки обоснованной программы чрезвычайных мер по стабилизации и снижению экологических катастроф на исследуемой территории.

Экологическую ситуацию можно классифицировать по возрастанию степени экологического неблагополучия следующим образом: 1. удовлетворительная; 2. неудовлетворительная; 3. критическая; 4. кризисная (или зона чрезвычайной экологической ситуации); 5. катастрофическая (зона экологической катастрофы). Выявление аварийных зон экологической обстановки и зон экологического бедствия для морских акваторий осуществляется по основным химико-биологическим показателям, полученным на основе анализа и обобщения результатов многолетних наблюдений. Для оценки чрезвычайной экологической ситуации по биологическим показателям используются структурно-функциональные характеристики бактерио-, фито- и зоопланктона, бентоса и ихтиофауны, а также некоторых видов таксонов и гидробионтов. Концентрации различных химических веществ являются оптимальными, для нормальной жизнедеятельности экосистем в различных средах и предельные значения которых являются лимитирующими факторами экосистем и служат основанием для определения критериев оценки.

Факторы, влияющие на жизнедеятельность экосистем, включаются только в группу критериев. Это можно отнести к человеку и ко всем видам его взаимодействия с прибрежной зоной, с окружающей человека средой, а также с объектами его хозяйственной деятельности. Следующим критерием является комплекс, который включает в себя уменьшение биоразнообразия (индекс Симпсона, в %), отрицательный и положительный показатель видов, плотность населения, радикальных организаций, площадь, изменение видового состава, коэффициент загрязняющих веществ, накопления в гидробионтах, обновление, соотношение ассоциаций с разными экосистемами, нарушение степени, структурно-функциональных характеристик экосистем и их состояния, трофическая структура может быть использована для оценки экологического состояния экосистем.

Рекомендуется использовать любые другие критерии, дающие дополнительную информацию о характере, причинах и степени неблагоприятной ситуации.

К рекомендованным критериям были отнесены следующие: 1. Интегральная оценка загрязнения морских вод и донных отложений веществами, оказывающими мутагенное воздействие на тест-объекты (штаммы стандартных микроорганизмов). Мутагенный эффект наблюдается в скорости образцов, вызывая мутации стандартных штаммов. Относительно удовлетворительная ситуация характеризуется уровнем менее 5%. Чрезвычайная экологическая ситуация составляет 20–30%, экологическая катастрофа – более 30%. 2. Критические концентрации воздействия загрязнителей (ССРЕ). Значения ССРЕ характеризуют минимально допустимый уровень загрязнения (мкг/л) токсичных веществ в водной среде. ССРЕ от 1 до 2 обозначает чрезвычайную экологическую ситуацию, когда изменения в функционировании морских экосистем все еще обратимы. ССРЕ больше чем 2–3 обозначает экологическую катастрофу, когда морские экосистемы резко деградируют.

Результаты: 1. Оценены критерии экологического состояния морских прибрежных районов по основным химико-биологическим показателям. На основе современных и многолетних данных изучено экологическое состояние Севастопольских бухт и взаимодействие морских организмов и их сообществ с загрязнением. 2. Донные отложения на станциях в Севастопольской бухте были представлены III, IV (на выходе и вершине бухты) и самыми высокими – V (центральная часть бухты) уровнями загрязнения. Остальные бухты имели уровни загрязнения I–III. 3. В донных отложениях на вершине и в центре Севастопольской бухты количество гетеротрофных бактерий колебалось от 95000 до 1500000 кл./г, нефтеокисляющих – от 95 до 45000 кл./г [1]. На станции, расположенной у входа в Севастопольскую бухту, количество анализируемых бактерий было сопоставимо с таковым в бухте.

Искренняя благодарность за помощь и ценные замечания доктору биологических наук, профессору, заведующему отделом морской санитарной гидробиологии Института морских биологических исследований РАН Олегу Глебовичу Миронову.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ НЕФТИ И ГАЗА В ПОРОДАХ ФУНДАМЕНТА И КОРАХ ВЫВЕТРИВАНИЯ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

И.А. Сабиров

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина (sabirov.i@gubkin.ru)

Ключевые слова: *Фундамент, кора выветривания, трещиноватость, коллектор, нефтегазоносность, линеамент*

Учитывая ухудшающееся положение с ресурсной базой в Волго-Уральском регионе и истощение фонда традиционных нефтегазовых объектов, необходимо, наращивание промышленных запасов нефти и газа, в частности, за счет нетрадиционных объектов. Одним из них является докембрийский кристаллический фундамент. Решение задачи прогнозирования и локализации перспективных объектов в кристаллическом фундаменте и в перекрывающих его отложениях осадочного чехла является весьма актуальной темой. Основные черты внутренней структуры фундамента Волго-Уральского сегмента Восточно-Европейской платформы сложились на протяжении трех основных тектономагматических циклов: раннеархейского, позднеархейского, раннепротерозойского, характеризующихся различными режимами эндогенных процессов, которые определили своеобразие структурных планов отдельных тектонических элементов. Этим циклам отвечает формирование двух крупнейших метаморфических комплексов - гранулитового и амфиболитового. В конце первого цикла сформировался гранулитовый метаморфический комплекс, имевший ареальное распространение в пределах всего рассматриваемого сегмента. На современном денудационном срезе фундамента эти образования слагают обширные блоки, общая площадь которых составляет не менее половины территории Волго-Уральского сегмента. Основные черты амфиболитового метаморфического комплекса сложились на протяжении второго и третьего тектоно-метаморфических циклов, в конце позднего архея и в раннем протерозое. На этих этапах окончательно сформировалась современная складчатая структура фундамента. Поскольку раннедокембрийские магматические и метаморфические образования (породы) первоначально не имели открытой пористости и не обладали проницаемостью для минерализованных вод и углеводородных флюидов, их пустотное пространство возникает только в результате наложенных преобразований. На заключительных этапах формирования фундамента проявляются локальные процессы изменения пород фундамента – бластокатаклиз и катаклиз. Определение зон деструкции фундамента катакlastическими и бластокатакlastическими процессами различного масштаба и протяженности позволяют прогнозировать разломы. Так как по разломам проходит наиболее интенсивный поток флюидов, калиевый метасоматоз, диафорические преобразования древнейших пород и интрузивный магматизм. Одним из явных полей бластокатакlastических преобразований на территории Самарской области является зона Самарских дислокаций и сопряженные с ними Жигулевский вал. Здесь кристаллический фундамент вскрыт более чем сотней скважин. Фундамент, контролирующий Жигулёвский

вал сложен комплексом метаморфических и магматических пород. Преобладают эндербиты, гнейсы гранулитового комплекса, чарнокиты, габбро-норриты, диориты, микроклиновые граниты амфиболитового комплекса, а также мигматиты кристаллосланцев и эндербитов, амфиболитов и плагиогранитов. Отмечается явное соответствие между пространственным распространением зоны бластокатакlastических преобразований и Жигулевским валом. Жигулевский вал в свою очередь является прямым выражением в рельефе и препятствует смещению на запад русла реки Волга. Движения блоков кристаллического фундамента играли определяющую роль при формировании осадочного чехла на всех этапах его развития. Для прогнозирования разломных зон была построена карта катакlastических и бластокатакlastических преобразований Самарской области. При анализе этой карты были отмечены участки совпадения по простиранию бластокатакlastических и катакlastических преобразований с современными линейными валами. Так, помимо Жигулевского вала отмечаются Курумучско-Хилковский, Раковский и, частично, Шугуровский и Восточно-Медведевский валы. В остальных случаях нет пространственного соответствия между современными структурами и наложенными бластокатакlastическими преобразованиями. Это объясняется тем, что здесь могли играть основную роль другие наложенные процессы, проходящие на последующих этапах эволюции фундамента, создавая поля напряжения, отличные от процессов бластокатакlastизирования и катакlastизирования. К настоящему времени накоплено большое количество материала, свидетельствующего о возможности существования в фундаменте зон развития коллекторов разного типа, для которых доказана возможность извлечения углеводородов, соответственно развеяны представления о фундаменте как о монолитном основании. Пустотное пространство в породах фундамента может быть связано как с развитием трещиноватости, так и с погребёнными корами выветривания кристаллического фундамента. Развитие трещиноватости – это результат взаимодействия тектонических движений и гидротермальных преобразований. Фильтрационно-емкостные свойства пород фундамента обуславливается степенью раскрытости трещин, их связности и минеральным выполнением. Кобы выветривания формируются в результате выведения на поверхность блоков фундамента, которые подвергаются гипергенным процессам. В этих условиях, а также в результате физического выветривания создаются благоприятные условия для химических преобразований и, как следствие, формируется пустотное пространство. По морфологии кор выветривания выделяются площадные и линейные типы. Мощность, минеральный состав и строение кор выветривания зависит от палеоклиматических и палеогеографических условий, а также от состава исходных пород. Площадные коры выветривания имеют небольшую мощность (до 4 метров), либо полностью размываются на приподнятых участках сводов. Линейные коры выветривания контролируются тектоническим фактором и прослеживаются на глубину до нескольких десятков метров. Основываясь на опыте исследователей, занимавшихся описанием разрезов, сложенных породами кор выветривания было отмечено, что в нижней части разреза наблюдается значительная трещиноватость, вызванная тектоническими и дигенетическими процессами, а также встречается пористость, образованная в результате выщелачивания. Верхняя часть разреза, обогащенная глинистыми минералами, образует

локальную покрывку. Выявление зон распространения коры выветривания с уплотнением в верхней части разреза, а также поиск кор выветривания с перекрывающими плохопроницаемыми осадочными породами служащими флюидоупорами может стать основным направлением поиска ловушек. Картирование зон развития линейных кор выветривания было проведено в результате анализа космоснимков и топонимов, с привлечением карт грави- и магниторазведки. Разработанные схемы линеаментов целесообразно использовать как для более адекватного трассирования флексурно-разрывных зон различного ранга, так и уточнения конфигурации пликтивных структур в осадочном чехле и моделирования структурно – фациальной зональности территории. Комплексный анализ геологического строения месторождений углеводородов различных регионов показывает значительную роль разломно-блоковых структур в строении нефтегазоносных комплексов. Не вызывает сомнений и структуроформирующее воздействие на осадочный чехол разрывной тектоники фундамента, определяющей не только морфологию пликтивных и дизъюнктивных форм в осадочном чехле, но и закономерности распределения коллекторов различного типа, в особенности трещинных, а также контролирующей границы залежей. Длительные сроки эксплуатации ряда месторождений, приуроченных к Жигулёвскому разлому и превышение объёмов накопленной добычи над первоначально подсчитанными геологическими запасами, могут свидетельствовать, о современных поступлениях углеводородов в ловушки данных месторождений.

Литература

1. Горюнов Е.Ю., Игнатов П.А., Трофимов В.А., Сабиров И.А. и др. Перспективы нефтегазоносности фундамента Жигулевского вала. Геология нефти и газа №2, 2017 г. С. 25-35.
2. Постников А.В., Р.Х.Муслимов, И.Н.Плотникова. К вопросу о роли эндогенного фактора в формировании и распределении нефтегазоносности осадочных бассейнов (на примере Татарстана). Георесурсы 1(16) 2005. – с. 37-39.
3. Постников А.В. Фундамент восточной части Восточно-Европейской платформы и его влияние на строение и нефтегазоносность осадочного чехла. Дис. д.г.-м.н., Москва 2002г.
4. Сабиров И.А. Проявление нефтегазоносности в эндербито-гнейсах фундамента южной части Бузулукской впадины. Тезисы конференции «Нефть и газ» 2012 г.
5. Трофимов В.А., Горюнов Е.Ю., Сабиров И.А. Инновационные подходы к решению проблемы поисков углеводородов в глубокозалегающих горизонтах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. // Георесурсы. 2017. Т. 19. №1. С. 59-68.

ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН РАЗВИТИЯ ТРЕЩИННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ОЛИГОЦЕН-МИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

И.А. Сабиров¹, А.В. Постников², А.С. Рахматуллина³, Л.В. Милосердова

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина (¹- sabirov.i@gubkin.ru, ²- apostnikov@mtu-net.ru,
³- rakhmatullina.a@gubkin.ru)

Ключевые слова: *Трещинный коллектор, нетрадиционный объект, Восточное Предкавказье, линеамент, дистанционные методы*

Поиск и разведка углеводородов в нетрадиционных объектах требуют нетрадиционных подходов к определению их скоплений, особенностей распределения, что, в конечном итоге, играет решающую роль при разработке таких залежей и подсчёте запасов. В условиях ограниченного количества геолого-геофизических данных косвенные методы определения зон развития коллекторов могут оказать значительную помощь в определении перспективных нефтегазовых объектов. В основу положено сопоставление данных прямых методов обнаружения трещинных/разуплотнённых зон (данные сейсморазведки) и косвенных методов, направленных на выделение зон современных разломно-блоковых структур. Комплексный анализ геологического строения месторождений углеводородов различных регионов показывает определяющую роль разломно-блоковых структур в строении нефтегазоносных комплексов. Не вызывает сомнений и структуро-формирующее воздействие на осадочный чехол разрывной тектоники фундамента, контролирующей не только морфологию пликативных и дизъюнктивных форм в осадочном чехле, но и закономерности распределения коллекторов различного типа. Таким образом, анализ разломно-блоковых структур используется для выделения зон развития трещинных коллекторов, что особенно актуально для территории Предкавказья, нефтегазоносность которого связана с карбонатно-кремнисто-глинистыми коллекторами хадумского горизонта и баталпашинской свиты (олигоцен-миоцен). Литологические исследования рассматриваемых отложений позволили выделить 7 основных литотипов глинистых, карбонатных и смешанных пород, однако ни в одном из изученных разрезов скважин не встречается значительных по толщинам прослоев, обладающих открытым пустотным пространством порового типа. В этой связи, имеющиеся данные по продуктивности этих отложений можно объяснить только наличием трещинных коллекторов. В условиях ограниченного объема кернового материала и данных ГИС для уверенного выделения трещинных зон необходима разработка соответствующей методики, предусматривающая широкое использование дистанционных методов и данных грави-, магнито- и сейсморазведки. В основу выделения разломно-блоковых структур и связанных с ними зон трещиноватости положен анализ разломно-блоковой тектоники современной земной поверхности на основе космо- и топогеологического дешифрирования. В результате такого дешифрирования выделяются линеаменты, которые представляют собой линейно вытянутые элементы рельефа, длина которых много больше их ширины (раскрытости), геологическая позиция которых отражает внутреннюю неоднородность литосферы. Для

выполнения работ собран и систематизирован фактический материал, включающий космические снимки, топографические карты, структурные карты, построенные по данным сейсмоки и бурения, изображение рельефа (DTM). Выделялись линеаменты протяженностью, как правило, не менее 10-20 км. Значительная протяженность этих структур, как правило, превышает толщину осадочного чехла, является дополнительным аргументом при их оценке в качестве важнейших тектонических элементов верхней части литосферы, включая нефтегазоносные комплексы. На рассматриваемом уровне осреднения прямолинейные региональные линеаменты одной системы выражены зонами кулисообразных элементов низких рангов. На территории Предкавказья закартированы четыре диагональных и одна меридионально-широтная взаимно-ортогональные системы линеаментов, что является максимально возможным количеством регматических сеток нарушений, картируемых в пределах одного региона. Отчетливая приуроченность космо- и тополинеаментов к зонам высоких градиентов и смены знака аномалий гравитационного и магнитного полей, указывает на их глубинное заложение, что, в свою очередь, позволяет рассматривать формы, фиксирующиеся на земной поверхности, в качестве основных структуроформирующих разломно-блоковых структур унаследованного развития. Азимуты систем взаимно-ортогональных линеаментов (в градусах): 0-90; 29-119; 44-134; 60-150; 73-163. Элементы различных систем развиты в целом неравномерно по территории. Отчетливо прослеживаются зоны их концентрации, отмечается сочетание линеаментов различной протяженности, уменьшаются расстояния между параллельными линеаментами. Преобладают элементы протяженностью 12-40 км. Наиболее крупные линеаменты имеют протяженность до 160 км. Расстояния между линеаментами колеблются также в широких пределах, составляя для элементов одного ранга величину, приблизительно в 2 раза меньшую их протяженности. Интерпретация данных площадной сейсморазведки позволила сопоставить элементы наблюдаемых систем линеаментов с данными интерпретации сейсмических материалов, что позволило ранжировать разломно-блоковые структуры (оси флексурно-разрывных зон) по степени выраженности на глубинах, соответствующих хадумскому горизонту, определить их пространственную ориентировку и детализировать их геологическую позицию. Флексурно-разрывные нарушения (ФРН) выделялись на основании данных 2D сейсморазведки, в основном, по наличию нарушения осей синфазности прослеживаемых горизонтов в волновом поле, а также по изменениям амплитудно-частотных характеристик вдоль прослеживаемого отражения (интервала). Точки выхода ФРН отмечались на дневной поверхности и сопоставлялись с позицией линеаментов, выделенных по космо- и топодешифрированию и грави-магнитным данным. В целом по региону отмечалась высокий уровень соответствия результатов выделения рассматриваемых элементов по различным данным, что позволило с высокой долей уверенностью выделить системы ФРН высокого ранга. В условиях относительно редкой сетки сейсмопрофилей данная методика позволяет выделять нарушения протяженностью более 10 км. Наиболее крупные нарушения, их ориентировка имеют региональное значение и соответствуют границам структурно-тектонических зон. Для статистической обработки выделенных визуально (экспертным и компьютерным методом), а также сведенных на одну схему систем линеаментов и ФРН использовался пакет компьютерных программ LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis), одна из возможностей которых позволяет работать

со полученными схемами и строить по ним разнообразные карты и схемы статистических характеристик. В данном случае строилась карта плотностей линеаментов и ФРН, максимумы которых мы называли «узлы», так как они приурочены к основным пересечениям систем линеаментов либо осей флексурно-разрывных нарушений. Перспективные зоны развития трещинных коллекторов выделяются при сопоставлении участков максимальных плотностей линеаментов и ФРН, исходя из представлений о том, что места наибольшей концентрации нарушений соответствуют местам развития трещиноватости, при этом наиболее перспективными зонами являются места совпадения максимумов узлов и тех, и других. Таким образом, при недостатке литолого-петрофизических данных, с помощью анализа разломно-блоковой тектоники можно прогнозировать трещиноватые зоны, которые играют существенную роль в улучшении качества коллектора путем создания дополнительного ёмкостного пространства и формирования проницаемых зон. Аналогичный подход к выделению трещинных зон может быть распространен в пределах всей скифской плиты, включая территорию Крыма.

Литература

1. Постников А.В., Рахматуллина А.С., Милосердова Л.В., Варов Ю.Е., Сабиров И.А. // Методика выделения зон развития трещинных коллекторов в хадумских отложениях Восточного Предкавказья по комплексу геолого-геофизических данных. - Геофизика. 2016. № 6. С. 53-60.
2. Амурский Г.И., Абраменок Г.А., Бондарева М.С., Савольёв Н.Н. // Дистанционные методы изучения тектонической трещиноватости пород нефтегазоносных территорий – М.: Недра, 1988. – 164 с.
3. Гаврилов В.П. // Влияние разломов на формирование зон нефтегазоаккумуляции. – М.: Недра, 1975. - 269с.
4. Мусихин А. Д., Постников А.В., Сивальнева О.В., Рахматуллина А.С., Сабиров И.А. // Связь пустотного пространства пород с разработкой залежей УВ в хадумских отложениях Восточного Предкавказья (Совместный семинар EAGE/SPE 2017: Наука о сланцах)
5. Шульц С.С. Планетарная трещиноватость // Планетарная трещиноватость. – Л.: Издательство ЛГУ, 1973. С. 5-57.

ВЫДЕЛЕНИЕ КОЛЛЕКТОРОВ ПОРОВО-ТРЕЩИННОГО ТИПА В КАРБОНАТИЗИРОВАННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

А.В. Сивкова

Тюменский Индустриальный Университет (sivkova_a_v@mail.ru)

Ключевые слова: *силицит, газовый каротаж, керн, коллектор, баженовская свита, пористость, керогена*

Отложения баженовской свиты наиболее досконально исследованы на площадях Салымского района, где в целом ряде скважин был осуществлен сплошной отбор керна, позволивший изучить не только литологические особенности пород, но и дать оценку их коллекторских свойств. По данным газового каротажа в разрезе баженовской свиты Верхне-Салымского месторождения и аналогов выделяются три изолированных резервуара: в верхней пачке баженовской свиты, в её середине и резервуар на границе с подстилающей абалакской свитой. Наилучшим из них является резервуар в середине свиты, он также характеризуется существенным изменением скорости проходки при бурении и представлен преобразованным апорадиоляритом (силицитом) с незначительными глинистыми примесями. На Имилорском месторождении также наблюдается изменение показаний геолого-технических исследований (ГТИ): газового каротажа, детального механического каротажа, изменение расхода жидкости для средней части баженовской свиты, где возможно обнаружение потенциального интервала коллекторов. Все исследователи предполагают трещинный и трещинно-поровый типы коллектора, поэтому продуктивными интервалами отложений баженовской свиты Имилорского месторождения могут быть как трещинно-поровые карбонатные отложения, так и трещиноватые или листоватые баженины, сложенные керогеном и кремнеземом. По описаниям керна предполагаемый коллектор в средней пачке баженовской свиты представлен силицитами с вторичной доломитизацией и вторичными известняками, на диаграмме ГИС (геофизические исследования скважин) имеющих вид, приближенный к характеристике плотных карбонатных прослоев. Максимальные значения пористости по керну (керосинонасыщением) для отложений баженовской свиты составили: для вторичных известняков – 3,24 %, для доломитизированных силицитов – 5,92 %. В связи с полученными низкими значениями пористости матрицы следует предполагать наличие притока только при условии развития вторичной (трещинной) пористости. Из-за значительной сложности отложений на настоящий момент единой методики выделения порово-трещинного типа коллектора в отложениях баженовской свиты не существует. Имеющиеся разработанные научные методики выделения эффективных толщин в данных отложениях всегда основаны на ограниченном материале одного небольшого района и зачастую дают невысокую эффективность. Варианты выделения эффективных толщин с утверждением в Государственной комиссии по запасам (ГКЗ) колеблются от мощностей выделенных карбонатно-кремнистых пород с вторичной пористостью до общей толщины пласта с учетом пористости матрицы. На сегодняшний день реально выявить наличие эффективных толщин в данных отложениях возможно только прямыми исследованиями – проведением

качественных испытаний в колонне или открытом стволе. Применение стандартного комплекса ГИС имеет ограничения. Так, например, гидрофобизация отложений баженовской свиты, связанная с наличием органического вещества, приводит к отсутствию диффузионно-адсорбционного обмена в системе «пласт-ствол скважины», что является необходимым условием информативности метода самопроизвольной поляризации. Обильное содержание органического вещества, обладающего аномальными концентрациями урана, вносит существенный вклад в суммарную радиоактивность и не позволяет использовать интегральные показания гамма-каротажа как функцию глинистости. Тонкослоистое строение баженовской свиты, установленное по данным детальных литологических исследований, искажает большинство методов с низкой вертикальной разрешенностью, и существенно увеличивает погрешность при количественной интерпретации данных ГИС. Помимо этого, в разрезе присутствуют соединения железа – пирит и сидерит. В ряде случаев, толщина пиритовых жил достигает нескольких сантиметров. Ядра атомов железа захватывают нейтроны, что приводит к снижению показаний нейтронного каротажа, что, в свою очередь, приводит к кажущемуся завышению водородосодержания. Следовательно, для учета всех особенностей разреза необходимо использовать максимально расширенный комплекс ГИС, включающий в себя, такие специальные методы как ЯМК, имиджеры, ВАК, ГТКлп, СГК и ИННК. В данной работе рассматривались различные петрофизические модели выделения коллекторов, основанные на использовании стандартного и расширенного комплекса ГИС. Основные особенности методического подхода Дьяконовой Т.Ф. заключаются в учете трех типов коллекторов: порово-трещинного, трещинного, трещинно-кавернозного и детальном литологическом расчленении. Для расчетов параметров используются методы радиометрии и боковой каротажа. В итоге в коллекторах порово-трещинного типа к эффективным относят интервалы, в которых открытая пористость превышает 3,5 %. В коллекторах трещинного и трещинно-кавернозного типов эффективными считают интервалы, в которых имеется вторичная пористость $K_{п.вт} > 0$. Способ выделения коллекторов в породах баженовской свиты, разработанный В.В. Хабаровым и В.П. Соничем, основан на показаниях гамма и нейтронного каротажа и показаниях фокусированного бокового каротажа (БК). К коллекторам относятся прослой с мощностью более двух метров и пористостью более 10 %, трещиноватая составляющая не учитывается. Временным методическим руководством по подсчету запасов нефти в трещинных и трещинно-поровых коллекторах в отложениях баженовской толщи Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции предлагается выделять три класса литологии: 1. Кремнистые радиоляриты ($H_{эффнн} = \text{Нобщ}$). 2. Карбонатизированные радиоляриты ($H_{эффнн} = 1/2 \text{Нобщ}$). 3. Глинисто-битуминозные породы (неколлектор). Западными исследователями используется методика К. Пасси, в которой применяется нормализация показаний методов пористости (акустического, нейтронного или плотностного) и сопротивления пород. Перемасштабирование кривых выполняется таким образом, что их совпадение наблюдается в интервалах пород с различной пористостью, но с низким содержанием органического вещества, в то время как превышение кривой сопротивления над нормализованной кривой пористости отмечается в интервале нефтегазоматеринских пород. Проведенное исследование показало, что методы, основанные на расчетах содержания керогена, а также с использованием пиролитических коэффициентов дают крайне оптимистичные значения эффективных мощностей. Подход

Дьяконовой Т.Ф. идентифицирует трещиноватую составляющую и выделяет прослои, доступные для фильтрации, тогда как подход Хабарова В.В. позволяет выделить потенциальный коллектор в силицитовых верхней и средней пачках баженовской толщи. Расчет пиролитических коэффициентов (Временное методическое руководство) увеличивает нефтенасыщенные мощности за счет присоединения к запасам мощности всей верхней части баженовской пачки, характеризующейся высокими показаниями гамма-каротажа. Наиболее адекватные результаты получены при сопоставлении данных керн (свечения в ультрафиолетовом свете, наличия соотношения пиролитических коэффициентов, отвечающих за подвижные углеводороды), ГТИ и методики К. Пасси. Прогнозируемые по ним эффективные мощности коллекторов порово-трещинного типа совпадают, чему можно доверять. По технологическим параметрам ГТИ интервалы карбонатных прослоев однозначно фиксируются по повышенным значениям ДМК (детально-механический каротаж) (уменьшение скорости проходки), а снижение давления и рост производительности буровых насосов указывает на трещиноватость и проницаемость данных отложений. По результатам полного комплекса ГТИ возможно провести корреляцию по скважинам со стандартным комплексом ГИС, где также были отмечены перечисленные характерные особенности. Это позволит проследить перспективный интервал баженовской свиты по площади месторождения.

СОВРЕМЕННЫЙ СТРУКТУРНЫЙ ПЛАН РАВНИННОГО КРЫМА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО И ПОДЗЕМНОГО СТОКА

Т.В. Суханова, Н.В. Макарова, В.М. Макеев

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (tanikamgu@mail.ru)

Ключевые слова: *зоны новейших поднятий и прогибов, структурный план, активные разломы, Равнинный Крым, подземные воды*

На территории Равнинного Крыма выделяются новейшие структуры разного ранга. Современный структурный план определяется тремя крупными субширотными блоками, разделенными глубинными разломами. С севера на юг — это Тарханкутско-Джанкойский, Новоселовский и Каламитско-Арабатский блоки [2, 3]. Их строение однотипно: южные части приподняты относительно северных, а восточные — ниже западных. Такая асимметрия повторяет строение новейшего Крымского сооружения, предполагающее сходные условия образования: влияние глубинных процессов, происходящих при поддвиге Черноморской плиты под Крымский полуостров. Границей между западной поднятой и восточной относительно опущенной частями является меридиональное Центральное поднятие (Центрально-Крымский линеамент), развитое над зоной глубинного разлома. В пределах блоков выделяются зоны поднятий и опусканий, представленные цепочками антиклинальных и синклинальных складок, часто нарушенных разрывами. Особенно это характерно для Тарханкутского и Новоселовского поднятий, где выделяются несколько широтных рядов складок. Складки сочленяются кулисно, их оси ундулируют, большей частью они асимметричны в соответствии с общей асимметрией блоков. Они развивались конседиментационно в морских условиях, с перерывами, некоторые с позднего мела, но основной импульс тектонических движений приходится на плиоцен-четвертичное время. Восходящие движения проявляются и в настоящее время, активизируя карстово-суффозионные, оползневые и др. процессы. Лишь в северо-западной части Альминского прогиба и на востоке в пределах Северо-Сивашского и Индоло-Кубанского прогибов еще происходит прогибание. Плановое расположение блоков и локальных структур в их пределах свидетельствует о широком участии сдвиговых напряжений и движений при их формировании. Наиболее отчетливо проявлены левые сдвиги, которые могли образоваться при региональном сжатии, исходящим с юго-запада, возможно, со стороны Западно-Черноморской микроплиты. Все новейшие региональные и локальные структуры оказывают влияние на состояние месторождений пресных вод и отдельных водоносных горизонтов. Поднятия, развитые как в предгорьях, так и в Равнинном Крыму, являются областями питания горизонтов подземных вод, выходящих на поверхность, в том числе в руслах рек, или перекрытых маломощными покровными отложениями. Здесь повышенная трещиноватость пород улучшает условия инфильтрации атмосферных осадков и речных вод в водоносные горизонты. Поднятия и прогибы являются вместилищами подземных вод. К ним приурочены артезианские бассейны Равнинного Крыма (Альминский, Северо-Сивашский и Белогорский) и другие месторождения. Центральное поднятие служит водоразделом поверхностного и подземного стока, направленного к западу и востоку.

Асимметрия структур определяет положение разновозрастных водоносных горизонтов, прерывистость их развития, движение подземных вод по уклонам крыльев поднятий во впадины, концентрирующие поверхностный сток. Расположение локальных поднятий и впадин создает сложную внутреннюю структуру рельефа, подобную сотовой или решетчатой. Такая структура характерна и для Альминской впадины и относительно пониженной восточной части Равнинного Крыма, где находятся Северо-Сивашский и Белогорский бассейны. В их пределах развиваются внутренние поднятия, еще неясно выраженные в рельефе, но влияющие на поверхностный и подземный стоки вод. На побережьях, где идет прогибание, происходит засоление водоносных горизонтов. Все эти особенности современной тектонической структуры создают сложную гидрогеологическую обстановку. Основным источником водоснабжения населения пресными водами является среднесарматско-понтический комплекс, представленный закарстованными и трещиноватыми известняками, песчаными известняками и песчаниками. Мощность отложений увеличивается с юга на север от 135 до 245 м [1]. Положение комплекса и отдельных горизонтов, мощность и глубина их залегания в значительной степени зависит от направленности плиоцен-четвертичных движений: так на поднятиях кровля понтических отложений поднята до 50-60 м и более, а в прогибах опущена до уровня моря и глубже. Соответственно водоносный горизонт также деформирован. В связи с поисками новых источников пресной воды интерес представляет исследование зон активных разломов. Глубинные разломы фундамента активны и в настоящее время. Предполагается, что к зонам некоторых из них могут быть приурочены пресные подземные воды, поступающие из более глубоких горизонтов осадочного чехла к поверхности. Кроме того, по зонам разломов осуществляется транзит пресных подземных вод из предгорной части Крыма в Равнинный Крым. На северном крыле Тарханкутского поднятия на участке Первомайского выявлена приуроченность к зоне широтного разлома нескольких скважин с минерализацией воды, допустимой для использования в водоснабжении. И хотя это не доказывает возможность связи подземных вод со всеми глубинными разломами, последние необходимо исследовать более тщательно.

Литература

1. Гидрогеология СССР. Том VIII. Крым (ред. В.Г. Ткачук). М.: Недра. 1970. 364 с.
2. Кац Я.Г., Макарова Н.В., Козлов В.В., Трофимов Д.М. Структурно-геоморфологический анализ Крыма по дешифрированию космоснимков // Изв. Вузов. Геол. и разв. 1981. №3. С. 8-20.
3. Макарова Н.В., Суханова Т.В. Неотектоническое строение Равнинного Крыма // Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты. Мат-лы XLVII Тектонич. совещ. М.: ГЕОС. 2015. Т. 1. С. 276-280.

ПРИМЕНЕНИЕ АНИЗОТРОПИИ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ (AMS) ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ПРИМЕРЕ ДАЕК ИЛОМАНТСИ- ВОКНАВОЛОКСКОГО ТЕРРЕЙНА КАРЕЛЬСКОГО КРАТОНА.

Н.А.Тарасов¹, Н.В. Лубнина²

Геологический факультет МГУ имени Ломоносова

¹ - tarasovnik12@gmail.com, ² – natlubnina@yandex.ru)

Использование анизотропии магнитной восприимчивости имеет множество направлений для применения. AMS обычно оценивается путем сравнения величин магнитной восприимчивости в трех взаимно перпендикулярных направлениях: k_1 – ось максимальной магнитной восприимчивости; k_2 – ось промежуточной; k_3 – ось минимальной. Эти величины характеризуют эллипсоид магнитной восприимчивости. Исследования AMS могут помочь при определении местоположения источника вулканических пород, используя направление осей k_1 для широко разбросанных мест отбора образцов – для нахождения пересечения азимутов осей на жерле источника [3]. Под влиянием тектонической нагрузки удлинённые ферромагнитные зёрна пассивно поворачиваются под влиянием действующего на породу поля напряжения, что фиксирует AMS. Поскольку AMS может быть измерена быстрее и легче, чем, например, распределение ориентаций минеральных осей оптическим анализом, AMS используется для исследования процессов формирования текстур в породе. AMS также позволяет определить наличие возможных вторичных преобразований, которые выявляются по повышенной (более 10–15%) степени анизотропии магнитной восприимчивости и высокой кучности главных осей эллипсоида магнитной восприимчивости [2].

По [1] сплюснутые эллипсоиды магнитной восприимчивости часто наблюдаются в вулканических породах с текстурами потока; k_3 оказывается перпендикулярной к поверхностям потоков. Иногда наблюдаются и удлинённые эллипсоиды магнитной восприимчивости с k_1 , параллельной линиям потока вулканических пород. По [2] модель внедрения дайки предполагает ламинарное движение, параллельное телу, которое ориентирует кристаллы в соответствии с направлением потока. Во многих случаях модель работает и считается нормальной: оси k_3 и k_1 соответственно ортогональны и параллельны плоскости дайки. С другой стороны, систематическое исследование даек показало, что возможно и обратное и хаотическое распределение осей, но в гораздо меньшем количестве случаев. Однако, все минералы вносят вклад в AMS породы. Поэтому важным является определение минерального состава породы. В породах с содержанием магнетита > 1% наибольший вклад в AMS вносят именно кристаллы магнетита, а влияние других пород становится незначительным. Удостовериться в этом помогает термомагнитный анализ, который позволяет идентифицировать основные минералы носители намагниченности.

Анализ AMS может также помочь и при изучении дайковых роёв в пределах докембрийских блоков земной коры, которые позволяют провести палеотектонические реконструкции раннего докембрия. Для реконструкции положения Иломантси-Вокнаволоцкого террейна в составе Карельского кратона в палеопротерозое нами были опробованы дайки долеритов и габброноритов, а также вмещающие их архейские гранито-

гнейсы. По сходству состава и простираения тел, была определена принадлежность отобранных тел к дайковому рою с возрастом 2450 млн лет [4].

Одним из определяющих условий палеомагнитных реконструкций является первичность компонент естественной остаточной намагниченности. Для определения наличия вторичных изменений нами был выбран анализ AMS в комбинации с петрографическим анализом. В результате термомагнитного анализа образцов исследуемых пород магнетит был определён как основной минерал носитель намагниченности. Степень анизотропии в дайках не превысила 8%, во вмещающих гранито-гнейсах она достигла 40%. Направления k_1 в дайках долеритов параллельно простираению даек, эллипсоид AMS имеет изометричную форму. Направления k_1 в дайках габброноритов в основном перпендикулярно простираению даек, эллипсоид AMS имеет уплощенную форму и может переходить к вытянутой в контактовой области. Направления k_1 во вмещающих гранитах на расстоянии от даек отличны от направлений в самих дайках. В случае вторичных изменений после внедрения дайки наблюдалось бы совпадение направлений максимальной оси эллипсоидов магнитной восприимчивости в дайке и во вмещающих породах, также совпадали бы и степени анизотропии в этих породах. Таким образом было подтверждено отсутствие вторичных изменений в породах после времени внедрения даек долеритов и габброноритов. Различные формы эллипсоидов AMS в близких по возрасту дайках определяют различные условия образования этих тел

Петрографическое исследование интрузивных тел района оз. Кенасозеро согласуется с данными AMS и указывают на высокую степень сохранности пород. Преобладающее количество мелкозернистых двупироксеновых долеритов и оливин-содержащих габброноритов сохраняют первичную минералогию, но в некоторых их них развиты реакционные амфиболовые каймы вокруг зерен оливина и слабая амфиболизация пироксенов. Изложенные данные указывают на сохранность первичной намагниченности и позволили использовать отобранные породы для палеомагнитного исследования.

Литература

1. Butler R.F. Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. Oxford: Blackwell, 1992. – 319 p.
2. Lanza R., Meloni A. The Earth's Magnetism: An Introduction for Geologists. – Berlin: Springer, 2006. – 278 p.
3. Merrill R.T., McElhinny M.W., McFadden P.L. The Magnetic Field of the Earth. Paleomagnetism, the Core, and the Deep Mantle. International Geophysics Series, Volume 63. Academic Press, New York, London, 1996. - 531 p.
4. Stepanova, A. et al. The 2.31 Ga mafic dykes in the Karelian Craton, eastern Fennoscandian shield: U–Pb age, source characteristics and implications for continental break-up processes // Precambrian Research. 2015. №259. P.43–57.

УСТОЙЧИВОСТЬ ФТОРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЦИРКОНИЯ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

М.Е. Тарнопольская¹, А.Ю. Бычков²

МГУ имени М.В.Ломоносова (¹- mashatarnopolskaya@yandex.ru, ²- andrewbychkov@rambler.ru)

Ключевые слова: цирконий, гидротермальные растворы, формы переноса, фторидные комплексы

Циркон является важным минералом для геохронологических исследований, он устойчив в широком диапазоне природных условий. Под воздействием флюидов может происходить переотложение циркона и меняться изотопные соотношения. Поэтому важно предсказание форм переноса циркония в гидротермальных растворах. Целью нашей работы было экспериментальное определение констант устойчивости фторидных комплексов циркония при 90-255°C (давление насыщенного пара воды). При повышенных температурах исследована растворимость бадделеита в растворах HF и определены константы устойчивости комплексов $Zr(OH)_3F$ и $Zr(OH)_2F_2$ в работах Рыженко с соавторами [4], и [2]. В работах [5,3] имеются данные по устойчивости комплексов вида ZrF_{n-4-n} , где $n=1-6$ при 25°C. Экспериментальное исследование форм переноса циркония изучалось в системе $ZrOCl_2-HCl-HF-CaF_2$ при 90, 155, 210 и 255°C (давление насыщенного пара воды). Изучение проводилось на основе измерения растворимости флюорита в кислых растворах с добавлением различного количества циркония. Для опытов был использован флюорит Калангуйского месторождения. Из монокристалла были изготовлены цилиндры диаметром 8 мм и высотой 5 мм и массой около 0.7 г. Перед использованием цилиндры флюорита взвешивались на аналитических весах Mettler Toledo AG204 DeltaRange. Эксперименты проводились в стальных обоймах с фторопластовыми вкладышами. Цилиндры флюорита закреплялись на крышке вкладыша с помощью снежинки из тефлоновой ленты. Пеналы помещались в предварительно нагретый сушильный шкаф СНОЛ крышкой вниз, чтобы кристалл находился в контакте с раствором. Продолжительность опыта была определена по результатам кинетической серии и составляла для разных температур от 4 до 10 суток. После выдерживания при постоянной температуре обоймы закачивались в холодной воде, предварительно перевернутые крышкой вверх. При этом контакт флюорита с раствором прерывался, чтобы избежать растворения или отложения вещества. После охлаждения пеналы раскрывались, цилиндры флюорита извлекались, промывались дистиллированной водой, высушивались до постоянной массы над силикагелем и взвешивались.[6]. Растворимость флюорита увеличивается с ростом концентрации циркония. С ростом температуры растворимость флюорита также увеличивается (в среднем на 0.4 логарифмические единицы с увеличением температуры на 60 °C). Обработка результатов проводилась при помощи программы OptimA (Шваров, 2008). Программа OptimA предназначена для уточнения и оценки точности свободных энергий Гиббса небольшого числа частиц водного раствора по экспериментальным данным. Решение прямой термодинамической задачи расчета химических равновесий в водных растворах выполняется с помощью пакета HCh для Windows. В качестве источника данных программа OptimA использует рабочую книгу программы MS Excel, в нее же записывает и полученные результаты. Программа может

обрабатывать данные одновременно по нескольким экспериментам, выполненным в одной и той же химической системе (но с разными составами) при одних и тех же условиях (температуре, давлении и химических потенциалах вполне подвижных компонентов). По результатам было определено, что при температуре до 100°C растворимость флюорита описывается образованием комплексов $Zr(OH)_3F$ и $Zr(OH)_2F_2$ [2]. Но при более высоких температурах, в условиях наших экспериментов преобладает комплекс ZrF_6^{2-} . Определена константа устойчивости этого комплекса с использованием свободных энергий ионов фторида и циркония из базы данных SUPCTR92 (Johnson, et al., 1992): $Zr^{4+} + 6F^- = ZrF_6^{2-}$. При 90, 155, 210, 255°C и давлении насыщенного пара воды, константа этой реакции составила $\lg \beta = 30.7, 33.9, 37.8, 40.9$ соответственно

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ №18-35-00075

Литература

1. Johnson J.W., Oelkers E.H., Helgeson H.C. SUPCTR92: a software package for calculating the standard molal thermodynamic properties of minerals, gases, aqueous species, and reactions from 1 to 5000 bars and 0 to 1000°C// Comput Geosci.1992. 18 (7), p.899-947
2. Migdisov Art. A., Williams-Jones A.E., van Hinsberg V., Salvi S. An experimental study of the solubility of baddeleyite (ZrO_2) in fluoride-bearing solutions at elevated temperature// Geochimica et Cosmochimica Acta. 2011. №75, p. 7426–7434
3. Буслаев Ю.А. Константы нестойкости комплексных фторидов циркония// Журн. неорг. химии.1962. №5. С.1204-1206.
4. Рыженко Б.Н., Коваленко Н.И., Присягина Н.И., Старшинова Н.П., Крупская В.В. Экспериментальное определение форм существования циркония в гидротермальных растворах // Геохимия. 2008. № 4. С. 364-375.
5. Hevesy G., Christiansen J. A., Berglund V. Die Loslichkeit der Doppelfluoride des Zirkons und Hafniums // Zeitschrift fuer anorganische und allgemeine Chemie.1925. №144, p. 69-74.
6. Tarnopolskaia M.E., Bychkov A.Yu, Shvarov Yu V., Popova Yu A. Experimental study of fluorite solubility in acidic solutions as a method for boron fluoride complexes studying// Geochemistry International.2017. № 4, p. 355-359

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОРОДАХ БАЖЕНОВСКОЙ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ ФОРМАЦИИ.

М.С. Топчий¹, Н.В. Пронина, А.Г. Калмыков, Г.А. Калмыков, М.М. Фомина², Ю.А. Карпов³

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (¹ - m.s.topchiy@gmail.com, ² - fomina-msu@mail.ru, ³ - y.a.karpov@yandex.ru)

Ключевые слова: *баженовская свита, органическое вещество, баженовская высокоуглеродистая формация*

Одной из наиболее известных и перспективных сланцевых формаций России является баженовская свита. Неоднозначность представлений о ее геологических особенностях, вызванная сложным, неоднородным строением толщи, привлекает внимание многих ученых-исследователей. В данной работе баженовская свита выделена в совокупности с ее стратиграфическими аналогами в баженовскую высокоуглеродистую формацию (БВУФ). Рассмотрены основные характеристики ее выделения и распространения по площади, а также геологическое строение. Являясь нетрадиционным коллектором углеводородов, БВУФ обладает свойствами нефтематеринской породы, одной из основных характеристик которой является органическое вещество, его тип и зрелость. В работе представлены результаты изучения органического вещества различными методиками на микроуровне, а также их интеграция с более крупномасштабными исследованиями. Необходимость детального рассмотрения органического вещества БВУФ обоснована тем, что оно имеет смешанный состав и, как следствие различную степень преобразованности и пространственного расположения породе.

ВСЕ ЛИ МЫ ЗНАЕМ ОБ ОРГАНИЧЕСКОМ ВЕЩЕСТВЕ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ?

М.С. Топчий^{1а}, Н.В. Пронина, А.Г. Калмыков, Г.А. Калмыков, Е.В. Козлова², М.М.
Фомина^{1б}, Ю.А. Карпов^{1б}

¹Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (^а - m.s.topchiy@gmail.com, ^б - fomina-msu@mail.ru, ^б - y.a.karpov@yandex.ru)

²Сколковский институт науки и технологий (e.kozlova@skoltech.ru)

Ключевые слова: *баженовская свита, органическое вещество, микроскопические исследования*

Более полувека главным нефтегазоносным бассейном России по праву считается Западо-Сибирский, а его основная нефтематеринская и продуктивная свита – баженовская (J₃-K₁). Эта свита при небольшой мощности (20-30м, а в отдельных зонах аномального разреза – до 100 м) имеет широкое распространение почти по всей площади Западной Сибири. Накопление отложений баженовской свиты происходило в морском, относительно глубоководном (200-400м) бассейне с богатой фауной и разнообразными, обильными водорослями, что способствовало накоплению обогащенных органическим веществом (ОВ) отложений. Содержание ОВ в породе может достигать 20-25%, но чаще составляет 6-12%. Однородно ли это органическое вещество и какие продукты оно способно генерировать, какие условия необходимы для начала и дальнейшего процесса нефте- и газогенерации? Общая схема этого процесса неоднократно рассматривалась в работах Н.Б.Вассоевича, Д. Вельте, Б.Тиссо, Дж.Ханта и др. Основные трансформации происходят с органическим веществом - очень чувствительным к изменению температуры, и, в меньшей степени, давления, в узком термо-барическом интервале. Этап перехода ОВ из исходного твердого состояния в жидкое и/или газообразное называют нефте-, газогенерацией, которая происходит в Главную Фазу Нефтеобразования - ГФН (по Н.Б.Вассоевичу), или Нефтяное Окно-Oil Window, как это принято в международной терминологии. Определение положения ГФН в разрезе и на площади – одна из важнейших задач нефтяной геологии, которая решается различными методами. Каждый вид аналитических исследований дополняет эту сложную, многокомпонентную картину. Изучение собственно органического вещества петрографическими и геохимическими методами также вносит вклад в понимание процесса генерации нефти и газа, поэтому комплексирование различных методов является главной чертой современных исследований ОВ. Микроскопические исследования позволяют наблюдать естественное распределение органического вещества в породе, его взаимоотношения с минеральными составляющими. Органические компоненты принято называть мацералами. Самыми распространенными мацералами нефтематеринских пород являются те, которые образовались из водорослей - самых разнообразных. Пока такие мацералы сохраняют элементы структуры исходных организмов их называют альгинитами, но когда они теряют первичные структурные признаки и становятся бесструктурными их уже относят к битуминитам. По своим размерам и формам битуминиты весьма разнообразны. Они могут образовывать протяженные слои и линзы разной толщины, подчеркивая слоистость породы, а могут иметь очень прихотливую форму, заполняя пустоты, промежутки между минеральными

зернами. Являясь относительно мягким веществом, ОВ испытывает различное давление со стороны минеральных зерен породы и потому слойки и линзочки битуминита бывают волнистыми, разорванными и «выдавленными» в межзерновое пространство. Одиночные планктонные водоросли могут сохраниться в виде очень мелких включений битуминита, перемешанных с глинистыми минералами и представляющих тонко-дисперсную органо-минеральную смесь, в которой отдельные мацералы распознаются с трудом. В баженовской свите присутствуют все описанные разновидности битуминита и альгинита. Кроме того, встречаются переотложенные мацералы гумусовых углей - спориниты, витриниты и инертиниты, но они так редки и незначительны по размерам, что говорить об их «вкладе» в состав ОВ данных отложений не приходится. Первая особенность баженовской свиты состоит в том, что ее органическое вещество очень однородно, оно относится к I – II типу керогена (об этом свидетельствуют геохимические характеристики ОВ). Однако многообразие битуминитов, входящих в состав этого керогена, предполагает некоторый разброс как петрографических, так и других его характеристик при исследовании. Микроскопические исследования большого количества образцов баженовской свиты из разных районов Западной Сибири дали возможность авторам увидеть примеры трансформации ОВ, изменения его первичной структуры и появление новообразованных мацералов в виде битумных пленок и твердых битумов, которые в англоязычной литературе очень точно называются *post-mature bituminite*, т.е. послегенерационный битуминит. Присутствие в породах баженовской свиты одновременно мацералов с признаками первичной структуры и новообразованных свидетельствует о том, что разные по своей природе битуминиты начинают генерировать жидкие и газообразные продукты в разное время. Рядом с уже сильно измененными мацералами могут находиться битуминиты или почти альгиниты, в которых преобразования еще не начались. Вторая особенность баженовской свиты, которую демонстрируют микроскопические исследования, неодновременность преобразования входящего в ее состав органического вещества. Большой разброс таких показателей как $RB, \%$ (показатель отражения битуминита, сопоставимый с показателем отражения витринита), $S_{org}, \%$ и набор пиролитических параметров – S_1 , S_2 , T_{max} , HI , PI и др., свидетельствует именно об этом. Дальнейшие аналитические исследования органического вещества нефтематеринских отложений подобных баженовской свите фокусируются на таких тонких методах, как электронная микроскопия во всем ее многообразии. Активно изучается органическая пористость и ее роль в динамике процесса нефте- и газогенерации. Но традиционные петрографические и геохимические исследования не только остаются базовыми, но продолжают радовать своими новыми достижениями.

ВЛИЯНИЕ ДВУХФАЗНОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕЩИН РАСТЯЖЕНИЯ В ЗОНАХ СДВИГА: РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИЧЕСКОГО АНАЛОГОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ВЛАЖНОЙ ГЛИНЕ

Н.С. Фролова, А.Ф. Читалин, Т.В. Кара, А.Н. Корбутяк, А.А. Мишакина

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (n.s.frolova@mail.ru)

Ключевые слова: аналоговое моделирование, зоны сдвига, двухфазная деформация, трещины растяжения, Баимская сдвиговая зона

Проблема формирования раскрытой трещиноватости представляет интерес как для геологов-нефтяников, так и геологов-рудников, поскольку именно она определяет деформационную флюидопроницаемость горных пород. Обычно считается, что раскрытые трещины – это трещины отрыва. Начиная с экспериментов Г. Клооса и В. Риделя (20-е годы прошлого века), было проведено множество экспериментов по воспроизведению зон сдвига, в которых эквивалентным материалом служила влажная глина. Впоследствии за рубежом стали использовать преимущественно сухой песок, однако модели из глины для изучения различных аспектов трещиноватости подходят лучше. При сдвиге в глине обычно формируются лишь трещины скалывания, трещины отрыва возникают только при обильном смачивании поверхности водой или глицерином [1], что приводит к увеличению хрупкости материала (т. наз. эффект Ребиндера). Тем не менее, и без смачивания раскрытая трещиноватость в экспериментах все же образуется, поскольку сколы Риделя формируются путем объединения мелких сколов, расположенных кулисообразно, и сдвигание вдоль крупных сколов происходит уже по неровной поверхности, что влечет за собой формирование «зияний». Составляющая растяжения в зоне сдвига приводит к увеличению раскрытия сформировавшихся R-сколов (синтетических сколов Риделя). При определенных условиях могут возникать также небольшие трещины отрыва на концах этих сколов. Все эти эффекты получены и нами в экспериментах Лаборатории тектонофизики и геотектоники МГУ имени М.В. Ломоносова. В природе в зонах сдвига часто наблюдаются более сложные структурные парагенезы, чем изученные в аналоговых моделях, кроме того, по разным признакам геологи нередко фиксируют перемещения последовательно в двух противоположных направлениях. Эксперименты с реверсными движениями по сдвигам осуществил в ИЗК СО РАН А.В. Черемных с соавторами [2]. В данном случае «фундамент» состоял из серии линейно вытянутых блоков с ровными границами, имитирующими разломно-блоковую структуру Вилуйско-Мархинской зоны Якутской алмазоносной провинции. Каждый из блоков был соединен с остальными и перемещался относительно соседних с постоянной скоростью; в качестве чехла служила влажная глина. В первую фазу деформации развивались сколы Риделя. Во вторую – при изменении направления смещения – между этими сколами сформировались трещины отрыва. Такой эффект наблюдался при небольшой (3 см/час) скорости деформирования. Сходная картина была получена нами при двухфазной деформации сдвига в чехле над криволинейным разломом фундамента. Во время второй фазы между ранними разрывами (сдвиги, сбросо-сдвиги) развивались хорошо выраженные открытые трещины растяжения. Скорость сдвигания была такой же – 3 см/час.

Трещины отрыва являются структурами более высокого ранга, чем сколы Риделя, располагаются всегда между ними и связаны с перераспределением напряжений на структурных неоднородностях, образовавшихся на предыдущей стадии. Более сложные эксперименты с двухфазной деформацией были осуществлены при моделировании Баимской рудоносной сдвиговой зоны Западной Чукотки. А.Ф. Читалин на основании геолого-структурных данных пришел к выводу, что в этой зоне осуществлялся не только правый сдвиг, как считалось ранее, но и предшествующий ему левый. Баимская сдвиговая зона довольно сложно устроена – она состоит из ряда извилистых пересекающихся между собой разломов. Мы предложили методику и сконструировали специальное приспособление к основному прибору для тектонофизического моделирования для того, чтобы можно было осуществлять эксперименты с такого рода объектами. На дно приспособления (оно состоит из 31 плексигласовой рейки, которые могут равномерно смещаться друг относительно друга) наносится слой силикона, а поверх него укладывается образец из влажной глины. В последнем по шаблону делаются надрезы, так что он оказывается разделенным на блоки, соответствующие блоковому строению любой сложной сдвиговой зоны, в данном случае Баимской. Для экспериментов, в которых предусматривается фундамент и чехол, поверх блоков «фундамента» из глины большой вязкости помещается «чехол» из менее вязкой глины. Поскольку в Баимской зоне нет четкого разделения на фундамент и чехол, часть экспериментов проводилась с однослойными образцами (каолиновая глина 40% влажности, мощностью 3 см); скорость смещения составляла 3 или 5-6 см/час. В первой фазе деформации блоки лишь скользили друг относительно друга с образованием узких структур пулл-апат на благоприятных участках коленообразного изгиба сместителей. При обратном смещении (во второй фазе деформации), кроме скольжения блоков между ними сформировались хорошо выраженные трещины отрыва, преимущественно сконцентрированные в центральной части экспериментальной сдвиговой зоны (т. наз. зона декомпрессии); вероятно, с этим связано внедрение интрузивного тела в аналогичное пространство в природе. В Баимской сдвиговой зоне расположен ряд рудоносных интрузивов, с которыми парагенетически связаны медно-порфировые системы, золотосеребряные и полиметаллические проявления [3] поэтому для выявления трещин растяжения, обусловленных наличием более жестких тел, были также проведены эксперименты. В одном из них фаза левого сдвигания отсутствовала – согласно ранее существовавшим представлениям. В обстановке правого сдвига осуществлялось преимущественно перемещение блоков вдоль заданных разрывов с образованием узких структур пулл-апат на участках с компонентой растяжения. Сформировались также редкие слаборазвитые сколы Риделя и несколько мелких трещин отрыва. На некоторых границах интрузивных тел возникли слабовыраженные структуры растяжения. В другом эксперименте осуществлялась двухфазная деформация. Тела из пластилина помещались в образец из глины после осуществления левого сдвига, во время которого формировались структуры, сходные с только что описанными. Во время второй фазы деформации – правостороннего сдвига – деформационная картина резко изменилась. Появилось множество структур растяжения. Прежде всего, они связаны с тенями давления интрузий. Кроме того, трещины отрыва развиваются на тех участках заранее прорезанных разрывов, где правостороннее смещение затруднено (эти отрезки наклонены в сторону, противоположную сдвиганию). Все описанные структуры являются потенциально

флюидопроницаемыми зонами, с аналогами которых в природе связаны многие месторождения и рудопроявления. Таким образом, наши эксперименты показывают, что сдвиговая деформация в Баимской зоне действительно была двухфазной и что раскрытая трещиноватость второй фазы формировалась в значительной мере благодаря наличию первой фазы.

Литература

1. *Stoyanov S.S.* The mechanism of fault zone formation. Moscow, Nedra Publ., 1977. 144 p.
2. *Cheremnykh A.V., Gladkov A.S., A.S. Cheremnykh A.S.* Experimental investigation of fault network formation in the Nakyn field of the Yakutsk diamondiferous province // Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the RAEN. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits. 2017. Vol. 40. No. 1. P. 66-82.
3. *Chitalin A., Fomichev E., Usenko V., Agapitov D., Shtengelov A.* Structural Model of Peschanka Porphyry Cu-Au-Mo Deposit, Western Chukotka, Russia // Structural Geology and Resources. 2012. P 21-127.

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ НА АДсорбЦИЮ РТУТИ ИЗ РАСТВОРА НА КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОМ СОРБЕНТЕ ПСТМ-3Т

Р.В. Фяйзуллина¹, Е.В. Кузнецов²

МГУ имени М.В. Ломоносова (¹- fiaizullina@geol.msu.ru, ² - skiff727@rambler.ru)

Ключевые слова: *ртуть, адсорбция ртути, кремнийорганический сорбент, очистка воды.*

Ртуть и ее соединения являются неотъемлемой частью окружающей среды, где они, как правило, находятся в крайне низких концентрациях. Аналитическая химия ртути заметно шагнула вперед за последнее время. Однако до сих пор существуют такие природные резервуары, концентрации в которых не поддаются прямому определению. В таких случаях одним из решений является использование различного рода синтетических сорбентов, значительно понижающих предел обнаружения ртути. Дополнительным преимуществом их использования является возможность транспортировки накопленной на сорбенте ртути от места отбора непосредственно к месту измерения, т.е. в оснащенную аналитическую лабораторию.

В районах с повышенной антропогенной нагрузкой особо остро стоит другая проблема, связанная с повышенными концентрациями этого элемента. Большое количество данных об отрицательном воздействии ртути на окружающую среду свидетельствует о необходимости очистки промышленных и сточных вод. При отсутствии контроля и надёжных защитных устройств она поступает в почву, поверхностные и подземные воды, донные осадки, оказывая крайне негативное воздействие на окружающую среду. В частности, поступая в водную экосистему ртуть аккумулируется и трансформируется в каждом последующем звене пищевой цепи, достигая максимального содержания на её вершине. Анализ существующих в настоящее время методов очистки природных и сточных вод от тяжелых металлов показал, что одним из перспективных является сорбционный метод.

В качестве сорбента, способного обеспечить решение этих двух диаметрально противоположных по своей сути проблем, мы выбрали синтетический сорбент ПСТМ-3, синтезированный группой ученых из Иркутского института химии имени Ф.Е. Фаворского СО РАН под руководством академика Воронкова М.Г. [4]. Первоначально он был создан для доочистки воды от ртути. ПСТМ-3 представляет собой пространственно-сшитый кремнеорганический полимер с тиокарбамидными группами. Его отличительной особенностью является повышенная термическая и химическая стабильность, позволяющая проводить эксплуатацию в агрессивных средах, о чем свидетельствует отсутствие изменения массы и статической сорбционной емкости при воздействии на него в течении часа гидроксидом аммония, серной и соляной кислот при температуре 100°C. Разрушение полимера происходит при воздействии на него концентрированными растворами натрия или калия. Высокая химическая стабильность позволяет данному сорбенту функционировать в широком диапазоне кислотности среды: от 12 pH до сильных концентрированных кислот (Васильева и др., 2010). Более детальные исследования, посвященные влиянию различных факторов на адсорбцию металлов на ПСТМ-3 в литературе, отсутствуют.

Как известно, на протекание адсорбции может влиять целый ряд факторов: количество адсорбента, время его контакта с раствором, температура и величина pH. Настоящая работа посвящена изучению влияния кислотности на адсорбцию ртути из растворов.

В качестве емкостей для проб были использованы пробирки из полиэтилентерефталата (PET) (Greiner, Германия), объемом 50 мл и тefлоновые бюксы (VitLab, Германия), отвечающие необходимым характеристиками для хранения разбавленных проб.

В качестве адсорбента использовался ПСТМ-3Т (тонкая фракция сорбента ПСТМ-3, описанного ранее) в виде гранул сферической формы с размером частиц 0,7-0,15 мм белого цвета. Непосредственно перед началом эксперимента сорбент выдерживался в сушильном шкафу (SNOL 58/350, Литва) в течение 15 часов при температуре 70°C, для удаления физически сорбированной ртути из воздуха.

В пробирки объемом 50 мл бралась навеска сорбента, далее добавляли дистиллированную воду и определенные аликвоты концентрированной азотной кислоты классификации осч («Химмед», Москва). Источником ионов Hg(II) служил ГСО 9К-1, представляющий собой водный раствор ртути азотнокислой с концентрацией $0,964 \pm 0,5$ г/дм³, подкисленный азотной кислотой (молярная концентрация кислоты в стандартном образце (СО) составляет 0,1 моль/дм³). Все навески брали на весах AP210 Analytical plus (OHAUS, США). Таким образом, объемы экспериментальных растворов составили приблизительно 30 мл.

После постановки эксперимента, обязательным условием является установление адсорбционного равновесия. На основании целого ряда работ по изучению адсорбции как на природных, так и на синтетических сорбентах, можно сделать вывод о том, что для установления равновесия достаточно от первых часов до трех суток. В рамках настоящей работы по объективным причинам [5] было решено увеличить этот срок до одной недели. Температура воздуха лаборатории на протяжении эксперимента составила $21,0 \pm 0,5$ °C.

Фильтрация проб проводилась через ацетат-целлюлозную мембрану (АЦМ) («Владипор», Россия) с размером пор 0,45 мкм с помощью шприц-насадок в пробирки (PET) (Greiner, Германия). После чего были проведены замеры pH фильтратов. В качестве pH-электрода использовался комбинированный стеклянный электрод «ЭСК-10601».

Для измерения равновесной концентрации ртути был использован метод «холодного пара» с атомно-абсорбционным окончанием на универсальном комплексе ртутетрическом УКР-1МЦ с приставкой ПАР-3м («ЭкОН», Москва). Восстановителем служил 1% раствор боргидрида натрия в 1% растворе щёлочи натрия [3]

Согласно полученным результатам очевидно, что процесс адсорбции ртути наиболее значим в области более кислых значений pH. Это объясняется доминированием катионной формы двухвалентной ртути Hg(II) в области сильнокислых растворов. Об этом факте можно судить, исходя из работ (Anbia, Amirmahmoodi, 2016; Arshadi et al., 2015) по изучению форм ртути в воде. Также следует отметить, что pH(TНЗ) (точки нулевого заряда), вероятно, находится в близнейтральной среде, и сорбент ПСТМ-3Т, в изучаемой нами области является катионитом (заряжен отрицательно).

Поэтому в образовании двойного электрического слоя участвуют катионы Hg(II), занимающие в результате конкурирующей адсорбции, абсолютное большинство адсорбционных центров.

Снижение количества адсорбированного вещества, при смещении в близнейтральную и слабощелочную зоны, связано с понижением концентрации частицы Hg(II) а в области

около величины рН равной 3, расположена изоэлектрическая точка, в которой происходит смена доминирующей формы: повышается концентрация гидроксида ртути (II), не имеющего заряда, и, следовательно, не способного сорбироваться на отрицательно заряженную поверхность сорбента.

Также было установлено, что сам сорбент способен значительно изменять кислотность растворов. Результаты экспериментов по изучению влияния самого сорбента ПСТМ-3Т на величину рН растворов показали, что с увеличением количества сорбента в растворе, рН последнего сдвигается в более щелочную область. Это можно объяснить образованием двойного электрического слоя, состоящего из отрицательно заряженной поверхности сорбента и притянутыми ею положительно заряженными протонами. Совершенно очевидно, что с возрастанием количества сорбента в растворе, возрастает и адсорбция, за счет увеличения сорбирующей поверхности. Следовательно, за счет повышения содержания в растворе групп OH^- , рН смещается в щелочную область. Этот факт необходимо обязательно учитывать при работе с сорбентом. Согласно нашим исследованиям оптимальным соотношением между навеской сорбента ПСТМ-3Т и раствором является величина 1/1000.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-05-01055-а.

Литература

1. Anbia M., Amirmahmoodi S. Removal of Hg (II) and Mn (II) from aqueous solution using nanoporous carbon impregnated with surfactants // Arabian Journal of Chemistry, 2016. Vol. 9. P. 319–325.
2. Arshadi M., Faraji A.R., Amiri M.J., Modification of aluminum-silicate nanoparticles by melamine-based dendrimer L-cysteine methyl esters for adsorptive characteristic of Hg(II) ions from the synthetic and Persian Gulf water // Chemical Engineering Journal, 2015. P. 1–39.
3. Mukhamadiyarova R.V., Smirnova A.S. Study of the mercury content in solid natural samples // Moscow University Geology Bulletin, 2014. Vol. 69. No. 1. P. 36–40.
4. Voronkov M.G., Vlasova N.N., Pozhidaev Yu.N., Pestunovich A.E., Kirillov A.I. Highly effective complexite and ampholyte - poly [N, N'-bis (silsesquioxanilpropyl) thiourea] // Reports of the USSR Academy of Sciences, 1991. Vol. 320. No. 3. P. 658–662. In Rus.
5. Fiaizullina R.V., Makarova M.A., Abrosimova N.A. The possibility of wastewater treatment of heavy metals by natural sorbents // Proceedings of 17 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017. Vol. 52 of Soils, Forest ecosystems. STEF92 Sofia, Bulgaria, 2017. P. 1027–1034.

ФОРМИРОВАНИЕ КРУПНЫХ ЗОН ТРЕЩИНОВАТОСТИ НЕТЕКТОНИЧЕСКОГО ГЕНЕЗИСА В ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ

И.Ю. Хромова

ИП "Хромова И.Ю." (ingakhr@inbox.ru)

Ключевые слова: *Трещины, трещиноватые коридоры, дифференциальное уплотнение, интерпретация сейсмических данных, миграция дуплексных волн*

Вопросы трещиноватости горных пород в платформенных областях рассматриваются многочисленными исследователями в сфере нефтегазовой геологии уже более века. Ряд постулатов, выдвинутых на заре этих исследований, не опровергнуты до сих пор. Так, в середине прошлого века были сделаны фундаментальные выводы, господствующие и поныне, о невозможности существования на больших глубинах (более 1 км) крупных зон трещиноватости (макротрещиноватости) и развитии там только микротрещиноватости. Однако, результаты бурения глубоких скважин в совокупности с данными разработки и специальных методов сейсморазведки, показывают, что на больших глубинах существуют узкие проницаемые зоны протяженностью сотни метров, не имеющие смещения, т.е. являющиеся крупными трещинами или трещиноватыми коридорами. Ещё одно укоренившееся мнение заключается в том, что основными причинами образования трещин в нефтегазоносных пластах являются тектонические движения [1], хотя последние тектонические события в условиях осадочно-породных бассейнов, таких как Волго-Уральский, Тимано-Печорский завершились уже достаточно давно даже по геологическим меркам (в юрское, меловое время), и сейчас эти районы находятся в условиях тектонической стабильности. Несмотря на то, что современные исследования в области деформационного мониторинга на юго-востоке Татарстана зафиксировали сейсмичность в районе Алтунино-Шунакского регионального глубинного разлома [2], вряд ли остаточные тектонические подвижки вдоль одного нарушения могут объяснить повсеместное развитие трещиноватости в породах осадочного чехла на всей территории Татарстана. В последние годы широкое развитие получили специальные методы обработки сейсмических данных, в частности миграция дуплексных волн, который позволяет выделить в волновом поле сейсмических данных отражения от субвертикальных границ, невидимых при стандартных методах обработки. Наиболее распространенным типом субвертикальных границ в недрах осадочного чехла нефтегазоносных бассейнов являются зоны трещиноватости. Как и в случае с субгоризонтальными границами, для формирования отражения от которых необходим контраст между упругими свойствами пластов, субвертикальные границы формируют отражение также только в случае наличия контраста между свойствами ненарушенных пород, вмещающими трещиноватую зону, и свойствами пород внутри зоны деструкции. Как правило, наибольший контраст возникает на границе открытых зон трещиноватости, заполненных обломками пород и флюидом. То есть физические основы метода определяют свойства геологического объекта, доступного для обнаружения – крупные открытые трещиноватые зоны. Использование миграции дуплексных волн для изучения трещиноватости глубоких нефтегазоносных пластов на

многочисленных месторождениях Тимано-Печорской провинции позволило накопить значительный объем информации, свидетельствующий о том, что крупные открытые трещиноватые зоны развиты повсеместно. Причем в пределах региональных валлообразных структур, типа Колвинского мегавала или вала Сорокина, трещиноватые зоны имеют тектонический генезис – они являются современниками структурообразующих тектонических движений, вызванных Урало-Пайхойским орогенезом. Но для плоских участков Хорейверской впадины, имеющей в основании древний жесткий Большеземельский блок, активное развитие трещиноватости, сложно объяснить тектоникой. Радиально-кольцевая структура систем трещиноватости, выявленная с помощью миграции дуплексных волн в пластах фаменского возраста, очень похожа, практически идентична таковой на растущих тектонических поднятиях, например, в районах с солянокупольной тектоникой. Однако причиной формирования радиально-кольцевой системы в этом случае является не тектонический рост поднятия, а дифференциальное уплотнение глинистых пород, вмещающих рифогенные постройки франского возраста. Фаменские шельфовые карбонатные пласты, накапливавшиеся субгоризонтально, по мере уплотнения подстилающих их межрифовых преимущественно глинистых отложений прогибаются аналогично тому, как изгибаются пласты при тектоническом росте поднятий. Такая же закономерность обнаружена и для доманикоидных отложений. Как правило, отложения глубоководных доманиковых отложений перекрывают плоским покрывалом трансгрессивные терригенные толщи ранне-среднефранского возраста. Те в свою очередь на большей части Тимано-Печорского бассейна нивелировали, захоронили сильно расчлененную поверхность более древних пород: нижнедевонских, силурийских, ордовикских. В результате трансгрессивного осадконакопления разделенный на блоки древними тектоническими нарушениями предфранский рельеф заполнился различными по мощности толщами преимущественно глинистых пород франского возраста. Дифференциальное уплотнение ранне-среднефранских глинистых комплексов определило приуроченность крупных зон трещиноватости в карбонатных доманиковых пластах границам древних тектонических блоков. И о том, что именно дифференциальное уплотнение является причиной формирования трещиноватости, а не возобновление тектонических подвижек, свидетельствует отсутствие тектонических нарушений в интервале тиманско-саргаевских отложений. Для баженовских отложений в Западной Сибири также справедлив механизм формирования крупных зон трещиноватости в следствии дифференциального уплотнения тюменских отложений, в свою очередь захоронивших гряды доюрского основания. Таким образом, современные сейсмические и скважинные исследования опровергают устоявшиеся представления об отсутствии в недрах осадочного чехла крупных зон трещиноватости нетектонического генезиса.

Литература

1. *Пермяков Е.Н.* Тектоническая трещиноватость Русской платформы. БМОИП. 1949 г.
2. *Хисамов Р.С.* Геодинамический полигон деформационного мониторинга территории нефтедобычи Республики Татарстан. // Нефтяное хозяйство 2015 №10.

О РОЛИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ТРЕЩИН В ФЭС БАЖЕНОВСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БУРЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН).

И.Ю. Хромова

ОАО «ЛУКОЙЛ» (ingakhr@inbox.ru)

Развитие новых технологий в изучении разрезов скважин на фоне возросшего интереса к отложениям, ранее остававшимся за пределами пристального внимания, прикованного только к коллекторам в ходе подсчетов запасов, привело к появлению новых знаний и расширению представлений о строении и обстановках осадконакопления таких сложных пород, как баженовские отложения. Конечно же баженовские отложения никогда не обделялись вниманием: с момента начала изучения бажена прошло уже больше 50 лет и более 10% всех защищенных диссертаций по нефтяной геологии посвящено отложениям баженовской свиты [1]. Но это внимание было большей частью направлено или на изучение их нефтематеринского потенциала или пытались объять разрозненные обрывки информации о литологическом составе образцов крайне ограниченно вынесенного керна.

Отбор керна в стеклопластиковые или алюминиевые трубы позволил выносить керн полностью и очень досконально анализировать его как стандартными, так и новейшими экзотическими методами. Результатами такого анализа в вертикальных скважинах явилось детальное расчленение разреза, выделение различных литотипов пород, и самое главное, обнаружение в толще баженовских отложений коллекторских пород и их подробное изучение.

Внимательный анализ литологического состава разреза различных скважин показал, что в составе пород наряду с общими закономерностями присутствуют локальные отличия. Если общими для всех скважин является присутствие кремнисто-глинисто-битуминозных пород, то локальными особенностями являются количество и состав карбонатных пород. Поскольку, коллекторами в бажене являются именно карбонатные породы, то закономерности их распространения и их особенности становятся предметом особого интереса.

Рассмотрим разрез баженовских отложений с точки зрения условий седиментогенеза, последующих диагенеза и катагенеза.

Наиболее общими во время накопления баженовских отложений являлись относительно глубоководные условия. По мнению исследователей, оценивающих глубину баженовского моря по высоте ачимовских клиноформ, глубина его не превышала 200-300 метров [1]. И хотя мы можем предположить, что эти значения соответствуют скорее минимальным глубинам на этапах наибольшего падения уровня моря, а на максимуме подъема уровня моря эти значения могли быть вдвое больше, эти значения не приближают дно баженовского моря к современным многокилометровым океанским глубинам. Тем не менее, участки, где накапливались отложения именно баженовской свиты, в отличие от её возрастных аналогов (даниловской на северо-западе, яновстанской на северо-востоке, марьяновской на востоке и юге и других свит), были существенно удалены от источников сноса. Это обусловило определенную ограниченность, особенный состав исходных компонентов будущих пород (рис. 1): основными элементами седиментогенеза являлись 1) фитопланктон, осаждавшийся с поверхности; 2) бентос, перемещавшийся по дну, 3) глина, с определенной периодичностью поступающая как с отдаленных источников сноса, так и, как эоловая составляющая, с поверхности воды. Фитопланктон, преимущественно радиолярии с кремнистым скелетом и цитоплазмой, являлся поставщиком кремния и

битумоида. Бентос с кальцитизированными раковинами являлся поставщиком первичных карбонатов.

Различные, как зависимые, так и не независимые друг от друга процессы контролировали пропорциональное содержание описанных исходных компонентов в составе осадка на этапе седиментогенеза. Рассмотрим основные типы пород и условия для их седиментации:

1) Кремнисто-битуминозная материнская порода с высокой долей органического вещества – могла сформироваться в условиях максимального уровня моря, максимально удаленных источников сноса, когда привнос глинистого материала был минимален, и при постоянном уровне биоценоза пропорциональная доля биогенного материала в осадке возрастала, т.е. доля кремнезема, первичного кальцита и битумоида многократно выше глинистой составляющей.

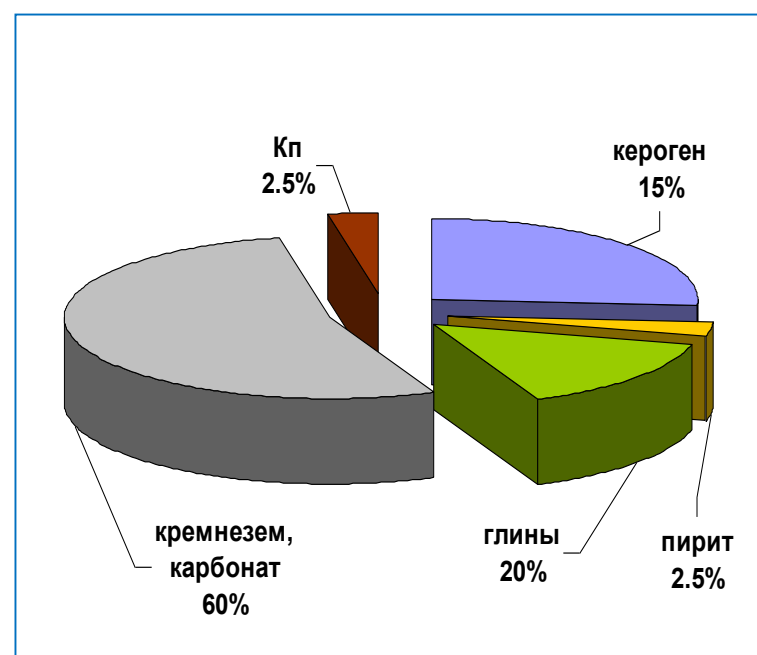


Рисунок 1. Минерально-компонентная модель баженовской свиты [1].

2) Преимущественно глинистая порода формировалась при минимальном уровне моря, когда источники сноса приближались (в том числе обнажались острова), при постоянном уровне биоценоза пропорциональная доля биогенного материала в осадке снижалась.

3) Различные промежуточные кремнисто-глинисто-битуминозные породы формировались на промежуточных уровнях моря, но при стабильном уровне биоценоза.

4) Для накопления преимущественно кремнистых пород, состоящих в основном из кремнистых скелетов радиолярий

и послуживших основой для формирования карбонатных пород на этапе диа- и катагенеза, необходимо было кратное увеличение биоценоза относительно фонового (описанного в первых трех пунктах) и повышение активности бактерий, перерабатывающих цитоплазму фитопланктона. Причинами периодического расцвета биоценоза на участке моря, удаленном от береговой линии и, соответственно, от зон апвеллинга и устьев рек, должны были быть периодические поступления питательных веществ совсем из других источников. То, что количество карбонатных, кремнисто-карбонатных прослоев в соседних скважинах отличается значительно, свидетельствует о том, что поступление питательных веществ не было региональным событием, типа прохождения среднеокеанического течения. Это были узко локализованные в пространстве зоны, наиболее вероятно связанные с трещинами в осадочном чехле, по которым из недр поступали гидротермальные растворы, богатые минеральными компонентами. Принцип актуализма позволяет нам опираться на современные обстановки: в 1979 году в некоторых районах восточной части Тихого океана на глубинах 2.5—3 км обнаружили т.н. «оазисы» жизни вблизи выходов горячих подземных вод (гидротерм). В этих участках биомасса бентоса достигает нескольких кг/м² (для сравнения на литорали и в верхней сублиторали — до 5—10 кг/м² и более, глубже, в сублиторали, — сотни и десятки г/м², в батии — граммы, в абиссали — обычно не более 1 г/м², а в бедных жизнью центральных районах океанов — 0.01 г/м² и менее) [2].

Таким образом, на пропорциональное содержание тех или иных компонентов в составе пород Баженовской свиты влияло два основных процесса: колебания относительного уровня моря и периодические поступления питательных веществ в морскую воду. Если колебания уровня моря – явления крупномасштабные, слабо дифференцированные на участках современной лицензионной деятельности недропользователей, то источники поступления питательных веществ (макротрещины и разломы) являются объектами гораздо меньшего размера и способны сформировать внутри лицензионных участков мозаику зон, обогащенных и обедненных скоплениями радиоляритов.

Продолжение поступления гидротермальных растворов на этапе диагенеза и катагенеза способствовало вторичным преобразованиям кремнистых пород в карбонатные, причем зоны переработанных в доломиты радиоляритов существенно уже, чем зоны развития радиоляритов как таковых, что свидетельствует о затухании гидротермальной деятельности и залечивании мелких трещин. Активными оставались только наиболее крупные тектонические нарушения и трещиноватые зоны. Соответственно, на характер распределения доломитизированных радиоляритов напрямую влияет расстояние до открытых на этапе катагенеза тектонических нарушений и сопровождающих их трещиноватых зон.

Изученные в ходе работ [1] свойства доломитизированных радиоляритов показали, что они являются коллекторами в традиционном понимании это слова с матричной пористостью до 16 % и проницаемостью до 50 мД. Толщина отдельных прослоев может достигать 3 метров, количество их может быть от 0 до 5 в пределах одной площади.

На одном из участков деятельности ОАО «ЛУКОЙЛ» в интервале слоя доломитизированных радиоляритов толщиной 3 метра был проложен горизонтальный ствол эксплуатационной скважины, длиной 1 км. Необходимо отметить, что высокое качество структурных построений, проведенных в ходе работ [3], и использование современного лито-плотностного каротажа в ходе бурения позволили провести скважину на всем протяжении горизонтального отрезка строго в целевом пласте, несмотря на его сложную траекторию (рисунок 2). Полученные материалы позволили изучить латеральные изменения внутри целевого пласта.

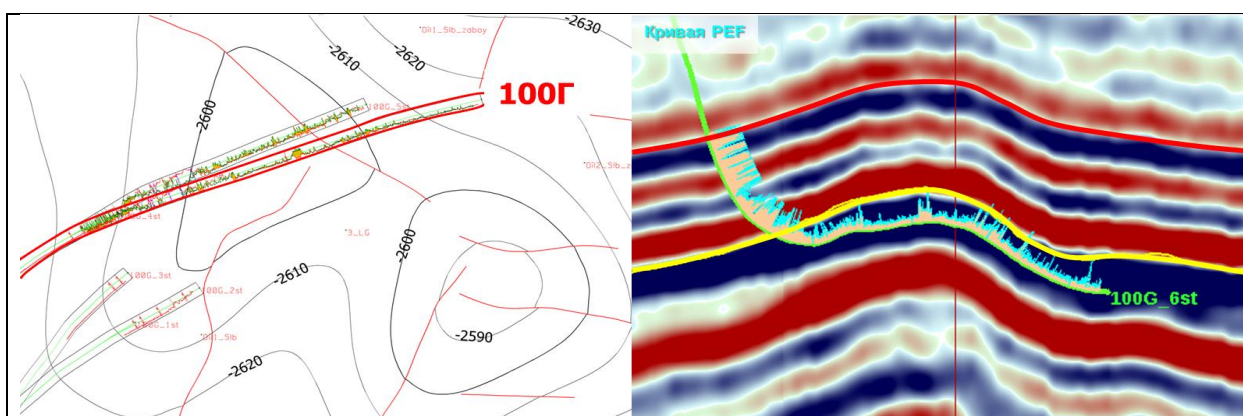


Рисунок 2. Слева: плановое положение горизонтального ствола скважины на структурной карте по ОГ В. Красной рамкой выделен ствол, добуренный до проектного забоя. Вдоль ствола вынесены кривые каротажа: ГК (красная) и плотностной (зеленая). Справа: временной разрез вдоль горизонтального ствола в интервале баженовских отложений. Вдоль ствола вынесена кривая каротажа РЕФ (фотофактор). На разрезе красным цветом показан горизонт в кровле баженовских отложений (ОГ В), желтым показано положение одной из изохронных поверхностей внутри бажена, прослеженной вблизи кровли пласта коллектора.

Поскольку ствол скважины следовал по карбонатным породам, общий уровень гамма-каротажа (ГК) характеризуется общим низким уровнем значений. При этом

периодически фоновый уровень значений нарушается участками с предельно низкими значениями ГК. Характерно, что именно эти участки характеризуются высокими до 3 г/см^3 значениями плотности. Дополняют особенность этих участков высокие, до 9 единиц значения фотофактора (рисунок 3).

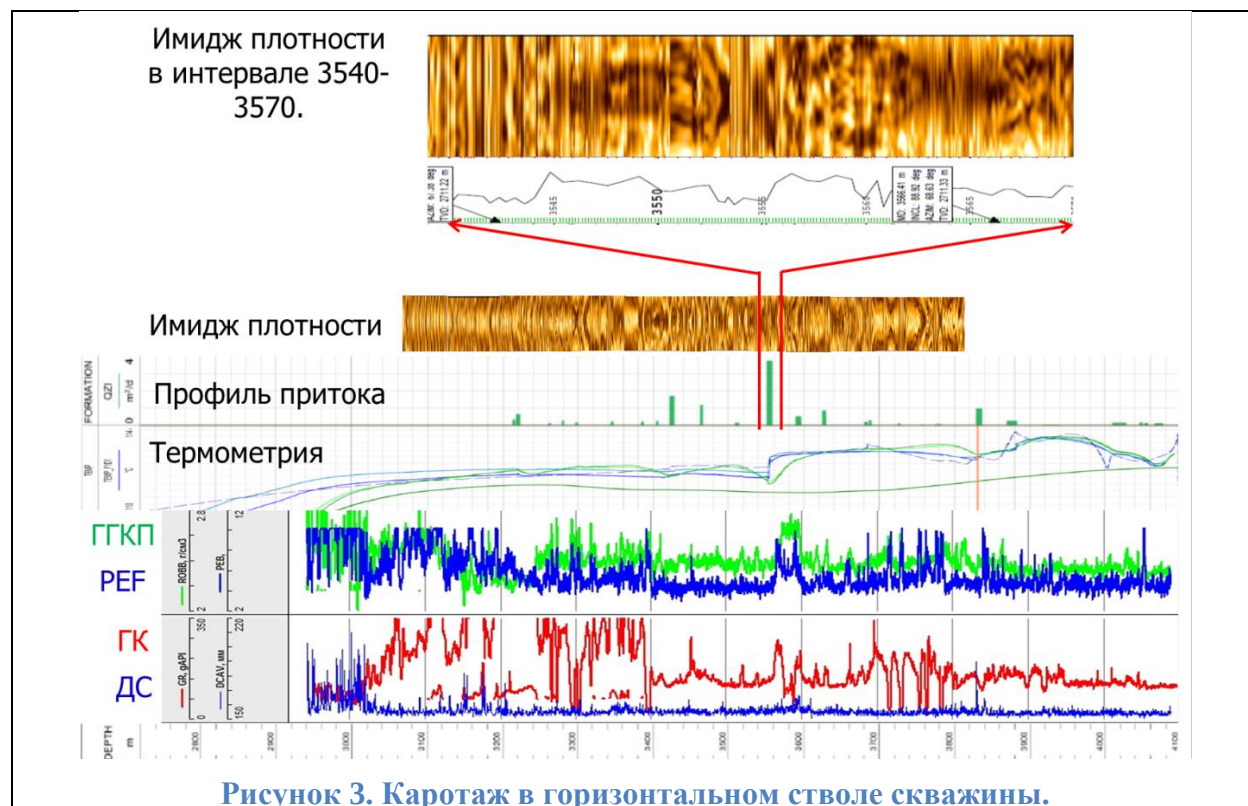


Рисунок 3. Каротаж в горизонтальном стволе скважины.

Поскольку отбора керна в горизонтальном стволе не производилось, судить о литологическом составе аномальных по свойствам интервалов разреза можно только на основании данных ГИС. Низкий уровень гамма, ниже, чем в доломитизированных породах, может свидетельствовать о содержании чистого кальцита, высокие значения плотности – о присутствии пирита (сидерита, арагонита?), а высокие значения фотофактора – о высоком содержании барита (составной части бурового раствора). По имиджу плотности в стволе скважины, помимо «улыбок» (характерных овальных элементов, связанных с пересечением границ напластования), отмечаются строго перпендикулярные стволу скважины пропластки, по которым даже происходит смещение и искажение «улыбок». Толщина индивидуальных пропластков невелика – сантиметры. Но ассоциации таких пропластков бывают толщиной 1-2 метра и достигают 8 метров. Геометрия этих участков – они перпендикулярны стволу скважины, в отличие от границ напластования, имеющих овальную форму (т.н. «улыбки») – и их состав могут свидетельствовать в пользу только одной гипотезы: эти участки представляют собой пересечение с частично залеченными кальцитом и сидеритом (арагонитом, пиритом?) и заполненными буровым раствором трещинами.

В ходе освоения скважины был проведен гидроразрыв пласт (ГРП) из 6 слотов. Проведение ГРП сопровождалось поверхностным микросейсмическим мониторингом. На рисунке 4 вдоль ствола вынесены акустические события, зафиксированные в процессе закачки пропанта. Объем пропанта в среднем составлял 227 м^3 , и только один слот (№4) поглотил до 379 м^3 . Именно с этим слотом и был связан основной приток флюида, зафиксированный при замерах термометрии и спектральной спектрометрии (рисунок 3).

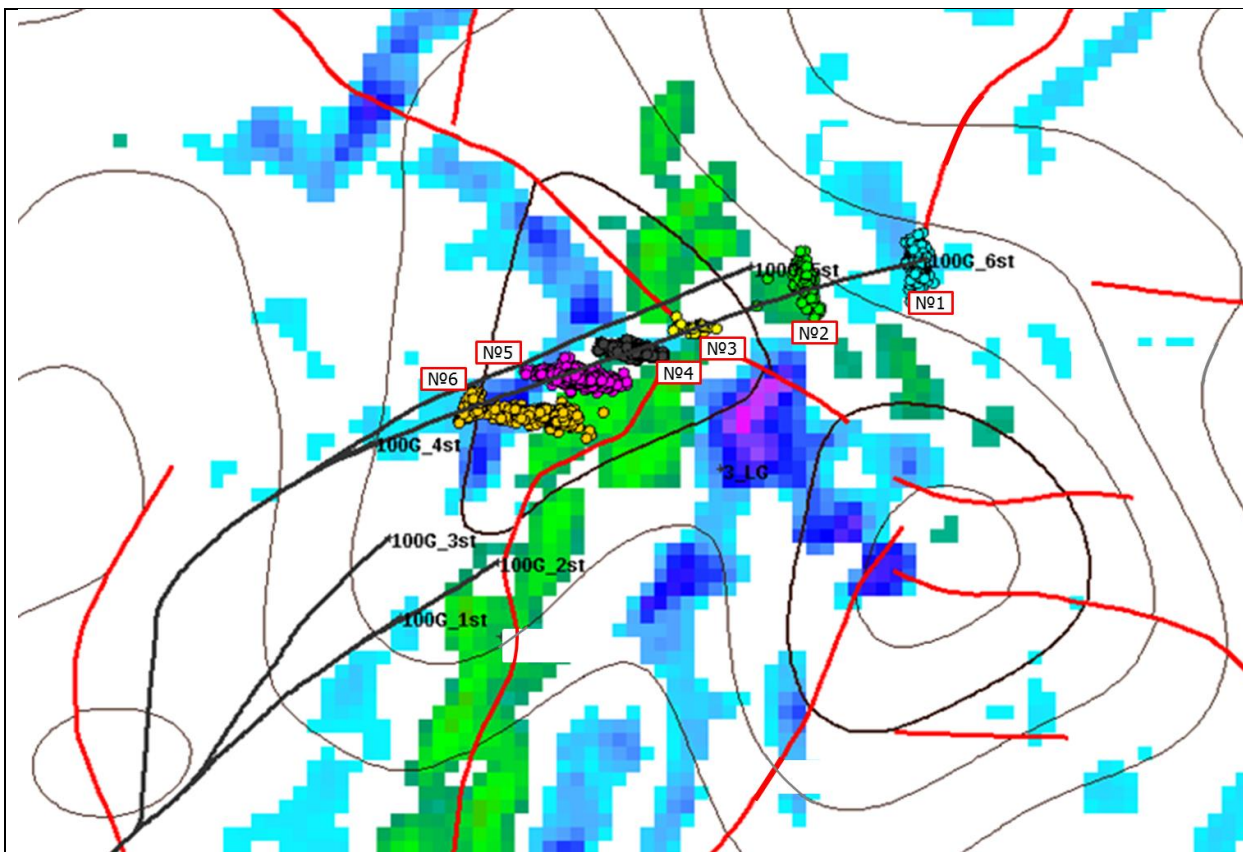


Рисунок 4. Фрагмент карты амплитуд дуплексных волн в районе горизонтального ствола скважины. Вдоль ствола вынесены акустические события, зафиксированные в ходе ГРП пассивным сейсмическим мониторингом.

Проведенный анализ показывает, что основной приток (45%) в скважине связан именно с естественной трещиноватостью. Искусственно созданные в ходе ГРП трещины дают каждая не более 5 м³/сут. Суммарный дебит, зафиксированный в скважине составил 175 м³/сут.

Полученные результаты опровергают формирующееся сейчас в индустрии мнение о повсеместности распространения в бажене пластов-коллекторов, связанных с доломитизированными радиоляритами, которые достаточно осваивать с помощью большеразмерного ГРП, и не заниматься поисками естественной трещиноватости.

В своей работе мы показываем колоссальную роль естественной трещиноватости как в формировании увеличенных толщин коллекторов, так и в их повышенной проницаемости. Более того, мы считаем, что зоны трещиноватых коридоров дренируют гораздо большие объемы пород, чем это можно достигнуть с помощью ГРП.

Литература

1. Отчет «Систематизация, анализ и обобщение всей информации по Баженовской свите, полученной в ходе геолого-геофизического изучения Средне-Назымского месторождения», ООО «Лукойл-Инжиниринг», том 2, 2011 г. (отв. исп. Калмыков Г.А.).
2. Биологический энциклопедический словарь. Гл. ред. М. С. Гиляров; Редкол.: А. А. Бабаев, Г. Г. Винберг, Г. А. Заварзин и др. — 2-е изд., исправл. — М.: Сов. Энциклопедия, 1986.
3. Отчет «О выполнении обработки материалов широкоазимутальных сейсморазведочных работ МОГТ-3D на Средне-Назымском лицензионном участке». Schlumberger Logelco Inc. 2012 г. (отв. исп. Кашеев Д.Е.).

АНАЛОГОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШИРОКИХ ЗОН СДВИГА

Г.А. Чернецкий¹, Н.С. Фролова²

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (¹-g.chernetskiy@gmail.com, ²-
n.s.frolova@mail.ru)

Ключевые слова: широкие зоны сдвига, аналоговое моделирование

Сдвиговые зоны в аналоговых моделях впервые получили Г. Клоос и В. Ридель в 1928 и 1929 годах прошлого века; эксперименты подобного рода в разных вариантах продолжаются до сих пор. Как правило, моделируются зоны с неоднородным по вертикали и латерали напряженным состоянием, которые формируются в чехле над разломом фундамента (так называемые «зоны сдвига Риделя»). Их моделью являются две плиты (доски), имитирующие фундамент и разлом в последнем. На плитах лежит образец – чаще всего из песка или глины – имитирующий чехол. При сдвигании плит друг относительно друга в чехле возникает неоднородное поле напряжений, и последовательно формируются системы трещин разного ранга (то есть, структурный парагенез), которые хорошо изучены целым рядом исследователей (Ж. Чаленко, Р. Вилкоккс, С.С. Стоянов, М. Нейлор, С.А. Борняков и многие другие).

В настоящее время аналоговое моделирование сдвиговых зон усложняется. Например, в образцы вводятся тела с другими деформационными свойствами, делаются предварительные надрезы или «разлом» выполняется криволинейным. Известно, однако, что в природе сдвиговая обстановка может иметь место не только над единичным разломом фундамента, но и в довольно широкой зоне. Экспериментов, воспроизводящих такую обстановку, немного. Первый опыт осуществил в 1955 г. Е. Клоос [1], укладывавший образец из влажной глины на широкую подвижную металлическую сетку, одна сторона которой была закреплена, а вторая смещалась вдоль нее. В этом случае поле напряжений было однородным во всем объеме образца, и формировались две равноправные и равномерно распределенные системы сколов R и R'. Позже к идее моделирования сдвига в широкой зоне обратились и другие исследователи. Так, М. Нейлор с соавторами [3] помещал резиновую пластину или пластину из пористого материала над единичным вертикальным разломом фундамента. Сверху пластина была покрыта слоем сухого песка. В песке формировались сколы R и R' и их геометрия напоминала таковую в сдвиговой зоне Риделя, однако, трещины были распределены по всей ширине деформируемой пластины.

Оригинальный прибор для моделирования предложил Г. Шреурс [2]. Его прибор состоял из двух параллельно лежащих досок, представляющих плиты фундамента, на которых лежали 50 уложенных вплотную плексигласовых реек шириной в 5 мм. При движении одной из пластин конструкция, первоначально прямоугольная, превращалась в параллелограмм. На рейки наносился силикон, а на него – сухой кварцевый песок с прослоем стеклянной пудры. В опытах на этой установке при сдвигании вначале развивались R-сколы, заполняющие всю поверхность модели, и лишь при увеличении амплитуды сдвига между R-сколами постепенно появляются сколы, близкие по ориентировке к R'-сколам. Во всех перечисленных экспериментах воспроизводилась абстрактная механическая обстановка простого однородного сдвига, разрывы возникали во время деформации и равномерно заполняли пространство.

Другой подход к аналоговому моделированию состоит в том, что осуществляются эксперименты с моделями конкретных природных объектов. У нас таким объектом стала Баимская рудоносная сдвиговая зона (Западная Чукотка). Она имеет ширину около 20 км, протягивается на 170 км и представлена несколькими субпараллельными извилистыми пересекающимися разломами. Примеров экспериментального воспроизведения таких зон в литературе нами встречено не было. Воспользовавшись идеей Г. Шреурса, мы создали

специальное приспособление к прибору для тектонофизического моделирования, позволяющее проводить эксперименты в широкой зоне сдвига. Приспособление представляет собой прямоугольную деревянную раму, сконструированную таким образом, что она имеет возможность искажаться до формы параллелограмма, сохраняя исходное расстояние между длинными сторонами. Последнее достигается за счет того, что подвижный брус рамы, образующий одну из длинных сторон исходного прямоугольника, обладает лишь одной степенью свободы, двигаясь в пазах, которые выбраны в основании приспособления. Второй длинный брус неподвижно прикреплен к основанию приспособления. Правый и левый бруски рамы шарнирно прикреплены к неподвижному брусу с одного конца, а с другого сопряжены коромыслом (третий деревянный брусок), которое обеспечивает их параллельность. Рама имеет возможность наклона как в правую, так и в левую сторону, а также обратного движения из крайних положений, и характеризуется амплитудой 16 см в каждую сторону. В раму помещаются плексигласовые рейки (31 штука, каждая шириной 1 см), которые образуют дно приспособления. Рейки свободно скользят друг относительно друга и покрываются слоем силикона. Выше помещается любой, слоистый или нет, эквивалентный материал. Скорость движения может меняться в широких пределах, при этом направление сдвигания могло быть изменено в любой момент, в зависимости от необходимости.

Для моделирования конкретных зон сдвига с заданными разломами можно выбрать один из двух вариантов: 1. отсутствует разделение на чехол и фундамент; 2. в моделируемой зоне можно выделить чехол и фундамент. Так как Баимская зона четко не разделяется на фундамент и чехол, то для ее воспроизведения мы выбрали первый вариант. Образец из влажной глины мощностью 3 см (мощность может варьировать), после укладывания в приспособление, выравнивался и разрезался так, что оказывался разделенным на блоки. Эта операция выполнялась по шаблону, перенесенному в масштабе со схемы строения Баимской зоны, и таким образом достигалось соответствие образца её строению. Аналогичным образом могло быть задано блоковое строение любой другой сдвиговой зоны. Помимо этого, в некоторых опытах в образцы внедрялись тела, имитирующие интрузивы, также выполненные в масштабе по шаблону реальных интрузивов изучаемой зоны и обладающие иными, нежели глина, деформационными характеристиками. Проведенное моделирование Баимской сдвиговой зоны показало, что большую роль в развитии зон повышенной флюидопроницаемости играет двухфазное сдвигание и наличие «интрузивных тел» с большей, чем у глины, вязкостью. Подробнее об этом говорится в тезисах Н.С. Фроловой с соавторами в настоящем сборнике

Во втором варианте на силикон помещается образец из глины с высокой вязкостью («фундамент»), в котором и прорезаются разрывы. Выше располагается однородный слой маловязкой глины («чехол»). В наших экспериментах над участками, где происходили заметные смещения по разломам «фундамента», в чехле формировались зоны сдвигов более высокого порядка. Обычно они состояли из сколов R, реже R'. При изменении знака движения на противоположный, появлялись трещины отрыва.

В результате проведенных исследований нами была предложена методика моделирования широких сдвиговых зон со сложным рисунком разломов. Методика опробована на примере Баимской сдвиговой зоны. Полученные результаты позволяют сделать ряд выводов о размещении рудных полезных ископаемых.

Литература

1. Cloos E. Experimental analysis of fracture patterns // Geological Society of America Bulletin. 1955. V. 66, P. 241–256.
2. Dooley T. P., Schreurs G. Analogue modelling of intraplate strike-slip tectonics: A review and new experimental results // Tectonophysics. 2012. V. 574–575. P. 1–71.
3. Mandl G. Mechanics of Tectonic Faulting. Elsevier. 1988. 287 p.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СКАНДИЯ, ИТТРИЯ И ЛИТИЯ МЕЖДУ АЛЮМОСИЛИКАТНЫМ И АЛЮМОФТОРИДНЫМ РАСПЛАВАМИ И ФЛЮИДОМ ПРИ 700 И 800 °С, 1 И 2 КБАР И РАЗЛИЧНОМ СОДЕРЖАНИИ ВОДЫ ВО ФТОРСОДЕРЖАЮЩЕЙ ГРАНИТНОЙ СИСТЕМЕ

Т.И. Щекина, А.А. Русак, Я.О. Алферьева, Е.Н. Граменицкий, А.Р. Котельников,
Н.Г. Зиновьева, А.Ю. Бычков, Г.М. Ахмеджанова

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

ИЭМ РАН (aleks7975@yandex.ru)

Ключевые слова: *алюмосиликатный и алюмофторидный расплавы, фтор, коэффициенты
разделения, зависимость от давления, гранитная система*

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №16-05-0089). Экспериментально получены данные по распределению редкоземельных элементов (РЗЭ), скандия, иттрия и лития между алюмосиликатным (L) и солевым алюмофторидным (LF) расплавами в системе Si-Al-Na-K-Li-F-H-O при 700 и 800 °С, 1 и 2 кбар и содержании воды от 0 до 50 мас. %. Эксперименты проводились на установке высокого газового давления в институте экспериментальной минералогии РАН в Черноголовке. Продукты экспериментов исследовались на сканирующем электронном микроскопе 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 исследований вещества МГУ. Редкоземельные элементы, скандий, иттрий, фтор, литий исследовались методом ICP MS в лаборатории кафедры геохимии МГУ. Показано, что все редкоземельные элементы, иттрий (Y), скандий (Sc) и литий (Li) распределяются в пользу алюмофторидного солевого расплава с большими коэффициентами разделения независимо от заданных условий эксперимента. Впервые во фторсодержащей гранитной системе показано, что коэффициенты разделения редкоземельных элементов зависят от давления. При увеличении давления от 1 до 2 кбар, как при 700 °С, так и при 800 °С происходит существенное уменьшение коэффициентов разделения между алюмофторидным и алюмосиликатным расплавами. Коэффициенты разделения между расплавами монотонно снижаются от легких к тяжелым редкоземельным элементам, как при 1 кбар, так и при 2 кбар. По данным ICP MS показано, что литий ведет себя подобно редкоземельным элементам и концентрируется в алюмофторидном расплаве. Литий с большими коэффициентами разделения перераспределяется в пользу алюмофторидной фазы. Иттрий ведет себя подобно легким редкоземельным элементам и преимущественно входит в солевой расплав, в то время как у скандия коэффициенты разделения между LF и L значительно ниже, хотя и остаются значительно больше единицы. Это показывает, большее сродство скандия к алюмосиликатному расплаву по сравнению с редкоземельными элементами и иттрием. Показано, что все РЗЭ лучше перераспределяются в пользу алюмофторидного расплава, чем во флюид независимо от условий эксперимента.

Экспериментально показана тенденция к возрастанию коэффициентов разделения между солевым и алюмосиликатным расплавами при увеличении концентрации воды в системе. Причинами зависимости поведения РЗЭ, лития, скандия и иттрия от давления и содержания воды в системе связаны, вероятно, с изменением структуры минеральных фаз и растворимости воды в алюмосиликатном и солевом расплавах при различных условиях эксперимента.

Выражаю благодарность Щекиной Татьяне Игоревне и Алферьевой Яне Олеговне за помощь в работе.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИКИ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕЧЕНИЙ У ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

С.В. Щербаченко¹, В.А. Иванов, А.С. Кузнецов²

¹- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки (vicyla@mail.ru)

²- Филиал МГУ имени М.В.Ломоносова в г. Севастополе (edmhi@ukr.net)

Ключевые слова: течения, мониторинг, динамика вод, волно-вихревые движения, прибрежный экотон

Прибрежные зоны морей и океанов являются ключевыми ландшафтными структурами, где происходит интенсивная диссипация и фазовые переходы энергии, поступившей в гидросферу из атмосферы. Механическая энергия, переносимая глобальными гидродинамическими факторами в морскую береговую зону, затрачивается на внутреннее трение, переходя в тепловую энергию, на генерацию прибрежных течений и локальных волновых, вихревых, вергентных, турбулентных и др. гидродинамических образований. Часть этой энергии в контактной зоне и в придонном пограничном слое непосредственно воздействует на прибрежную зону суши, вызывая их механическое разрушение и перенос обломочных продуктов этого разрушения. Исследование основных факторов, воздействующих на приморские районы, и анализ энергетических потерь различных видов движений вод при решении проблемы динамики наносов в береговой зоне является актуальной задачей. Эта задача напрямую связана с исследованиями структуры, режима и изменчивости прибрежных течений. Геоэкологический мониторинг прибрежной зоны Азово-Черноморского бассейна является базовым звеном при развитии методологии рационального природопользования в системе государственного управления приморскими территориями. Интенсивное освоение биологических, минерально-сырьевых, энергетических и рекреационных морских природных ресурсов при активной эксплуатации транспортного и коммуникационного потенциала прибрежной зоны Черного моря обеспечивает непрерывное возрастание уровня антропогенных нагрузок на прибрежные зоны и экотоны Черноморского побережья Крыма. Процессы экономической, хозяйственной и рекреационной деятельности в регионе сопровождаются обильными и интенсивными сбросами промышленно-сточных вод с суши непосредственно в прибрежные зоны, нанося дополнительный ущерб экосистеме. Актуальной задачей для установления степени ущерба прибрежной экосистеме кроме оценок уровня антропогенных нагрузок необходимы, сведения о региональной динамике водных масс и реальных транспортных путях переноса загрязняющих веществ. При этом актуальной становится задача минимизации наиболее вероятных рисков для акваторий активного освоения морских ресурсов и сброса промышленно-сточных вод с целью предупреждения возможных природных и техногенных катастроф с возникновением зон кризисных экологических ситуаций. В Морском гидрофизическом институте (МГИ) РАН разработана программа комплексных междисциплинарных исследований океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем прибрежных зон Черного и Азовского морей. Целью исследований является получение новых научных знаний о

взаимосвязи динамических процессов в прибрежной зоне, для развития подхода к рациональному использованию ресурсного потенциала морских акваторий у побережья Крыма и Севастополя. Основными задачами исследований являются: развитие наблюдательных систем прибрежной зоны Азово-Черноморского бассейна, разработка и совершенствование подходов, технологий и алгоритмов мониторинга морской среды; комплексные междисциплинарные исследования прибрежной зоны моря и мониторинг состояния береговой зоны для получения морфодинамических прогнозов изменений рельефа дна и положения береговой черты с целью решения проблем сохранения и реабилитации территорий прибрежного экотона суши. По этим направлениям исследований МГИ РАН имеет фундаментальный научный задел и многолетний практический опыт работ. Концепция развития инструментального мониторинга в динамически активных прибрежных зонах реализуется при формировании класса интегрирующих в заданных пределах специализированных измерительных гидрофизических комплексов, позволяющих детализировать характеристики разномасштабных интенсивных природных процессов при высокой степени разрешении и точности измерений. К таким уникальным аппаратным комплексам относятся: кластер векторно-усредняющих эйлеровых измерителей горизонтальных течений, разработанных в МГИ. В рамках отработанной информационной технологии с 2008 по 2018 гг. выполнен мониторинг динамики прибрежных вод у южного побережья Крыма. Региональные особенности геоморфологии прибрежной зоны формируют устойчивую направленность атмосферных континентальных и морских потоков при развитии интенсивных анизотропных колебаний прибрежных течений в широком диапазоне пространственно-временных масштабов изменчивости. При анализе накопленного массива натурных данных выявлен среднемноголетний режим, особенности внутригодовой и сезонной изменчивости прибрежных течений у южного побережья Крыма, выполнены спектральные оценки вклада интенсивных синоптических вихре-волновых движений вод, мезомасштабных колебаний и внутреннего волнения в инерционно-гравитационном диапазоне изменчивости. Предложенная технология мониторинга динамики вод и полученные практические результаты могут быть использованы для развития методологии рационального природопользования в системе государственного управления приморскими территориями.

Работа выполнена в Морском гидрофизическом институте РАН в рамках государственного задания по теме № 0827-2018-0004 «Прибрежные исследования».

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТОМОГРАФИЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ КАРСТООПАСНОГО УЧАСТКА В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ

Т.В. Ялов¹, А.А. Пелевин²

¹ – МГУ имени М.В. Ломоносова (timofey.yalov@gmail.com),

² – ООО "НПЦ Геоскан" (Pelevin.msu@gmail.com)

Ключевые слова: *электротомография, электроразведка, геофизические исследования, карст*

Территория Гераклейского полуострова сложена терригенно-карбонатным комплексом пород миоценового возраста N₁. Значительная часть исследованного разреза представлена карбонатными породами. Это известняки различной степени выветрелости и глинистости, начиная от плотных мраморовидных разностей, кончая мягкими глинистыми известняками, которые разрушаются при незначительном воздействии на них инструментом. Общая мощность этих грунтов составляет около 60 м. Известно, что в определенной степени эти известняки подвержены карсту, а данная территория относится к областям с высокой степенью карстоопасности. При этом довольно часто происходят аварийные ситуации типа вскрытие полостей при бурении, провальные явления на поверхности земли, значительные утечки воды и т.п., которые возникают при сооружении искусственных водоемов, проходке тоннелей, в процессе строительства наземных сооружений [3]. По классификации Б.А. Вахрушева (2009) данная территория относится к карстовой провинции Горного Крыма, Севастопольскому району Предгорно-Крымской карстовой области [4].

В Севастопольском карстовом районе развиты моноклинальные холмогорья, часто в виде денудированно-останцовых форм на известняках и мергелях неоген-палеогенового возраста. Карстовые формы рельефа представлены гrotами, небольшими наклонными и субгоризонтальными пещерами карстового и карстово- гравитационного происхождения. В связи со средней и слабой карстуемостью известняков, наличия большого количества глинистого остатка, заполняющего трещины и других особенностей геолого- геоморфологического строения, современный карст и его проявления на поверхности земли в Севастопольском районе развиты ограниченно [4]. Тем не менее, при возведении сооружений высокой степени ответственности необходимы тщательные исследования на предмет наличия карста.

Методика полевых электротомографических исследований и камеральная обработка данных. На одном из карстоопасных участков на западной окраине Севастополя были выполнены электротомографические исследования на 21 профиле [2]. Общая длина профилей составила 6 км. Шаг по профилю соответствовал 5 м, максимальный разнос АО 187,5м, что обеспечило реальную глубину исследования около 50 м. По результатам полевых наблюдений выполнен расчет значений кажущегося сопротивления и построены разрезы кажущегося сопротивления. Далее была выполнена двумерная инверсия, для которой использовалась программа Res2DInv 3.59 [1] (GeoTomo, Малайзия).

Результаты исследований. В результате последующей обработки выполнен анализ полученных материалов, проведена интерпретация и сопоставление полученных геоэлектрических разрезов с результатами бурения. Диапазон значений удельных

электрических сопротивлений геоэлектрического разреза составляет от 16 до 700 Ом×м. На большинстве разрезов представлены как низкоомные, так и высокоомные отложения. В абсолютном большинстве случаев проводники присутствуют только в верхних частях разреза; основания разрезов более выдержаны по удельным сопротивлениям и представлены высокоомными грунтами. На профилях, расположенных в северо-западной части участка, геоэлектрический разрез спокойный, верхняя часть разреза здесь имеет ярко выраженное горизонтально-слоистое строение типа НК. Здесь не наблюдается проявлений карста, и этот разрез может быть определен как фоновый. Профили, расположенные в центральной и южной частях исследуемой территории, отличаются по своему строению от северных разрезов. Встречаются разрезы типа КНК, НQ, Q. Эти разрезы являются более изменчивыми по горизонтали, а большинство отложений контрастны по удельным сопротивлениям.

На участке исследования выклиниваются несколько верхних (3–4) слоев с юго-запада на северо-восток. В южной части участка фиксируется зона с аномальным строением отложений, занимающая примерно треть площади территории участка. Эта зона соответствует большому карстовому провалу, в результате которого произошел размыв верхней части разреза.

В результате анализа геоэлектрических разрезов нами были сформулированы признаки выделения аномальных карстовых полостей на глубине от 5 до 20 м: 1. отсутствие высокоомного слоя в верхней части разреза, а верхняя часть разреза до глубин порядка 15–20 м представлена относительно проводящими породами – их удельное сопротивление может достигать 100 Ом×м; 2. наличие проводящих отложений, расположенных в среднем (третьем) слое; 3. понижение кровли известняков на 5–10 м и уменьшение их сопротивления на глубинах порядка 30–40 м.

По результатам электротомографии было выполнено заверочное бурение 7 скважин. В трёх скважинах произошел провал инструмента и таким образом были выявлены пустоты. На геофизических разрезах эти места соответствуют зонам, выделенным по геофизическим признакам.

Литература

1. Loke, M.H. and Barker, R.D. Least-squares deconvolution of apparent resistivity pseudosections. *Geophysics*. 1995. V. 60. P. 1682–1690.
2. Бобачев А. А., Горбунов А.А., Модин И.Н., Шевнин В.А. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации. Приборы и системы разведочной геофизики. 2006. № 2. С. 14–17.
3. Вахрушев Б.А., Дублянский В.Н., Горбатюк Н.В., Дублянская Г.Н. Геоэкология карстовых областей Крыма. Культура народов Причерноморья, 2004. № 50. т. 1, с. 11–15.
4. Вахрушев Б.А. Районирование карста Крымского полуострова // Спелеология и карстология, 2009. № 3. С. 39–46.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Агаркова-Лях И.В.	10		Зорина В.В.	52	
Агаян А.С.	12		Иванов В.А.	162	
Алферьева Я.О.	14,105,160		Измайлов К.К.	54	
Ахмеджанова Г.М.	160		Ихсанов Б.И.	89	
Багдасарян Т.Э.	16		Калмыков А.Г.	142	
Багманов И.И.	108		Калмыков Г.А.	142,143	
Балакин И.С.	18		Камалеева Р.И.	56	
Белобородов Д.Е.	20		Кара Т.В.	145	
Борняков С.А.	58		Каримова А.А.	58	
Бородулин А.А.	89,90		Карпов Ю.А.	142,143	
Брюханова Е.В.	23		Кириленко А.В.	60	
Брянцева Г.В.	26,122		Киряннина А.В.	62	
Булгакова Е.А.	90		Коваленко О.Ю.	63	
Бурзунова Ю.П.	29		Ковалив Я.О.	86	
Бычков А.Ю.	32,65,101,120	140,160	Козлова Е.В.	18,65,143	
Василенко А.А.	34		Колюбакин А.А.	90	
Вержбицкий В.Е.	89,90		Комиссаров Д.К.	89	
Вышкваркова Е.В.	36		Корбутяк А.Н.	145	
Галкин В.А.	38		Косевич Н.И.	12,26,62,66	122
Горбачев С.В.	90		Котельников А.Р.	160	
Граменицкий Е.Н.	14,160		Котов А.Н.	68	
Демина Л.И.	122		Крылов О.В.	7,18,32,56	65
Десятов Д.О.	40		Кузнецов Е.В.	148	
Дикарев В.А.	42		Кузнецов А.С.	162	
Ермина О.С.	44		Кузнецова А.М.	70	
Жостков Р.А.	68		Кусов И.С.	7	
Зайцев В.А.	46,49		Лебедев И.Е.	73	
Зайцев Д.Н.	106		Леушина Е.А.	18,65	
Захаров В.С.	75		Лубнина Н.В.	7,16,26,32, 65	73,175, 78, 138
Зиганшин Э.Р.	106		Лысенко В.И.	81,84	

**3-я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ “ИННОВАЦИИ В ГЕОЛОГИИ,
ГЕОФИЗИКЕ И ГЕОГРАФИИ-2018”, Севастополь, 04–07.07. 2018 г.**

Зиновьева Н.Г.	160		Маерле К.В.	18	
Макарова М.А.	86,136		Пронина Н.В.	142,143	
Макеев В.М.	136		Рахматуллина А.С.	130	
Малышев Н.А.	89,90,		Рейдик Ю.В.	89	
Матвеева С.С.	120		Рубцова С.И.	125	
Милосердова Л.В.	130		Русак А.А.	160	
Минихайров Л.И.	108		Сабиров И.А.	127,130	
Миронова Н.В.	113		Сивкова А.В.	133	
Мишакина А.А.	145		Сидоров С.В.	108	
Модин И.Н.	92		Силевич А.С.	84	
Мышенкова М.С.	95,97		Стафеев А.Н.	40	
Начева М.В.	99		Суханова Т.В.	136	
Никишаева Н.Д.	120		Тарасов Н.А.	138	
Николаева И.Ю.	101		Тарнопольская М.Е.	140	
Новиков М.А.	103		Твертинова Т.Ю.	20	
Новикова А.С.	105		Топчий М.С.	142,143	
Новикова М.А.	66		Трибой Т.К.	81	
Новикова С.П.	108		Федореева М.А.	70	
Нугманов И.И.	106,111		Фяйзуллина Р.В.	148	
Нугманова Е.В.	111		Фомина М.М.	142,143	
Нугуманова Н.В.	108		Фролова Н.С.	145,158	
Нумалов А.С.	68		Хамидуллин Р.А.	65	
Обметко В.В.	89,90		Хромова И.Ю.	151,153	
Панина Л.В.	46,49		Хуснутдинов Ф.Ф.	106	
Панкеева Т.В.	113		Чернецкий Г.А.	158	
Парамонов Д.В.	90		Чибисов В.С.	90	
Пархоменко А.В.	113		Читалин А.Ф.	145	
Пашкова Н.Г.	115		Шипилова Е.С.	86	
Пелевин А.А.	164		Шкилев В.М.	70	
Полянский П.О.	118		Щекина Т.И.	14,160	
Попова Ю.А.	120		Щербаченко С.В.	162	
Постников А.В.	130		Ялов Т.В.	174	

Промыслова М.Ю.	122				
-----------------	-----	--	--	--	--

Для заметок