

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта
Российской академии наук

**Научная конференция молодых ученых и аспирантов
ИФЗ РАН, 22-23 апреля 2019 г.**

**Тезисы докладов
и программа Конференции**

Москва – 2019

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта
Российской академии наук

**Научная конференция молодых ученых и аспирантов
ИФЗ РАН, 22-23 апреля 2019 г.**

**Тезисы докладов
и программа Конференции**

Москва – 2019

Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН: Тезисы докладов и программа Конференции. ИФЗ РАН, Москва, 22-23 апреля 2019 г. / М.: ИФЗ РАН, 2019 - 92 с.

В сборнике публикуются тезисы докладов Научной конференции молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН, которая состоялась 22-23 апреля 2019 г. в Институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва. Представлены результаты научных исследований по геофизике и смежным областям наук о Земле (геология, геодезия, геоэкология), полученные при участии молодых ученых, аспирантов и студентов.

Ответственный редактор:
к.ф.-м.н. В.В. Погорелов

Редактор: А.А. Стрельников

Оргкомитет Конференции:

Председатель:

В.В. Погорелов - к.ф.-м.н., ученый секретарь ИФЗ РАН

Заместитель председателя:

А.М. Фетисова - к.г.-м.н., лаб. 105 ИФЗ РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова

Секретарь Оргкомитета:

В.А. Тимофеева – асп. ИФЗ РАН, помощник директора ИФЗ РАН по связям с общественностью, ученый секретарь ИТПЗ РАН

Члены оргкомитета:

Л.В. Афанасьева – с.н.с лаб. 601 ИФЗ РАН

А.А. Стрельников – н.с. лаб. 304 ИФЗ РАН

А.В. Загурный - заведующий аспирантурой ИФЗ РАН

Программный комитет Конференции:

Председатель Программного комитета:

Веселовский Р.В. - д.г.-м.н., профессор РАН, заместитель директора ИФЗ РАН, профессор МГУ имени М.В. Ломоносова

Заместитель председателя Программного комитета:

Филатов Д.М. - к.ф.-м.н., PhD, с.н.с. лаб. 602 ИФЗ РАН

Ученый секретарь Конференции:

Погорелов В.В. - к.ф.-м.н., ученый секретарь ИФЗ РАН

Члены Программного комитета:

Дубиня Н.В. - к.ф.-м.н., н.с. лаб. 202 ИФЗ РАН

Герке К.М. - к.ф.-м.н., PhD, в.н.с. лаб. 202 ИФЗ РАН

Михайлов П.С. - к.т.н., н.с. лаб. 601 ИФЗ РАН

Латышев А.В. - к.г.-м.н., н.с. лаб. 106 ИФЗ РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова

Скоркина А.А. - к.ф.-м.н., с.н.с. ИТПЗ РАН

Конференция организована при поддержке Мегагранта Правительства РФ №14.W03.31.0033 Тематическая секция по направлению «Сейсмология и мониторинг природных опасностей» проведена при активном участии сотрудников лаборатории комплексного изучения и мониторинга геодинамических процессов в Курило-Камчатской зоне субдукции (107) ИФЗ РАН, созданной в рамках реализации данного проекта. На трех секциях молодыми учеными, аспирантами и студентами – участниками исследований по теме «Геофизические исследования, мониторинг и прогноз развития катастрофических геодинамических процессов на Дальнем Востоке РФ» представлены первые полученные результаты.

Программа
Научной конференции молодых учёных и аспирантов ИФЗ РАН - 2019
22-23 апреля 2019 г., ИФЗ РАН, Москва

Место проведения конференции: г. Москва, ул. Большая Грузинская, 10, стр.1
Конференц-зал ИФЗ РАН (3 этаж)

Понедельник, 22 апреля 2019 г. Утренняя секция

Секция 1:		Геомеханика и петрофизика	10:00 - 14:30	
Открытие конференции				9:45
№	ФИО докладчика	Название доклада	Место работы/учебы автора доклада	Время начала доклада
1	Гизатуллин Динар М.	Актуальные проблемы отбора керна и их решения	ЦПГИ ИФЗ РАН	10:00
2	Жигульский Светлана Владимировна	Изучение взаимосвязи между продуктивностью скважин и напряженно-деформированным состоянием на примере трещиноватого коллектора	ИФЗ РАН	10:15
3	Дамянович Джордже Илиевич	Теоретические модели затухания упругих волн в порово-трещиноватых средах	ИФЗ РАН	10:30
4	Березина Ирина Александровна	О некоторых вопросах определения локальных упругих характеристик	ИФЗ РАН	10:45
5	Зыков Андрей Александрович	Анализ частотной дисперсии при осреднении закона Ома	ИФЗ РАН	11:00
6	Казначеев Павел Александрович	О соответствии лабораторных и полевых экспериментов по исследованию сейсмoeлектрических явлений	ИФЗ РАН	11:15
кофе-брейк 15 мин				11:30
7	Лучникова Алена Олеговна	Прочность осадочных горных пород при циклических изгибных нагружениях	НИТУ «МИСиС»	11:45
8	Лосевская Ангелина Шамилевна	Моделирование неопределенностей нефтегазоносных систем	ИФЗ РАН	12:00
9	Бондаренко Никита Борисович	Развитие разрушения в горных породах, вызванного изменением порового давления	МГУ, ИФЗ РАН	12:15

10	Меретин Алексей Сергеевич	Моделирование разрушения в пороупругой среде при термическом воздействии	НИУ МФТИ	12:30
11	Мягков Дмитрий Сергеевич	Изучение затухания компонент тензора напряжений вдали от трещин сдвига в находящейся в закритическом состоянии геосреде методом численного моделирования	ИФЗ РАН	12:45
12	Рязанова Мария Валерьевна	Выбор оптимального места проведения минигидро разрыва пласта для наиболее достоверной реконструкции профилей напряжений	ИФЗ РАН, МГУ	13:00
кофе-брейк 15 мин				13:15
13	Казаков Артём Вячеславович	Математическое моделирование кислотной обработки карбонатного коллектора самоотклоняющимся кислотным составом	НИУ МФТИ	13:30
14	Умаров Кароматулло Исмокович	О необходимости учета различного уровня ответственности конструктивных элементов несущих систем при оценке сейсмостойкости зданий	НИУ МГСУ	13:45
15	Демидкова Анастасия Николаевна	Деформационный мониторинг здания ИФЗ РАН	ИФЗ РАН	14:00
Постерная секция:				14:15
П16	Агибалов Алексей Олегович	Изучение новейшего напряженного состояния северного Приладожья тектонофизическими методами	МГУ	14:15
П17	Волчанский Андрей Петрович	Моделирование диффузии углекислого газа и паров воды через стенки уединённого газового пузырька	ИФЗ РАН	14:15

Понедельник, 22 апреля 2019 г. Вечерняя секция

Секция 2: Сейсмология и мониторинг природных опасностей				14:30 - 20:00
Открытие вечерней секции				14:20-14:30
№	ФИО докладчика	Название доклада	Место работы/учебы автора доклада	Время начала доклада
1	Жуковец Виктор Николаевич	Изучение землетрясения 17.07.2017 MW=7.8, геодинамика региона, введение в тектонику Алеутской дуги	ИФЗ РАН	14:30
2	Галина Наталия Александровна	Изучение длиннопериодных землетрясений Ключевской группы вулканов	ИФЗ РАН, МГУ	14:45
3	Полунина Полина Алексеевна	Детектирование и классификация вулканических землетрясений при помощи методов машинного обучения	ИФЗ РАН	15:00
4	Николова Юлия Игоревна	База данных по результатам оценок сейсмической опасности регионов Кавказ-Крым и Алтай-Саяны-Прибайкалье	ГЦ РАН	15:15
5	Рыбин Алексей Александрович	Обзор имеющихся данных для создания модели региона исследований (Байкальской впадины)	ИФЗ РАН	15:30
6	Юдочкин Никита Анатольевич	Исследование специфики сейсмического и гравиградиентного фона в штольне БНО	ИФЗ РАН	15:45
кофе-брейк 15 мин				16:00
7	Грачева Дарья Алексеевна	Первый этап обработки данных синхронных площадных МТ/МВ зондирований проекта EarthScope в активных СЗ регионах США	ЦГЭМИ ИФЗ РАН	16:15
8	Нумалов Артем Сергеевич	Восстановление скоростных неоднородностей среды с использованием принципа обратимой волны	ИФЗ РАН	16:30
9	Егоров Николай Александрович	Особенности определения различных динамических упругих модулей горных пород в лабораторных условиях, допускающих изменения напряженного состояния	ЦПГИ ИФЗ РАН	16:45

10	Карцева Татьяна Игоревна	Связь параметров самоподобия в афтершоковых последовательностях	ИФЗ РАН, МГУ	17:00
11	Воробьева Марина Александровна	Выявления инженерно-геологических опасностей в центральной части Баренцева моря	ИФЗ РАН	17:15
12	Иноземцев Максим Александрович	Спектры реакции для описания сейсмических воздействий	ИФЗ РАН, МГУ	17:30
кофе-брейк 15 мин				17:45
13	Волчкова Валерия Александровна	Обработка данных микросейсмического шума	ИФЗ РАН	18:00
14	Орлова Ирина Петровна	Возможности мониторинга напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов оснований антропогенных объектов	ИФЗ РАН	18:15
15	Котов Андрей Николаевич	Оценка вибросейсмического загрязнения пос. Мосрентген, г. Москва	ИФЗ РАН	18:30
16	Жостков Руслан Александрович	Дистанционное зондирование дна, покрытого льдом моря	ИФЗ РАН	18:45
17	Маневич Александр Ильич	Анализ скоростей деформаций земной коры с учетом масштабного эффекта	ГЦ РАН, НИТУ «МИСиС»	19:00
18	Тимофеева Вера Анатольевна	Исследование сейсмических и вулканических процессов в районе Курило-Камчатской зоны субдукции на основе спутниковых данных	ИФЗ РАН	19:15
19	Разумный Сергей Дмитриевич	Палеосейсмическая активность южного борта Кандалакшского грабена	ИФЗ РАН, МГУ	19:30
20	Загорский Даниил Львович	Результаты наблюдений низкочастотного микросейсмического волнового поля на участке сейсморазведочного профиля на полигоне Михнево	ИФЗ РАН	19:45
Закрытие первого дня конференции				20:00-20:10

Вторник, 23 апреля 2019 г. Утренняя секция

Секция 3:		Технологии геофизического мониторинга		09:45 - 14:30
Открытие второго дня конференции				09:30 - 09:45
№	ФИО докладчика	Название доклада	Место работы/учебы автора доклада	Время начала доклада
1	Бирючева Екатерина Олеговна	Обзор методов машинного обучения, используемых для анализа сейсмограмм	ИФЗ РАН	9:45
2	Малыгин Иван Вячеславович	Интерпретация результатов радиоволнового просвечивания методами машинного обучения	ИФЗ РАН	10:00
3	Родина Татьяна Андреевна	Первый этап обработки МТ данных геомагнитных обсерваторий на территории Японии в период мощного тихоокеанского землетрясения 2011 года	ЦГЭМИ ИФЗ РАН	10:15
4	Передерин Фёдор Викторович	Модификация системы регистрации геомагнитных данных на примере трехкомпонентного феррозондового магнитометра FGE	ИФЗ РАН	10:30
5	Носикова Наталия Сергеевна	Бестриггерные суббури и геомагнитные пульсации УНЧ диапазона в высоких широтах	ИФЗ РАН	10:45
6	Лавров Иван Павлович	Об автоматизации анализа геофизических полей	ГО «Борок» ИФЗ РАН	11:00
кофе-брейк 15 мин				11:15
7	Прохорчук Александр Андреевич	Моделирование переноса торона в конвективном атмосферном пограничном слое с расширенным спектром значений турбулентных параметров	ГО «Борок» ИФЗ РАН	11:30
8	Фирсов Илья Андреевич	Модифицированный ABS-алгоритм в решении обратной задачи гравиразведки	МГУ	11:45
9	Боев Иван Алексеевич	Основные принципы построения гравитационных градиентометрических систем для измерений на космических аппаратах	ИФЗ РАН	12:00
10	Галаев Владимир Евгеньевич	Автоматическая интерпретация данных МЛЭ и ГЛБО	ИФЗ РАН	12:15
11	Холодков Кирилл Игоревич	Использование пиринговых сетей для оперативной передачи геофизических данных	ИФЗ РАН	12:30

12	Фаттахов Евгений Альбертович	Анализ долговременной стабильности работы параллельных наклономеров, установленных на едином постаменте	ИФЗ РАН	12:45
кофе-брейк 15 мин				13:00
13	Козьмина Алина Сергеевна	Оценка эксхалации торона с земной поверхности по наземным радиометрическим и метеорологическим наблюдениям	ГО «Борок» ИФЗ РАН	13:15
14	Макеев Владислав Андреевич	Использование сейсмических барьеров при вибросейсмическом зондировании	Учащийся ГБОУ "Школа на Юго-Востоке имени Маршала В.И. Чуйкова"	13:30
15	Чинкин Владислав Евгеньевич	Оценка центров и масштабов конвективных вихрей в ионосфере	ГЦ РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана	13:45
16	Афиногенов Константин Викторович	Аппаратная платформа аэростатных аэроэлектрических наблюдений	ГО «Борок» ИФЗ РАН	14:00
Постерная секция:				14:15
П17	Климанова Екатерина Вадимовна	Распределение радона в приземной атмосфере и его влияние на электропроводность	ГО «Борок» ИФЗ РАН	14:15

Вторник, 23 апреля 2019 г. Вечерняя секция

Секция 4:		Геотектоника и геодинамика	14:30 - 18:10	
		Открытие вечерней секции	14:20-14:30	
№	ФИО докладчика	Название доклада	Место работы/учебы автора доклада	Время начала доклада
1	Белобородов Денис Евгеньевич	Особенности тектонического положения грязевулканических очагов Приазовской зоны Керченского полуострова	ИФЗ РАН	14:30
2	Лермонтова Анастасия Сергеевна	Определение пространственного расположения плоскостей разломов по данным о механизмах сейсмических событий	ИФЗ РАН	14:40

3	Лозовский Илья Николаевич	Опыт синхронной обработки магнитотеллурических данных разведочного диапазона в нефтегазоперспективном регионе Китая	ЦГЭМИ ИФЗ РАН	14:50
4	Кулакова Екатерина Петровна	Данные о строении кристаллического фундамента и возрасте геологических событий в районе Передового хребта Большого Кавказа	ИФЗ РАН	15:00
5	Бондарь Иван Владимирович	Напряженное состояние земной коры Хибинского массива и его обрамления	ИФЗ РАН	15:10
6	Гордеев Никита Александрович	Новые данные о напряженном состоянии северо-восточной окраины Сибирской платформы	ИФЗ РАН	15:20
кофе-брейк 10 мин				15:30
7	Иванов Павел Владимирович	Глубинная аномалия электропроводности в зоне тройного сочленения сегментов Восточно-Европейской платформы	ЦГЭМИ ИФЗ РАН	15:40
8	Алексеев Роман Сергеевич	Анализ генезиса и современного напряженно-деформированного состояния плато Альтиплано-Пуна и Тибета	ИФЗ РАН	15:50
9	Кузьмин Дмитрий Кузьмич	Сопоставление моделей деформационной активности раздвиговых разломов с результатами геодинамического мониторинга объектов нефтегазового комплекса	ИФЗ РАН	16:00
10	Матвеев Максим Алексеевич	Зависимость термодинамических параметров метаморфизма от тектонического стресса	ИФЗ РАН	16:10
11	Чистякова Альвина Владимировна	Результаты U-Pb датирования детритных цирконов из пограничных пермо-триасовых отложений разреза Жуков овраг	МГУ	16:20
12	Иванов Станислав Дмитриевич	Математическое моделирование остывания силлов сибирской трапповой провинции	ИФЗ РАН	16:30
кофе-брейк 10 мин				16:40
13	Кронрод Екатерина Викторовна	Термохимические ограничения на модели внутреннего строения Луны	ГЕОХИ РАН	16:50
14	Пасенко Александр Михайлович	Существовал ли трансдокембрийский мегаконтинент? Тестирование гипотезы на основании палеомагнитных данных	ИФЗ РАН	17:00

15	Стрельников Андрей Андреевич	Разрушение исторических поселений сильными землетрясениями в Ала-Баш – Конуроленской впадине, Тянь – Шань	ИФЗ РАН	17:10
16	Саввичев Павел Александрович	Оценка активности разломов коры Италии и реконструкция поля напряжений земной коры	ИФЗ РАН	17:20
17	Сысолин Александр Иванович	Потенциальные опасности грязевого вулканизма, на примере вулкана Миска (г.Темрюк, Таманский п-ов)	ИФЗ РАН	17:30
18	Аносова Майя Борисовна	Палеомагнетизм и петромагнетизм интрузивных тел среднерифейского возраста северной части Башкирского мегаантиклинория (Южный Урал)	МГУ	17:40
19	Рудько Дмитрий Владимирович	Природа естественной остаточной намагниченности в красноцветных лопатинской свиты (Енисейский Кряж)	ИФЗ РАН	17:50
Постерная секция:				18:00
П20	Сенцов Алексей Андреевич	Новейшая геодинамика Фенноскандинавского щита и её влияние на сейсмичность Калининградской области	ИФЗ РАН	18:00
Закрытие конференции				18:10-18:20

Тезисы докладов
Научной конференции молодых учёных и аспирантов ИФЗ РАН
22-23 апреля 2019 г., ИФЗ РАН, Москва

АППАРАТНАЯ ПЛАТФОРМА
АЭРОСТАТНЫХ АЭРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Афиногенов Константин Викторович (н.с.), Анисимов С.В., Гурьев А.В., Рыжов Г.А.
Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН
aphin@borok.yar.ru
(устный доклад)

Формирование атмосферного электрического поля и глобальной электрической цепи остаётся одной из нерешенных проблем современной геофизики. Для исследования электричества атмосферного пограничного слоя (АПС) на полигоне Геофизической обсерватории «Борок» [58°04' N; 38°14' E] в условиях отсутствия промышленных помех и атмосферных загрязнений регулярно проводятся полевые аэроэлектрические наблюдения, результаты которых служат входными параметрами численного моделирования электродинамического состояния АПС [1]. Цель данной работы заключается в осуществлении длительных аэростатных наблюдений электричества АПС в совокупности с синхронным наблюдением электрических характеристик приземной атмосферы.

С целью осуществления натуральных наблюдений электричества АПС на различных высотах над поверхностью земли разработана, изготовлена и испытана в полевых условиях аэростатная платформа, снаряженная автономной геофизической измерительной аппаратурой [2]. В качестве движущего подъемного элемента используется газовый аэродинамический привязной аэростат с рабочим объемом 75 м³ и грузоподъемностью 25 кг. На аэростатной платформе размещены: дифференциальная пара электростатических флюксометров для измерения вертикальной компоненты напряженности атмосферного электрического поля; датчик полярных удельных электрических проводимостей воздуха, предназначенный для синхронного измерения электрической проводимости воздуха, образованной как отрицательными, так и положительными легкими аэроионами; датчик объемной активности радона, построенный на базе ячейки Лукаса с фотометрическим сенсором; датчик концентрации аэрозольных частиц, позволяющий регистрировать концентрацию аэрозоля в диапазоне диаметров от 0.3 мкм до 25 мкм, разделяя весь диапазон на 6 поддиапазонов; датчики температуры и относительной влажности воздуха, акселерометр-гироскоп, магнетометр и барометрический альтиметр; автономная система сбора информации с возможностью удаленного контроля оператором по беспроводному каналу передачи данных; GPS приемник для синхронизации работы системы сбора по времени; система автономного электрического питания.

Для предварительной обработки данных натуральных наблюдений разработана и введена в эксплуатацию интерактивная база данных, позволяющая любому сотруднику лаборатории получить доступ к структурированному дереву экспериментальной информации, получаемой синхронно в реальном времени со всего измерительного комплекса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-17-10209)

Список литературы:

1. Anisimov S.V., Galichenko S.V., Aphinogenov K.V., Prokhorchuk A. A. Evaluation of the Atmospheric Boundary-Layer Electrical Variability // *Boundary-Layer Meteorology*, 2018. V. 167. № 2. pp. 327–348. DOI: 10.1007/s10546-017-0328-0.
2. Анисимов С.В., Афиногенов К.В., Гурьев А.В. Аппаратная платформа аэростатных аэроэлектрических наблюдений // *Научное приборостроение*, 2017. Т. 27. № 1 С. 21-24.

ИЗУЧЕНИЕ НОВЕЙШЕГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

*Агибалов Алексей Олегович (асп.)¹, Бондарь И.В. (асп, м.н.с.)²,
Сенцов А.А. (асп.¹, н.с.²), Зайцев В.А.¹*

¹ Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

² ИФЗ РАН

agibalo@yandex.ru

(стендовый доклад)

Данная работа посвящена проблеме определения ориентировок главных нормальных осей напряжений на территории Северного Приладожья в новейшее время. Для решения поставленной задачи использовался комплекс тектонофизических методов, включающих обработку массовых замеров зеркал скольжения и элементов залегания разрывных нарушений, проявленных в четвертичных отложениях, компьютерное и физическое моделирование на эквивалентных материалах.

Выполненный с помощью программы STRESSgeol (Ю.Л. Ребецкий, ИФЗ РАН [1]), анализ массовых замеров зеркал тектонического скольжения позволил выделить 2 кинематические группы. Интерпретация полученных результатов предполагает, что относящиеся к первой группе зеркала скольжения сформировались на ранних стадиях карельского тектогенеза, когда территория Приладожья испытывала северо-восточное сжатие [2], а динамические подвижки по поверхностям зеркал второй группы происходили в новейшее время в обстановке северо-западного сжатия. На основании данных компьютерного моделирования, методика которого описана в работе [3], сделан вывод о преобладании этого типа напряженного состояния на большей части Приладожья в новейшее время, включая современный этап. Однако результаты физического моделирования свидетельствуют о неотектонической активизации докембрийских дизъюнктивных структур котловины Ладожского озера в условиях северо-восточного растяжения. Обработка замеров элементов залегания разрывных нарушений, интерпретируемых как новейшие палеосейсмодислокации, выполненная в программе STRESSgeol, показала, что они относятся к одной однородной выборке и возникли при юго-восточном растяжении. По-видимому, данный тип напряженного состояния проявлен в локальном масштабе и связан с геодинамической активностью крупных докембрийских разрывных нарушений северо-восточного простирания [4], к которым приурочены изученные дислокации.

Таким образом, проведенные исследования позволяют предположить, что в новейшее время на большей части Северного Приладожья преобладает северо-западное сжатие, а акватория Ладожского озера находится в обстановке северо-восточного растяжения, которое может быть связано с активизацией Ладожского мантийного свода, выделенного по геофизическим данным [4].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-35-00359 мол_a)

Список литературы:

1. Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В. От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методики и алгоритмы / М.: ГЕОС, 2017. - 234 с.
2. Геология Карелии / Л.: Наука, 1987. - 231 с.
3. Агибалов А.О., Зайцев В.А., Полетаев А.И., Сенцов А.А. Изучение новейших движений земной коры Северного Приладожья с помощью морфометрических методов и компьютерного моделирования // Бюллетень МОИП. Отдел геологический, 2018. Т. 91. Вып. 1. С. 3-9.
4. Хазов Р.А., Шаров Н.В., Исанина Э.В. Глубинное строение и металлогения Приладожья // Геология и полезные ископаемые Карелии, 2004. Вып. 7. С. 55 – 74.

АНАЛИЗ ГЕНЕЗИСА И СОВРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАТО АЛЬТИПЛАНО-ПУНА И ТИБЕТА

Алексеев Роман Сергеевич

н.с., Лаборатория фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики (204)

ИФЗ РАН

rs.alekseev@physics.msu.ru

(устный доклад)

В работе [1] выделены основные геолого – геофизические параметры, которые характеризуют ороген Центральных Анд. Рассмотрим некоторые из них и сравним с аналогичными параметрами Гималайско – Тибетского орогена. Для двух орогенов характерно наличие складчато – надвиговых комплексов, обрамляющих их границы со сторон, перпендикулярных направлению движения индентора. Оба орогена делятся на несколько вытянутых вдоль коллизиионной зоны провинций. В Центральных Андах вдоль западной границы плато Альтиплано и Пуна находится андезитовый вулканический пояс, на восточной границе – складчато-надвиговой комплекс, еще восточнее находятся Субанды. В то же время южная граница отделяет плато Тибет от последней зоны в Гималаях, которая имеет вулканическое происхождение. В центральных областях орогенов находятся высокогорные плато, средняя высота которых составляет ~3,7 км для Альтиплано-Пуна и ~4,5 км для Тибета. Мощность коры Центральных Анд достигает значений 70-75км. Для коры Тибета эти значения еще больше (среднее значение около 75-80 км). Также отметим сходство в этапах тектонической эволюции этих структур, как по времени, так и по характеру процессов, происходивших на каждом этапе.

Реконструкции поля современных напряжений, выполненные в работах [2,3] показали наличие в областях плато геодинамического режима горизонтального растяжения, который ближе к окраине областей переходит в режим горизонтального сжатия. Также отметим наличие обширных областей повышенного эффективного давления.

Список литературы:

1. Романюк Т.В., Ткачев А.В. Геодинамический сценарий формирования крупнейших мировых неоген-четвертичных бор-литиеносных провинций / М.: Светоч Плюс, 2010. – 304 с.
2. Романюк Т.В., Ребецкий Ю.Л. Плотностные неоднородности, тектоника и напряжения Андийской субдукционной зоны на 21 ю.ш. // Физика Земли, 2001. №2. С. 36 - 57.
3. Ребецкий Ю.Л., Алексеев Р.С. Поле современных напряжений Средней и Юго-Восточной Азии // Геодинамика и Тектонофизика, 2014. Т. 5 (1). С. 257–290. DOI:10.5800/GT2014-5-1-0127

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И ПЕТРОМАГНЕТИЗМ ИНТРУЗИВНЫХ ТЕЛ
СРЕДНЕРИФЕЙСКОГО ВОЗРАСТА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАШКИРСКОГО
МЕГАНТИКЛИНОРИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Аносова Майя Борисовна (студ.)¹, Латышев А.В.^{1,2}, Хотылев А.О.¹

¹ *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*

² *Лаборатория археомагнетизма и эволюции главного магнитного поля (106) ИФЗ РАН*

Mai.anosova@yandex.ru

(устный доклад)

Изучаемыми объектами данного исследования являлись это дайки и силлы основного и ультраосновного состава, прорывающие раннерифейские осадочные толщи и Бердяшский массив гранитов рапакиви. Для сравнения также был опробован Копанский массив габброидов. Исследуемые тела находятся в районе гг. Куса, Бакал и Сатка и рядом с пос. Бедяш. Их образование связывают с рифейским этапом рифтового магматизма на Восточно-Европейской платформе (ВЕП) [2].

По результатам измерения анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ) в 40% всех изученных интрузий наблюдается нормальный тип магнитной текстуры (N-тип), при котором максимальная ось (K1) АМВ лежит в плоскости интрузивного тела, а минимальная ось (K3) ей перпендикулярна. В этом случае мы интерпретировали ориентацию максимальной оси K1 как направление течения магмы. В районе г. Куса ось K1 в исследуемых телах пологая, простирается на СВ, параллельно Бакало-Саткинскому разлому и преимущественному простиранию даек в этом районе. Следовательно, в районе Кусы внедрение магматических тел контролировалось региональной зоной растяжения, параллельной Бакало-Саткинскому разлому. Поскольку центральная часть Машакского рифта, активного в начале среднего рифея, находилась южнее, мы предполагаем, что распространение магматического расплава происходило в северо-восточном направлении.

В Бердяшском районе внедрение магмы происходило в юго-восточном направлении (в большинстве объектов ось K1 полого погружается на СЗ). Мы предлагаем модель, согласно которой Бердяшский массив образовался в присдвиговой зоне локального растяжения при Бакало-Саткинском разломе, и магма внедрялась по трещинам отрыва. Таким образом, в рифейское время Бакало-Саткинский разлом действовал как региональная магмоподводящая зона, контролировавшая формирование Бердяшского плутона и приуроченных к нему даек.

В ходе палеомагнитных исследований по высокотемпературной компоненте естественной остаточной намагниченности по 8 дайкам, прорывающим восточный экзоконтакт Бердяшского массива, был рассчитан полюс для Восточно-Европейской платформы (N=8, Plong=162.4, Plat=8.4, A95=4.1). С учетом датировки в 1349±11 млн лет, полученной по цирконам для одного из тел U-Pb методом (SHRIMP), полюс хорошо согласуется с опубликованными ранее полюсами для ВЕП в рифее с близкими возрастами [1,3]. Так как согласно предложенной модели, внедрение рассматриваемых даек происходило по вертикальным трещинам отрыва, а дайки вертикальны до сих пор, то значимого наклона блока не происходило.

В Кусинских и Бакальских объектах выделена высокотемпературная компонента с направлениями, близкими к позднепалеозойским, часто встречающаяся в породах изучаемого района. Авторы считают образование этой компоненты результатом позднепалеозойского синколизонного перемагничивания. Схожесть полученных направлений перемагничивания в удаленных районах гг. Куса и Бакал свидетельствует об отсутствии относительных движений блоков Башкирского антиклинория после позднего палеозоя.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 17-05-01121)

Список литературы:

1. *Buchan K.L., Mertanen S., Park R.G., Pesonen L.J., Elming S.-A., Abrahamsen N., Bylund G.* Comparising the drift of Laurentia and Baltica in the Proterozoic: the importance of key palaeomagnetic poles // *Tectonophysics*, 2000. V.319 (3). pp. 167–198.
2. *Ernst R.E., Pease V., Puchkov V.N., Kozlov V.I., Sergeeva N.D., Hamilton M.* Geochemical characterization of Precambrian magmatic suites of the Southeastern margin of the East European Craton, Southern Urals, Russia // *Геологический сб. № 5.* / под ред. В.Н. Пучкова, Р.Ф. Абдрахманова, И.Б. Серавкина / Уфа: ИГ УрО РАН, 2006. С. 1–45.
3. *Salminen J., Pesonen L.J.* Palaeomagnetic and rock magnetic study of the Mesoproterozoic sill, Valaam island, Russian Karelia // *Precambrian Research*, 2007. V. 159. pp. 212–230.

ОСОБЕННОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКИХ ОЧАГОВ ПРИАЗОВСКОЙ ЗОНЫ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Белобородов Денис Евгеньевич (асп., н.с.)¹, Тверитинова Т.Ю.²

¹ *Лаборатория физики землетрясений и неустойчивости горных пород (301) ИФЗ РАН*

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

beloborodov@ifz.com, tvertat@yandex.ru

(устный доклад)

В северной части Керченского полуострова вдоль побережья Азовского моря расположена Приазовская грязевулканическая зона общего широтного простирания. К зоне относятся Караларская, Булганакская, Бурашская, Бабчикская, Глазовско-Маякская, Борзовская и другие линейные и брахиморфные диапировые антиклинали, осложненные структурами вдавленных синклиналей и грязевыми вулканами. Антиклинали ориентированы преимущественно в запад-северо-западном направлении и часто кулисно подстраивают друг друга, отражая наличие сдвиговых смещений.

Центральное место в системе структур Приазовской зоны занимает Гарханско-Булганакская сложная антиклиналь с широким проявлением сопочных полей и вдавленных синклиналей. Наиболее крупным является Булганакский грязевулканический очаг. Участки проявления грязевулканических процессов тяготеют к узлам пересечения собственно антиклинали и разрывно-флексурных зон, выраженных линеаментными зонами вдоль долин, пересекающих крылья антикалинали.

В восточной части зоны расположена сложная зона Глазовской антиклинали, к которой приурочен Еникальский грязевулканический очаг. Очаг объединяет Баксинское сопочное поле, Баксинскую вдавленную синклиналь, Еникальское сопочное поле. Баксинский вулкан в настоящее время не функционирует, однако подсчитанные объемы сопочной брекчии составляют 195-200 млн. м³ [1]. Максимальной активностью Еникальское сопочное поле с группой малых действующих форм грязевулканической активности.

В западной части зоны к сложной антиклинальной зоне из Караларской и Чумной балки антиклиналей, приурочен Сююрташский грязевулканический очаг, включающий структуры вдавленных синклиналей (Чокракская и Чумной балки) и расположенный на западной переклинали Караларской антиклинали Сююрташский грязевой вулкан, на склонах которого выражены небольшие (до 3 м в диаметре) грифоны и лужицы.

Помимо отмеченных структур зона включает и другие антиклинали Мало-Бабчикская и Варзовская с признаками угасшей грязевулканической деятельности. Общая организация антиклинальных структур дает основание предполагать наличие структур центрального типа, представляющих следы крупных грязевулканических очагов. Современная активность сосредоточена в основном в одном крыле подобных структур или между ними, что указывает на миграцию грязевулканической активности как вдоль зоны в целом, так и со смещением от центров крупных кольцевых структур к их периферии. Такое расположение грязевулканических центров и их активность отвечают единой грязевулканической зоне с глубоким положением грязевулканических очагов, соединяющихся с поверхностью системой разветвляющихся каналов [2].

Список литературы:

1. Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона / Краснодар: Главмедиа, 2006. – 176 с.
2. Белобородов Д.Е., Тверитинова Т.Ю. Складчатые и разрывные структуры Керченско-Таманской межпериклиналильной зоны, контролирующей грязевой вулканизм / Материалы I Тектонического совещания «Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии». Т. 2. М.: ГЕОС, 2018. С. 237–241.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Березина Ирина Александровна

инж., Лаборатория фундаментальных проблем нефтегазовой геофизики

и геофизического мониторинга (202) ИФЗ РАН

irene.berezina@gmail.com

(устный доклад)

Теоретическое моделирование локальных характеристик неоднородной среды, связывающих внешнее физико-механическое воздействие с откликом внутри каждого компонента неоднородности, является актуальной частью анализа состояния неоднородной среды. В случае упругих свойств основными характеристиками для анализа локального напряженно-деформированного состояния материала служат безразмерные операторы концентрации напряжений и деформаций. Операторы концентраций связывают локальные значения тензора напряжений или деформаций с внешними (средними по материалу) напряжениями или деформациями.

Горную породу можно рассматривать в качестве неоднородной среды, представив ее как матрицу (твердая часть горной породы) и включения (поры и трещины). Если концентрация включений мала ($\ll 1$), то взаимодействием включений пренебрегается, решается задача для одного включения, помещенного в матрицу, и определяется так называемый локальный тензор концентраций напряжений или деформаций [1]. Если концентрация включений не мала, то необходимо учесть их взаимодействие и определить общий тензор концентрации напряжений или деформации [1]. Использование методов эффективной среды при расчете операторов концентрации напряжений или деформаций позволяет учесть состав, концентрации и пространственное расположение включений [2,3,4]. В работе использован метод обобщенного сингулярного приближения [5,6] для расчёта тензора концентрации напряжений и деформаций для кальцитовой матрицы и разных видов включений с различными насыщениями.

Список литературы:

1. Willis J.R. Mechanics of Composites / University of Cambridge, 2002. - 58 p.
2. Laws N. The determination of stress and strain concentrations at an ellipsoidal inclusion in an anisotropic materials // J. Elasticity, 1977. V.7. pp.91–97.
3. Победря Б.Е., Горбачев В.И. Концентрация напряжений и деформаций в композитах // Механика композитных материалов, 1984. № 2. С. 207–214.
4. Бардушкин В.В. Напряженно-деформированное состояние и разрушение текстурированных поликристаллов и композитов / Дисс. докт. физ.-мат. наук. М.: Моск. гос. ин-т электронной техники, 2007. - 292 с.
5. Баяк И.О. Междисциплинарный подход к прогнозированию макроскопических и фильтрационно-емкостных свойств коллекторов углеводородов / Дисс. докт. физ.-мат. наук. М.: ИФЗ РАН, 2013. - 188 с.
6. Шермергор Т.Д. Теория упругости микронеоднородных сред / М.: Наука, 1977. – 399 с.

ОБЗОР МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА СЕЙСМОГРАММ

Бирючева Екатерина Олеговна (асп)

*Лаборатория комплексного изучения и мониторинга геодинамических процессов
в Курило-Камчатской зоне субдукции (107) ИФЗ РАН
biryucheva.katerina@gmail.com*

(устный доклад)

Сейсмограмма — это временной ряд, а значит, анализировать ее можно как обычный временной ряд. В докладе рассмотрены основные методы машинного обучения, которые когда-либо применялись для анализа сейсмограмм: метод ближайших k-соседей; метод логистической регрессии; метод опорных векторов; наивный байесовский метод; дерево решений; случайный лес.

Будут даны краткие алгоритмы работы этих методов и оценена их эффективность по отношению к сейсмограммам.

Работа выполнена при финансовой поддержке Мегагранта Минобрнауки России № 14.W03.31.0033.

Список литературы:

1. Wenrui Li, Fnu Nakshatra, Nitisha Narvekar, Nitisha Raut. Seismic Data Classification Using Machine Learning // IEEE BigDataService 2018, At Bamberg, Germany
2. Hakso A., Rassouli F. Event Identification in Continues Seismic Data // CS229: Machine Learning

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ ГРАДИЕНТО- МЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ НА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

Боев Иван Алексеевич (вед. инж.)

*Лаборатория спутниковых методов изучения геофизических процессов (203) ИФЗ РАН
bdfy9@yandex.ru*

(устный доклад)

Измерение градиента силы тяжести позволяет решать спектр как фундаментальных (уточнение модели гравитационного поля Земли), так и прикладных (навигация) задач. В связи с характером поставленных задач появляется потребность в более точном определении значения градиента.

Основу устройства гравитационного градиентометра составляют измерения вращения подвижной массы [1]. Осуществляется это с помощью пары акселерометров. Прецизионные измерения возможно проводить только в условиях гравитации, близкой к нулевой. Поэтому такие системы приборов устанавливаются на космических аппаратах. Существуют космические миссии (CHAMP, GRACE, GRACE-FO, MICROSCOPE и GOCE), прошедшие все этапы изучения градиента силы тяжести, вплоть до обработки полученных данных [2].

В работе рассматриваются все вышеперечисленные миссии, как с точки зрения теоретического построения измерительной системы, так и с инструментальной. Также изучены более современные разработки гравитационных градиентометров [3] и возможность их совершенствования.

Список литературы:

1. Джилавдари И.З., Ризноокая Н.Н. Этапы развития и состояние разработок гравитационных градиентометров для подвижных объектов (Обзор) // Приборы и методы измерений, 2016. Т. 7. № 3 С. 235–246.
2. Touboul P., Métris G., Sélég H. Gravitation and Geodesy with Inertial Sensors, from Ground to Space // Journal «AerospaceLab», 2016. Iss. 12. AL12-11
3. Yanzheng Bai, Zhuxi Li, Ming Hu, Li Liu, et al. Research and Development of Electrostatic Accelerometers for Space Science Missions at HUST // Sensors, 2017. V. 17(9).

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ ХИБИНСКОГО МАССИВА И ЕГО ОБРАМЛЕНИЯ

Бондарь Иван Владимирович (асп., м.н.с.), **Маринин А.В.**
Лаборатория фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики (204)
ИФЗ РАН
bond@ifz.ru
(устный доклад)

Район исследований расположен в Мурманской области, в центральной части Кольского полуострова. В ходе полевых работ с 2009 по 2018 год сотрудниками лаборатории тектонофизики ИФЗ РАН был собран материал по полевым замерам геологических стресс-индикаторов, в частности зеркалам скольжения. Зеркала скольжения были обработаны методом катакластического анализа [1], который позволяет определить количественные характеристики реконструируемых локальных стресс-состояний.

В целом по выбранному району преобладает запад – северо-западное направление оси максимального сжатия [2]. Оси максимального растяжения ориентированы в север – северо-западном направлении или субвертикально. Стоит отметить, что в пределах Хибинского массива фиксируется северо-восточное направление оси максимального сжатия, тогда как вне массива на исследуемой территории такое направление оси максимального сжатия практически не встречается [3].

По сравнению с меняющимися по азимуту погружению ориентировками осей главных напряжений более устойчив и информативен тип напряженного состояния, определяемый по положению осей на зенит. По результатам реконструкции установлено, что для исследуемой территории преобладают обстановки горизонтального сдвига и горизонтального сжатия, реже встречаются обстановки горизонтального растяжения в сочетании со сдвигом. Однако стоит отметить, что если в целом по центральной части Кольского полуострова мы видим существенное преобладание обстановки горизонтального сдвига над другими обстановками, то в пределах Хибинского массива преобладают обстановки горизонтального сдвига, горизонтального сжатия и горизонтального растяжения [4]. При этом в Хибинском массиве обстановки горизонтального сдвига и растяжения расположены в южной части, а обстановки горизонтального сжатия отмечаются в западной и восточной частях массива [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (грант № 17-05-01193а)

Список литературы:

1. *Ребецкий Ю.Л.* Тектонические напряжения и прочность горных массивов / М.: Изд-во Наука, 2007. - 406 с.
2. *Бондарь И. В., Маринин А. В.* Напряженное состояние южной части Хибинского массива по данным геологических индикаторов деформаций / Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН. Тезисы докладов и программа Конференции. ИФЗ РАН, Москва, 23-24 апреля 2018 г. М.: ИФЗ РАН, 2018. С.27.
3. *Бондарь И. В., Маринин А. В., Гордеев Н. А., Каменев П. А.* Сравнительная характеристика напряженно-деформированного состояния Хибинского массива и его обрамления // Проблемы тектоники континентов и океанов. Материалы LI Тектонического совещания. Т. 1. М.: ГЕОС, 2019. С. 74–78.
4. *Маринин А. В., Сим Л.А., Жиров Д.В., Бондарь И.В.* Структурные парагенезы и тектонические напряжения южной части Хибинского массива // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН, 2018. Т. 15. С. 239–241.
5. *Бондарь И.В., Маринин А.В.* Напряженно-деформированное состояние Хибинского массива по данным полевых тектонофизических исследований / Сергеевские чтения. Эколого-экономический баланс природопользования в горнопромышленных регионах. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Вып. 21. Пермь: Перм.гос.нац.исслед.ун-т, 2019. С. 388-393

РАЗВИТИЕ РАЗРУШЕНИЯ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ, ВЫЗВАННОГО ИЗМЕНЕНИЕМ ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ

Бондаренко Никита Борисович

Магистрант 2 г.о., Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
инж., Лаборатория физики землетрясений и неустойчивости горных пород (301) ИФЗ РАН
nb.bondarenko@physics.msu.ru

(устный доклад)

Жидкости играют ключевую роль во многих процессах, протекающих в геологических средах. Например, фильтрация флюида и связанные с ней разрушения являются определяющими явлениями в таких сферах деятельности как геотермальная энергетика, гидроразрывы пластов для повышения отдачи углеводородов, захоронение жидких отходов и др. С другой, стороны влияние флюида на геологическую среду – одна из причин наведенной сейсмичности.

Классическим примером наведенной сейсмичности, вызванной заполнением водохранилища, является район водохранилищ Койна и Варна в западной Индии. Д.Симпсоном [1] выделены два типа отклика наведенной сейсмичности на заполнение водохранилищ:

- 1) мгновенный пик сейсмической активности совпадает с максимальным уровнем воды в водохранилище и интерпретируется как немедленная реакция флюидонасыщенной среды на дополнительную нагрузки, обусловленные весом воды в водохранилище.
- 2) задержанный отклик, связанный с изменением свойств среды в результате диффузии воды и порового давления, который приходится на фазу уменьшения уровня воды.

Однако вопрос о природе задержанного отклика остается дискуссионным, и некоторые авторы связывают задержанный отклик с разгрузкой среды в области водохранилищ [2, 3].

В данной работе будет показано, что в лабораторном эксперименте наблюдается как задержка отклика акустической эмиссии на изменение порового давления, так и отклик акустической эмиссии на уменьшение напряжения. Что говорит о комплексной природе задержанного отклика сейсмичности и невозможности выделить только один механизм формирования задержанного отклика. Также в работе показано различие в величине отклика акустической эмиссии в зависимости от обводненности образца. Так, при инъекции воды в сухой образец активность акустической эмиссии значительно (в несколько раз) превышает активность акустической эмиссии при изменении порового давления в образце, насыщенном водой. Это говорит о том, что нельзя рассматривать процесс только с механической точки зрения, то есть только изменение порового давления; необходимо также учитывать химические процессы, происходящие при контакте воды с матрицей горной породы (эффект Ребиндера).

Работа выполнена при финансовой поддержке Мегагранта Минобрнауки России № 14.W03.31.0033

Список литературы:

1. *Simpson D.W., Leith W.S., Scholz C.H.* Two types of reservoir-induced seismicity // *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1988. V. 78. № 6. pp. 2025–2040.
2. *Gupta H.K.* Short-term earthquake forecasting may be feasible at Koyna, India // *Tectonophysics*, 2001. V. 338. pp. 353-357.
3. *Смирнов В.Б., Михайлов В.О., Пономарев А.В. и др.* О динамике сезонных компонент наведенной сейсмичности в области Койна-Варна, западная Индия // *Физика Земли*, 2018. № 4. С. 100-109.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФУЗИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И ПАРОВ ВОДЫ ЧЕРЕЗ СТЕНКИ УЕДИНЁННОГО ГАЗОВОГО ПУЗЫРЬКА

Волчанский Андрей Петрович (асп.)¹, Мельник О.Э.², Шапиро Н.М.¹

¹ Лаборатория комплексного изучения и мониторинга геодинамических процессов
в Курило-Камчатской зоне субдукции (107) ИФЗ РАН

² Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М. В. Ломоносова
dronvol@gmail.com

(стендовый доклад)

Извержение вулкана Ключевская сопка сопровождаются глубинными (порядка 30 км) низкочастотными землетрясениями, механизм которых до сих пор не ясен. Нами в качестве механизма землетрясений подобного типа рассматривается нуклеация и рост пузырьков в газонасыщенной магме, который может приводить к резкому изменению давления. Глубины землетрясений свидетельствуют о необходимости учета в составе флюида воды и углекислого газа. Для количественного описания эволюции давления в работе проводится исследование роста уединённого пузырька газа в газонасыщенной магме. Модель системы «пузырёк – окружающий расплав» содержит следующие уравнения:

- (1) уравнение неразрывности для расплава,
- (2) уравнение диффузии растворённых газов,
- (3) уравнение баланса импульса на границе расплав/газ,
- (4) закон сохранения массы газа в пузырьке,
- (5) уравнение состояния газа.

Рассматривается система, геометрически представляющая собой пространство между двумя концентрическими сферами, где внутренняя – пузырёк, а внешняя – удалённая поверхность в расплаве, ограничивающая рассматриваемую область. Оба газа предполагаются совершенными (или с заданными таблицей свойствами). Подъёмом пузырьков на временах отдельного землетрясения можно пренебречь, поэтому пузырёк далее считается покоящимся. Также, изменение температуры полагается пренебрежимо малым. Давление на границе пузырек-расплав предполагается равным давлению насыщения. Расплав считается несжимаемым и однородным.

Нами была построена модель диффузии газа из окружающего расплава к уединённому пузырьку. Моделирование проводилось численно в программном пакете MATLAB, дискретные аналоги уравнений системы решались методом прогонки. Проведено тестирование на основе автомодельных решений уравнения диффузии. В дальнейшем предполагается решение сопряженной модели диффузии летучих и роста пузырька.

Результаты расчетов будут использованы для моделирования эволюции давления в сейсмическом источнике для вычисления параметров сейсмических сигналов, регистрируемых на вулкане.

Работа выполнена при финансовой поддержке Мегагранта Минобрнауки России № 14.W03.31.0033

ОБРАБОТКА ДАННЫХ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА

Волчкова Валерия Александровна

*асп., Лаборатория комплексного изучения и мониторинга геодинамических процессов
в Курило-Камчатской зоне субдукции (107) ИФЗ РАН;*

геофизик проекта, ООО “ПетроТрейс”

volchkovavaleria@mail.ru

(устный доклад)

Еще совсем недавно процедуры обработки данных микросейсмического шума были плохо документированы, однако, в настоящее время они обобщены, систематизированы и упорядочены [1].

На текущем этапе развития обработку данных микросейсмического шума разделяют на четыре основных этапа, которые выполняются строго по порядку: предварительная обработка (подготовка) данных каждой станции по отдельности, кросс-корреляция и временное суммирование, измерение дисперсионных кривых, контроль качества, включающий оценку погрешности измерений и отбор надежных измерений [1].

Основными преимуществами обработки сейсмологических данных являются гибкость и применимость к широкому диапазону наблюдаемых ситуаций. Методы обработки разрабатываются таким образом, чтобы применяться к широкому диапазону периодов, расстояний между станциями и географических масштабов.

Важный шаг подготовки данных единичных станций – временная нормализация, применяемая с целью ослабления сигналов землетрясений, инструментальных помех и нестационарных источников шума вблизи станций (например, проходящие штормы и высокий локальный уровень моря). После применения нормализации во временной области к данным также может применяться спектральная нормализация, значительно расширяющая полосу периодов измерений и ослабляющая источник шума с периодом 26 секунд, находящийся в Гвинейском заливе [2].

В рамках доклада будет рассмотрен предварительный этап обработки данных микросейсмического шума и представлена теория основных методов временной и спектральной нормализаций. Кроме того, будут показаны некоторые тонкости применения данных процедур. Будет продемонстрировано применение методов временной и спектральной нормализаций к сейсмологическим данным, которые были загружены из американского центра сейсмологических данных IRIS с помощью языка программирования Python. Взаимодействие с данными и реализация временной и спектральной нормализаций также осуществлялись путем программирования.

Основной целью данной работы является изучение процедур обработки данных микросейсмического шума и применение изученных методов к зарегистрированным волновым полям.

Работа выполнена при финансовой поддержке Мегагранта Минобрнауки России № 14.W03.31.0033

Список литературы:

1. *Bensen G.D., Ritzwoller M.H., Barmin M.P., Levshin A.L., Lin F., Moschetti M.P., Shapiro N.M., Yang Y. Processing seismic ambient noise data to obtain reliable broad-band surface wave dispersion measurements // Geophys. J. Int., 2007. V. 169. pp. 1239-1260 DOI: 10.1111/j.1365-246X.2007.03374.x.*
2. *Shapiro N.M., Ritzwoller M.H., Bensen G.D. Source location of the 26 sec microseism from cross correlations of ambient seismic noise // Geophys. Res. Lett., 2006. V. 33. L18310, DOI: 10.1029/2006GL027010.*

ВЫЯВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Воробьева Марина Александровна (асп.)¹, Росляков А.Г.²

¹ ИФЗ РАН, ² МГУ имени М.В. Ломоносова

m.vorobeva@geo-lab.ru

(устный доклад)

В настоящее время в условиях, когда запасы углеводородов на суше иссякают, ведется активное освоение шельфа и морских акваторий мирового океана. Самыми перспективными, но в то же время малоизученными из них являются шельфы арктических морей. Проектирование и установка инженерных сооружений связаны с некоторыми геологическими рисками, поэтому важным этапом геологоразведочных работ являются инженерно-геологические изыскания (ИГИ).

Одной из основных задач ИГИ является выделение, изучение и ранжирование по степени риска инженерно-геологических опасностей. Под геологической опасностью понимается угроза повреждения экосистем и инженерных сооружений или их полного разрушения вследствие воздействия на них компонентов геологической среды [1,2,3].

Баренцево море – один из перспективных и малоизученных с этой точки зрения районов Арктики. Глубины моря в пределах рассмотренного нами участка колеблются от 143 до 215 м. Для анализа верхней части использовались переобработанные данные 3D сейсморазведки, а также данные гидролокации бокового обзора и многолучевого эхолота.

На начальной стадии интерпретационных работ был проведен анализ волнового поля с целью расчленения разреза на сеймостратиграфические подразделения и выявления особенностей сейсмической картины в целом. В пределах площади исследований выделены следующие потенциально опасные или неблагоприятные для строительства элементы геологического разреза:

- Участки локального увеличения уклонов поверхности дна (борозды ледового выпаживания и воронкообразные углубления);
- Интервалы разреза с повышенным газосодержанием;
- Разрывные нарушения;
- Погребенные эрозионные врезы.

Кроме структурных признаков распознавания тех или иных геологически опасных объектов анализировались различные динамические атрибуты, такие как AVO-атрибуты, когерентность, частотно-временные преобразования, анализ седиментационных слайсов, анализ амплитудных и частотных карт и др.

По результатам исследований были оконтурены аномальные зоны, идентифицированы типы опасностей, их распространение в плане, проведено ранжирование по степени риска и построена сводная карта рисков исследуемого участка.

Список литературы:

1. *Бондарев В.Н.* Заключение об инженерно-геологических условиях площадки строительства скважины глубокого нефтегазопроискового бурения Ленинградская-1. Карское море. / НПО "Союзморинжгеология". АМИГЭ, 1989 г.
2. *Колубакин А.А., Росляков А.Г. и др.* Изучение приоритетных геологических опасностей при подготовке к поисково-разведочным работам на шельфе моря Лаптевых // Инженерные изыскания, 2017. № 10. С. 68-84.
3. *Миронюк С.Г.* Локализация приповерхностных зон скопления газа (газовых карманов и труб) геофизическими методами и оценка их опасности для морских сооружений // ТЭК. Безопасность, 2013. №2. С. 74-79.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ МЛЭ И ГЛБО

Галаев Владимир Евгеньевич (асп.)¹, Куликова Д.С.² (студ.)

¹ ИФЗ РАН, ² МГУ имени М.В. Ломоносова

vl.galaev@gmail.com

(устный доклад)

При проведении исследований акваторий с помощью дистанционных сейсмоакустических методов производственный процесс можно разделить на три важных блока: сбор полевых данных, обработка полевых данных, их интерпретация и передача данных заказчику. Перед геофизиком, который непосредственно проводит исследования, или специалистами, осуществляющими приёмку материалов, стоит задача определения качества полевых данных или данных, прошедших обработку. С точки зрения затрат ресурсов и качества решения эта задача может быть оптимизирована с помощью автоматической классификации данных. Также алгоритмы автоматической классификации данных могут использоваться для проведения геологической интерпретации обработанных полевых материалов.

Автоматическая классификация пространственно-распределенных данных гидрографического промера полученных с помощью многолучевого эхолота (МЛЭ) и значений интенсивностей обратного рассеивания акустического сигнала на донной границе, получаемых с помощью гидролокатора бокового обзора (ГЛБО), может использоваться для автоматического построения литологической карты исследуемой области. Кроме того, алгоритмы автоматической классификации могут использоваться для проведения контроля качества полевых данных МЛЭ и ГЛБО до и после обработки, а также при осуществлении их приёмки. Авторами предлагается алгоритм классификации с обучением на эталонах. Эталонные образцы формируют обучающую коллекцию образов, которая отражает основную идею проводимой классификации. Классификация проводится в собственном базисе признакового пространства объектов по алгоритму Байесовской классификации.

Список литературы:

1. *Скнаря А.В.* Гидролокация. Учебное пособие. / М.: Издательство МГУ, 2010. - 120 с.
2. *Dartnell P., James V. Gardner* Predicting Seafloor Facies from Multibeam Bathymetry and Backscatter Data // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2004. – 10 p.
3. *Lurton X., Lamarche G. (Eds)* Backscatter measurements by seafloor-mapping sonars. Guidelines and Recommendations. 2015 - 200 p. <http://geohab.org/wp-content/uploads/2014/05/BSWG-REPORT-MAY2015.pdf>
4. APL-UW High-Frequency Ocean Environmental Acoustic Models Handbook . APL-UW TR9407, 1994.

ИЗУЧЕНИЕ ДЛИННОПЕРИОДНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ

Галина Наталия Александровна

*инж., Лаборатория сильных землетрясений и сейсмологии (305) ИФЗ РАН,
Лаборатория комплексного изучения и мониторинга геодинамических процессов
в Курило-Камчатской зоне субдукции (107) ИФЗ РАН;*

магистрант 2 г.о., Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

na.galina@physics.msu.ru

(устный доклад)

Сейсмичность – одно из основных проявлений вулканической активности. Так называемые вулканические землетрясения очень многочисленны и разнообразны, а наблюдаемые сейсмические сигналы соответствуют разным типам вулканической сейсмичности, происходящей на разных глубинах. Со временем стало очевидно, что эти сигналы содержат информацию о готовящихся извержениях, динамике и состоянии магматических систем. Своевременное детектирование этих сигналов и их сопоставление с различными видами деятельности является основой сейсмологического мониторинга вулканов.

Цель настоящей работы – изучение физического механизма длиннопериодных землетрясений Ключевской группы вулканов, а именно землетрясений, происходящих вблизи границы, кора-мантия. Считается, что этот тип сейсмичности можно использовать в качестве одного из первых предшественников извержений, так как он отражает состояние магматического резервуара.

В данной работе представлен автоматический алгоритм обработки сейсмограмм на нескольких станциях для детектирования землетрясений и определения их магнитуд, вводится новый способ оценки моментной магнитуды. На основе полученного каталога проводится анализ распределения событий по магнитудам.

В качестве исследуемого региона была выбрана Ключевская группа вулканов на Камчатке. Благодаря своей сильной и изменчивой активности, этот вулканический кластер является уникальной природной лабораторией для изучения вулканизма в зоне субдукции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Мегагранта Минобрнауки России № 14.W03.31.0033.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОТБОРА КЕРНА И ИХ РЕШЕНИЯ

Гизатуллин Динар М.

инж., Центр петрофизических и геомеханических исследований (ЦПГИ) ИФЗ РАН

stewstr@mail.ru

(устный доклад)

Керн является наиболее информативным и достоверным источником геологических данных о свойствах вскрываемых пластов, особенностях их строения, нефте- и газонасыщенности и составе пластового флюида. Главная задача при проведении работ по отбору керна – достижение качества и представительности поднятого кернового материала, что обеспечит точность построения трехмерных геологических моделей залежи и расчетов ее запасов.

Отечественные компании широко внедряют комплексный подход к процессу отбора керна, который включает в себя весь спектр технических и технологических решений по достижению максимального качества отобранных образцов и контролем за сохранностью его первоначальных свойств.

На месторождениях западной Сибири за 2010 – 2018 годы отобрано более 12 500 м высокотехнологичного керна с использованием всего комплекса дополнительных опций со средним выносом 87,2%, в том числе слабokonсолидированных, мягких и сильнотрещиноватых пород в покурской, сеноманской и баженовской свитах.

Цель данной работы состоит в том, чтобы определить основные задачи, которые стояли и были решены. Среди них: обеспечение максимальной длины колонки и выноса керна за рейс, минимизация отрицательного воздействия бурового раствора на керн, защита керна на дневной поверхности и транспортировки в кернохранилище, стабилизация керна для сохранения исходных свойств.

В работе представлено несколько видов современных керноотборных снарядов, их применение и отличительные конструктивные особенности. Построена гистограмма с данными по отбору керна, выноса керна и его сохранности, который определен как линейный выход керна и видами керноотборных снарядов за 2010 – 2018 гг.

С каждым годом процент сохранности выноса керна увеличивается. Результатом этого является развитие новейших методов отбора керна, разработка новых технологий, ужесточения требований, так как еще 10 лет назад хорошим результатом было 50-80 % выноса, теперь же результат ниже 90 % считается неприемлемым.

Список литературы:

1. *Ишбаев Г.Г., Лозуков А.В., Жадан А.А.* Развитие техники и технологии отбора керна // Бурение и нефть, 2018. № 4. С. 24–25.
2. *Власюк В.И., Калинин А.Г.* Бурение и опробование разведочных скважин / М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. - 560 с.
3. *Пармузина Л.В.* Подготовка и исследование кернов. Определение пористости. Методические указания / Ухта: УГТУ, 2010. - 20 с.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Гордеев Никита Александрович (асп., м.н.с.), Сим Л.А.

Лаборатория фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики (204)

ИФЗ РАН

gord@ifz.ru

(устный доклад)

Исследуемый регион относится к сочленению Оленекского поднятия, Предверхоанского и Лено-Анабарского прогибов. Цель работы: выяснить геодинамические условия формирования новейших структур и их напряженно-деформированного состояния.

Тектонофизический анализ выполнен с применением программы SGM-SIM [1], которая основана на структурно-геоморфологическом методе реконструкции сдвиговых тектонических напряжений Л.А. Сим (1991) [2]. Результаты показали большое количество локальных стресс-состояний с ориентировкой осей сжатия северо-восток-восточной ориентировки. Такое положение осей сжатия свойственно разломам субширотного направления на протяжении всего участка Лено-Анабарского прогиба и выявляется лево-сдвиговая кинематика разломных структур. Для разломов субмеридиональной ориентировки в частных случаях оси сжатия ориентированы на северо-запад, что связано с развитием небольших новейших впадин: участку в устье р. Лена и р. Кангалас-Уэл (самый западный участок). Для субмеридиональных разломов Верхоянья свойственны оси сжатия с субширотной и северо-восточной ориентировками.

Сравнительный анализ по данным о механизмах очагов землетрясения [3] показал совпадение определенных нами стресс-состояний с проекциями осей главного сжатия в механизмах очагов землетрясений.

Таким образом, наличие радиально расположенных и ориентированных главных осей сжатия вокруг Оленекского поднятия указывает на наличие внутриплитных источников напряжений, никак не связанных с влиянием Арктики. На север от поднятия в новейший этап развиваются эшелонированные ступенеобразные поднятия, уходящие в шельф, сжимающихся в северо-восточном и субмеридиональном направлении под влиянием арктического спрединга.

Подтверждено влияние арктического спрединга (хребет Гаккеля) на формирование структур, обрамляющих северную сторону Оленекского поднятия и независимость его формирования.

Список литературы:

1. Гордеев Н.А., Молчанов А.Б. Решение задачи по автоматизации структурно-геоморфологического метода реконструкции неотектонических напряжений Л.А. Сим / Молодежная научно-практическая конференция XVI конференция студенческого научного общества "Современные исследования в геологии", Санкт-Петербург, 26-28 октября 2018. С. 9-11.
2. Сим Л.А. Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации) // Известия ВУЗов: Геология и разведка, 1991. №10. С. 3-22.
3. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмоструктура Якутии / М.: ГЕОС, 2000 - 227 с.

ПЕРВЫЙ ЭТАП ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИНХРОННЫХ ПЛОЩАДНЫХ МТ/МВ ЗОНДИРОВАНИЙ ПРОЕКТА EARTHSCORE В АКТИВНЫХ СЗ РЕГИОНАХ США

Грачева Дарья Алексеевна (асп., м.н.с.), Лозовский И.Н. (н.с.)
Центр геоэлектромагнитных исследований ИФЗ РАН
mckoreneva@mail.ru
(устный доклад)

Проект EarthScore является многолетней национальной программой США по изучению глубинного строения и динамики Северно-Американского континента, открытой для мирового научного сообщества. В рамках этой комплексной программы реализуется проект EMScore площадных синхронных магнитотеллурических (МТ) и магнитовариационных (МВ) зондирований с главной задачей изучения континентальной тектоносферы. В рамках проекта EarthScore производятся длиннопериодные измерения компонент естественного электрического и магнитного полей Земли. Наибольший интерес для изучения представляют активные зоны Тихоокеанской субдукции и Йеллоустонского плюма (зона субдукции, область активных глубинных разломов, области ярких геотермических аномалий и вулканических проявлений).

Целью наших исследований является развитие и использование разработанной в ЦГЭМИ ИФЗ РАН технологии многоточечного синхронного оценивания МТ/МВ передаточных операторов с опорой на данные геомагнитных обсерваторий. Анализ МТ/МВ данных в системе PRC_MTMV основан на оценивании передаточных операторов электромагнитного поля с помощью робастных многоточечных процедур по массивам синхронных зондирований и на их совместной инверсии, с учетом анализа импедансных фаз и МВ откликов, в минимальной степени искаженных влиянием приповерхностных объектов, и специфики задач эксперимента EMScore. Для углубленной обработки синхронных наблюдений применялись многоточечные процедуры оценивания передаточных операторов – метод мульти-RRMC, основанный на робастном осреднении RR оценок для нескольких базовых пунктов [1,2]. Процедура мульти-RRMC накладывает ограничения на изменчивость горизонтальных МВ откликов между точкой зондирования и удаленными базами при отборе для обработки отрезков синхронных многоточечных записей ЭМ поля, тем самым концентрируя оценивание передаточных операторов на материале, наиболее отвечающем критериям однородного внешнего поля и ограниченного уровня ЭМ шумов. Данная методика позволяет повысить устойчивость оценивания локальных передаточных операторов Z и Wz и обеспечивает надежное получение кондиционных результатов до периодов 2-3-6 часов, что может обеспечить зондирование тектоносферы до глубин 300 км. Сопоставление итоговых российских результатов со стандартными результатами американской синхронной обработки [3] указывает на лучшую гладкость и расширенный почти на декаду диапазон периодов для наших оценок.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-35-00598 мол_a)

Список литературы:

1. *Варенцов Ив.М.* Новые алгоритмы в программной системе обработки данных синхронных МТ/МВ зондирований // Вопросы естествознания, 2016. № 3(11). С. 48-52.
2. *Varentsov Iv.M.* Arrays of Simultaneous Electromagnetic Soundings: Design, Data Processing, Analysis, and Inversion // Electromagnetic sounding of the Earth's interior: theory, modeling, practice. Elsevier, 2015. pp. 271-299.
3. *Egbert G.D.* Processing and interpretation of the EM induction array data // Surv. Geophys., 2002. V. 23. pp. 207-249.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАТУХАНИЯ УПРУГИХ ВОЛН В ПОРОВО-ТРЕЩИНОВАТЫХ СРЕДАХ

Дамянович Джордже Илиевич
асп., ИФЗ РАН
damjanov@mail.ru
(устный доклад)

Упругие волны, распространяющиеся в различных геологических средах, подвержены затуханию и рассеиванию в широком диапазоне частот, варьирующем от свободных колебаний всей земли до ультразвуковых в небольших образцах горных пород [1]. Затухание и дисперсия могут быть вызваны множеством физических явлений, которые можно разделить на процессы, где полная энергия волнового поля трансформируется вследствие рассеяния, геометрической дисперсии и неупругой диссипации, когда энергия волны преобразуется в тепло [5]. В работе проведен анализ разных теоретических подходов к оценке затухания упругих волн, распространяющихся в горных породах.

Наибольшее распространение среди множества имеющихся на сегодняшний день моделей получил так называемый волновой поток флюида (в иностранной литературе фигурирует название WIFF – wave-induced fluid flow). Он возникает, когда проходящая волна создает градиенты давления в фазе флюида, и результирующее движение флюида относительно твердой фазы сопровождается внутренним трением до тех пор, пока поровое давление не будет уравновешено [5].

В то же время до сих пор не утратили актуальность модели, построенные на основе теории Био [2,3,4]. Уравнения были получены с использованием лагранжевого подхода с использованием обобщенных координат, заданных смещениями твердого тела и жидкости, усредненными по некоторому репрезентативному элементу объема пористой среды. В ходе расчётов выделяется медленная волна Био, которая сильно ослаблена на относительно низких частотах и распространяется без потерь на высоких частотах. Однако используемые модели сильно упрощены, и описанные ранее эффекты в реальных средах могут наблюдаться только на частотах выше 100 кГц. Наиболее удачным приближением моделей на основе уравнений Био для сейсмических и скважинных исследований является модель струйного потока (squirt flow).

Отдельной группой в изучении моделей затухания являются вязко-упругие модели. Основное их отличие от вышеописанных заключается в том, что данные среды предполагают взаимодействие флюида со скелетом породы. Это существенно усложняет уравнения упругости, так как добавляются условия, связанные с переходом упругой энергии в тепловую.

Список литературы:

1. *Aki K., Richards P.G.*, Quantitative seismology: Theory and methods. W. H. Freeman & Co., 1980.
2. *Biot M.A.* Theory of propagation of elastic waves in fluid-saturated porous solid. I. Low-frequency range // *Journal of the Acoustical Society of America*, 1956. V. 28. pp. 168–178.
3. *Biot M.A.* Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid. II. Higher frequency range // *Journal of the Acoustical Society of America*, 1956. V. 28. pp. 179–191.
4. *Biot M.A.* Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media // *Journal of Applied Physics*, 1962. V.33. pp. 1482–1498.
5. *Müller T. M., Gurevich B., Lebedev M.* Seismic wave attenuation and dispersion resulting from wave-induced flow in porous rocks — A review // *Geophysics*, 2010. V. 75. pp. 147-164.

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ЗДАНИЯ ИФЗ РАН

*Демидкова Анастасия Николаевна,
н.с., Лаборатория гравиметрических измерений (601)
ИФЗ РАН
demidkova@gmail.com
(устный доклад)*

Здания и сооружения находятся в динамическом взаимодействии с окружающей естественной и искусственной средой и постоянно испытывают её влияние, особенно в таком динамично развивающемся мегаполисе каким является г. Москва. Возникающие в геологической среде процессы, вследствие увеличения объемов использования подземного пространства, нарушения режима подземных вод и др., приводят к изменению напряженно-деформированного состояния грунтового массива-основания сооружения. Поэтому при наличии факторов, влияющих на существующие строения, а также для объективной оценки состояния объектов необходим мониторинг за величинами их деформаций. [1,2,3,4]

Для слежения за временным ходом деформаций объекта - здания ИФЗ РАН - с марта 2018 года в нём ведутся режимные наблюдения системой «МИНИ-СМИК», разработанной при участии ИФЗ РАН, которая включает в себя новое поколение датчиков для мониторинга строительных сооружений. Датчики установлены в одном из помещений третьего этажа на южной стене пристройки. Угловые колебания стены вдоль ее плоскости и поперек регистрируются датчиками наклона типа ИН120, линейные деформации - короткобазисным деформометром ДКК, регистрирующим сжатия/растяжения южной стены пристройки к зданию [5]. Каждый датчик обеспечен датчиком температуры для компенсации собственного температурного дрейфа. Текущие данные архивируются на сервере ИФЗ РАН и доступны через интернет для оперативного использования потребителями, а также можно наблюдать за происходящими изменениями в режиме реального времени по адресу: <http://data.ifz.ru/grafana/dashboard/db/monitoring-zdaniia-ifz>.

Система смонтирована с целью отработки методики обработки данных с учетом влияния метеоусловий (температуры наружного воздуха и атмосферного давления) как на саму конструкцию здания, так и на измерительные приборы. На данном этапе работ лабораторией геоинформатики (501) ИФЗ РАН налажена эксплуатация системы сбора и передачи данных на сервер института. В результате анализа годового ряда наблюдений получены оценки суточных и сезонных амплитуд деформаций конструкции контролируемого участка здания. Было проведено сравнение данных с показаниями датчиков наклона типа НШ (разработка - И.А. Широков, ИФЗ РАН), установленных на одном из геофизических постаментов в подвальном помещении ИФЗ РАН, где регистрация осуществляется двумя приборами, каждый из которых измеряет наклон поверхности относительно местной гравитационной вертикали в двух взаимно перпендикулярных направлениях по отклонению вертикального маятника с ёмкостным преобразователем.

Список литературы:

1. Багмет А.Л., Осика В.И., Костин А.Б., Титчев Н.И., Трудненко А.И. Деформационный мониторинг здания гостиницы «Националь» // Сейсмические приборы, 2011. Т. 47. № 4. С. 55-63.
2. Пашкин Е.М., Багмет А.Л., Осика В.И., Новак Ю.В., Сухов А.А. Мониторинг деформаций как основа безопасной эксплуатации зданий и сооружений // Инженерная геология, 2008. № 3. С. 40-50.
3. ГОСТ 27751-88 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету (с Изменением № 1)
4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменением № 1)
5. Осика В.И., Кочетков Б.М., Павлов Е.И., Качан И.П. Мониторинг деформационного состояния ответственных и технически сложных объектов // Научное приборостроение, 2017. Т.27. № 1. С. 46-52

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ УПРУГИХ МОДУЛЕЙ ГОРНЫХ ПОРОД В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ, ДОПУСКАЮЩИХ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

*Егоров Николай Александрович (асп.), Эфстадиу В.А.
Центр петрофизических и геомеханических исследований ИФЗ РАН
egorov.nikolay@ifz.ru
(устный доклад)*

При увеличении давления/нагрузки, действующей на горные породы, скорости распространения продольных и поперечных волн в них увеличиваются, следовательно, значения динамических модулей пород также возрастают.

Цель данной работы состоит в том, чтобы определить, какие динамические упругие модули оптимально использовать с практической точки зрения для решения задач геофизики, а также как они могут зависеть от напряженного состояния.

В работе представлены результаты испытаний на стандартных образцах горных пород различных литотипов в установке высокого давления [1]. В ходе эксперимента на образцы осуществлялось циклическое воздействие внешним давлением с чередованием нагрузки-разгрузки. Одновременно с этим проводилось ультразвуковое зондирование через равные промежутки времени.

После анализа точности в определении динамических упругих модулей был сделан вывод, что модуль Юнга и модуль сдвига более устойчивы к вносимым погрешностям продольных и поперечных скоростей, чем модуль всестороннего сжатия и коэффициента Пуассона. С точки зрения влияния напряженного состояния на значения динамических упругих модулей было обнаружено, что модуль сдвига наиболее устойчиво изменяется при изменении параметров напряженного состояния, модуль Юнга и модуль объемного сжатия ведут себя в равной степени устойчиво, а коэффициент Пуассона крайне неустойчиво меняется при изменении напряжений.

Результаты работы указывают на то, что при решении практических задач геофизики целесообразно использовать не технические модули – модуль Юнга и коэффициент Пуассона, а модули, напрямую связанные с постоянными Ламе – модуль сдвига и модуль объемного сжатия [2].

Список литературы:

1. Тихоцкий С.А., Фокин И.В., Баюк И.О., Белобородов Д.Е., Березина И.А., Гафурова Д.Р., Дубиня Н.В., Краснова М.А., Корост Д.В., Макарова А.А., Патонин А.В., Пономарев А.В., Хамидуллин Р.А., Цельмович В.А. Комплексные лабораторные исследования керн в ЦПГИ ИФЗ РАН // Наука и технологические разработки, 2017. Т. 96. № 2. С. 17–32. DOI: 10.21455/std2017.2-2
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 7: Теория упругости / М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 2003.- 248 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ СКВАЖИН И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫМ СОСТОЯНИЕМ НА ПРИМЕРЕ ТРЕЩИНОВАТОГО КОЛЛЕКТОРА

Жигульский Светлана Владимировна
асп., ИФЗ РАН
svetlana.jigulski@yandex.ru
(устный доклад)

Изучение трещиноватых пород – задача нетривиальная, которая декомпозируется по различным направлениям в научных исследованиях. Основной целью является оценка и прогноз параметров трещин. Это имеет наиважнейшую роль для трещинного типа коллектора нефти и газа, в котором фильтрация происходит только по естественным трещинам. Данные объекты – трещины, которые претерпевали значительные изменения напряженно-деформированного состояния на протяжении истории геологического развития резервуара, что привело к их полному либо частичному закрытию. Возникает вопрос, из которого вытекает проблематика изучения трещинных коллекторов: почему часть трещин в условиях всестороннего сжатия может оставаться гидравлически проницаемой? Широкое распространение получили две концепции. В первой из них важная роль отнесена процессам цементации с формированием так называемых «цементных структур» и истории напряженного состояния, которую необходимо изучать [1]. Во второй концепции основываются на расчете современного напряженно-деформированного состояния с применением линейного [2] либо нелинейного критериев прочности [3] для описания критически-напряженного состояния трещины.

На примере трещиноватого доломитового коллектора рифейского возраста сделана попытка исследования взаимосвязи между коэффициентом продуктивности скважины и напряженно-деформированным состоянием системы трещин в совокупности с такими параметрами как длина ствола в целевом пласте, статический модуль Юнга, количество критически-напряженных трещин. Отсутствие необходимых *калибровочных* данных для построения профилей горизонтальных напряжений (вывалы и техногенные трещины, давление закрытия трещины ГРП, LOT- тест на приемистость) обусловило переход на многовариантные расчеты 1D - моделей напряженного состояния.

В модели были приняты следующие допущения: гидравлическая проводимость трещины связана с текущим напряженно-деформированным состоянием, критически-напряженное состояние трещины оценивается с помощью линейного критерия прочности [2], сцепление трещин и минимальная тектоническая деформация равны нулю. Варьируемыми параметрами были направление максимального горизонтального напряжения (30, 60, 110, 150 градусов – по данным имиджеров), а также анизотропия горизонтальных напряжений (от 0 до 50 % с шагом 5%). Угол внутреннего трения принимался непостоянным и рассчитан по заданному неравенству для напряженного состояния на основе данных по двум скважинам. Обе эти скважины вскрывали трещиноватый разрез, на продуктивной являлась только одна. В результате было получено уравнение регрессии с коэффициентом детерминации $R^2=0.61$ между коэффициентом продуктивности и четырьмя параметрами: критическое напряжение, число активных трещин, длина ствола и статический модуль Юнга.

Список литературы

1. *Sathar S., Reeves H.J., Cuss R.J., Harrington J.F.* The role of stress history on the flow of fluids through fractures // *Mineralogical Magazine*, 2012. V. 76 (8). pp. 3165-3177.
2. *Barton C.A., Zoback M.D., Moos D.* Identification of hydraulically conductive fractures from the analysis of localized stress perturbations and thermals anomalies / *Proceedings of Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems*, 1994. pp. 945-952.
3. *Barton N., Choubey V.* The shear strength of rock joints in theory and practice // *Rock Mechanics*, 1977. V.1-2. pp. 1-54.

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ДНА, ПОКРЫТОГО ЛЬДОМ МОРЯ

Жостков Руслан Александрович

*к.ф.-м.н., н.с., Лаборатория фундаментальных проблем
экологической геофизики и вулканологии (703) ИФЗ РАН*

shageraxcom@yandex.ru

(устный доклад)

Обычно сейсморазведка на акваториях выполняется с использованием одной из двух технологий: (i) буксируемыми гидроакустическими антеннами, регистрирующими сигналы от активного источника или (ii) сейсмическими станциями, устанавливаемыми на морском дне. При наличии ледового покрова эти технологии практически неприменимы, что приводит к необходимости разработки методов зондирования покрытых льдом акваторий.

Сотрудниками ИФЗ РАН было аналитически показано и экспериментально подтверждено [1,2], что в системе «атмосфера – ледовый покров – водный слой – морское дно» могут существовать два типа поверхностных волн: фундаментальная мода, несущая информацию о структуре дна, и изгибная мода, влияние на которую в большей степени оказывают параметры ледового покрова. Нами было показано [3], что фундаментальную моду возможно использовать для зондирования морского дна.

В рамках настоящей работы создана оптимизированная программа для численного моделирования распространения поверхностных волн, распространяющихся в вышеупомянутой среде, и получены оригинальные решения. Показано, что анализ колебаний ледового покрова в широком частотном диапазоне позволяет осуществить зондирование морских недр без использования дорогостоящих донных сейсмостанций, а только лишь с помощью приборов, устанавливаемых на поверхности дна. Процедура зондирования соответствует технологиям, применяемым на суше, за исключением некоторых особенностей, например, несколько большего времени накопления сигнала.

В этом случае изгибная мода, локализованная вблизи ледового покрова, является серьезной помехой. В силу того, что ее скорость меньше скорости звука в воздухе, она не излучает в атмосферу боковую волну, в отличие от фундаментальной моды. Поэтому регистрация акустического сигнала в атмосфере над ледовым покровом может оказаться эффективнее для зондирования, чем сейсмические наблюдения, из-за более высокого отношения сигнал/помеха.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-70034) и гранта Президента Российской Федерации для поддержки научных школ (№ НШ-5545.2018.5)

Список литературы:

1. Преснов Д.А., Жостков Р.А., Шуруп А.С., Собисевич А.Л., Лиходеев Д.В., Белобородов Д.Е., Передерин Ф.В. Экспериментальное исследование гео-гидроакустических волн в условиях мелкого моря, покрытого льдом // Ученые записки физического факультета Московского Университета, 2016. № 6. С. 166704-1-166704-4.
2. Преснов Д.А., Жостков Р.А., Собисевич А.Л., Шуруп А.С. Натурные наблюдения сейсмоакустических волн в условиях покрытого льдом водоема // Известия Российской академии наук. Серия физическая, 2017. Т. 81. № 1. С. 76-80.
3. Собисевич А.Л., Преснов Д.А., Жостков Р.А., Собисевич Л.Е., Шуруп А.С., Лиходеев Д.В., Агафонов В.М. Геогидроакустический шумовой мониторинг подледных акваторий северных морей // Наука и технологические разработки, 2017. Т. 96. № 3. С. 31-46.

ИЗУЧЕНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 17.07.2017 $M_w=7.8$, ГЕОДИНАМИКА РЕГИОНА, ВВЕДЕНИЕ В ТЕКТониКУ АЛЕУТСКОЙ ДУГИ

Жуковец Виктор Николаевич (асп., н.с.), Рогожин Е.А., Лутиков А.И., Донцова Г.Ю.
Лаборатория методов прогноза землетрясений (702)

ИФЗ РАН
vitik2007@list.ru
(устный доклад)

Рассмотрены особенности афтершокового процесса землетрясения 17.07.2017 $M_w=7.8$. К основным особенностям относятся: 1) малое высвобождение кумулятивного скалярного сейсмического момента ($M_{0cum\ aft}$), составившее по разным оценкам от 0.75% до 1.0% от сейсмического момента главного толчка (M_{0me}); 2) очень медленное нарастание дефицита в высвобождении сейсмического момента (M_0). При этом продолжительность квазистационарной фазы высвобождения M_{0cum} в афтершоках, оцененной приблизительно в полгода и охватившей значительную часть продолжительности всего афтершокового процесса этого землетрясения, представляется необычно большой [1]. Рассмотрена также геодинамическая ситуация в окрестностях Командорского блока. Важным источником информации при исследовании геодинамики региона являются механизмы очагов землетрясений, которые получены на основании анализа тензоров сейсмического момента [2, 3]. Сейсмические проявления рассматриваемого региона распределены вдоль Командорского блока, который располагается между Тихоокеанской плитой и Берингоморской плитой [3]. При этом ширина Командорского блока, составляет ~ 100 км, а протяженность ~ 500 км. Очаг исследуемого в этой работе землетрясения заполнил основную часть «Командорской сейсмической брешы» [4].

На юго-западе землетрясения происходят вдоль Алеутского желоба и параллельно направлению движения Тихоокеанской плиты, на северо-востоке – вдоль разлома Беринга, у подножия склона Командорского шельфа [3,5]. В работе рассмотрены форшоки и афтершоки события 17.07.2017 $M_w=7.8$, а также сейсмическая история региона. Изучен вопрос о накоплении кумулятивного сейсмического момента изучаемого региона [1].

В работе рассматриваются некоторые особенности субдукции Тихоокеанской плиты под Алеутскую дугу, для этого построены разрезы по плоскостям, лежащим вкрест простирания Алеутской дуги в области группы Командорских, Крысьих, Андреяновских и Лисьих островов. Подобные разрезы с шагом в 1 долготный градус, рассматривались и вдоль всей дуги – от полуострова Камчатка до полуострова Аляска, что позволило оценить максимальные глубины гипоцентров вдоль всей Алеутской дуги.

Список литературы:

1. Лутиков А.И., Родина С.Н. Временные и энергетические параметры афтершокового процесса Курило-Камчатских землетрясений // Геофизические исследования, 2013. Т.14. № 4. с. 5 – 17.
2. Dziewonski A.M., Chou T.A., Woodhouse J.H. Determination of earthquake source parameters from wave-form data for studies of global and regional seismicity // J. Geophys. Res., 1981. V. 86. pp. 2825 - 2852.
3. Newberry J.T., Laclair D.L., Fujita K. Seismicity and tectonics of the far Western Aleutian Islands // Journal of Geodynamics, 1986. V. 6. Iss. 1–4. pp. 13-32.
4. Mets C., Gordon R.G., Argus D.F., Stein S. Current plate motions // Geophys. J. Int., 1990. V. 101. pp. 425–478.
5. Чебров Д.В., Кугаенко Ю.А., Абубакиров И.Р., Ландер А.В., Павлов В.М., Салтыков В.А., Титков Н.Н. Ближне-Алеутское землетрясение 17.07.2017 г. с $M_w=7.8$ на границе Командорской сейсмической брешы // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2017. Вып.35. № 3. С. 22-25.
6. Балакина Л.М., Москвина А.Г. Особенности сейсмогенного процесса в Алеутской островной дуге: III. Землетрясения в западной и восточной окраинах дуги // Физика Земли, 2010. № 4. С. 9–34.

АНАЛИЗ ЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ ПРИ ОСРЕДНЕНИИ ЗАКОНА ОМА

Зыков Андрей Александрович

асп., Центр геоэлектромагнитных исследований ИФЗ РАН

zyrokin@yandex.ru

(устный доклад)

Изучению электромагнитного поля в различных гетерогенных средах посвящено большое количество исследований. В данной работе рассмотрена наиболее часто встречающаяся в геологии модель – модель переслаивающихся слоев.

При проведении исследований геологической среды электроразведочными методами на переменном токе в силу конечной длины антенны (использование установок, имеющих конечные размеры, влияние конечной длины волны в рамках волнового приближение), под воздействием поля происходит естественное осреднение свойств горных пород, таких как проводимость, а также диэлектрическая и магнитная проницаемость. Следовательно, во время полевых работ исследуются эффективные параметры среды - мы переходим к макроскопическим параметрам сложнопостроенной горной породы, для полного описания которой необходимо учитывать большое число параметров самой породы (пористость, глинистость, водонасыщенность, и т.д.), а также физико-химические процессы происходящие в ней.

В работе рассмотрены геоэлектрические дисперсионные модели, имеющие слоистое строение. Для данных моделей получены дисперсионные кривые действительной и мнимой часть комплексной проводимости, а также построены графики зависимости коэффициента анизотропии и его производных от частоты. Рассмотрены определенные функциональные зависимости диэлектрической проницаемости и проводимости от координат, которые дают особый вид дисперсионных кривых, и показана справедливость сделанных выводов для общего случая на некоторых частных математических моделях.

Список литературы:

1. *Губатенко В.П.* Частотная дисперсия и эффект Максвелла-Вагнера в макроанизотропных средах / Саратов: Саратов. политехн. ин-т, 1989. – 15 с.
2. *Александров П.Н.* Зависимость эффективного сопротивления от частоты при учете диэлектрической проницаемости / В сб.: Построение физико-геологической модели и системный подход при истолковании геофизических исследований. Пермь, 1990. С.47-48.
3. *Александров П.Н.* Теоретические и методические основы электромагнитного мониторинга современных геодинамических процессов / Автореф. дисс. канд. г.-м. наук. Саратов, 1994 - 24 с
4. *Губатенко В.П., Бердичевский М.Н., Светов Б.С., Назаров А.А.* Эффект Максвелла-Вагнера в двумерных моделях магнитотеллурики // Известия РАН. Физика Земли, 1994. №12. С.52-61.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ НИЗКОЧАСТОТНОГО МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО
ВОЛНОВОГО ПОЛЯ НА УЧАСТКЕ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНОГО ПРОФИЛЯ
НА ПОЛИГОНЕ МИХНЕВО

Загорский Даниил Львович
асп., ИФЗ РАН
Zagorskiy_lev@mail.ru
(устный доклад)

Геофизическая обсерватория «Михнево» Института динамики геосфер РАН расположена в районе с низким уровнем шумовых помех, вдали от источников техногенной природы, что обеспечило надежную регистрацию микросейсм в процессе измерений [1].

Задача данного исследования состояла в построении скоростного сейсмогеологического разреза до глубины 30 метров пассивным методом, что позволило бы определить наличие или отсутствие плотностных аномалий на этом профиле. Ожидалось, что при положительных результатах будет определено расположение геофизической штольни в геологическом разрезе.

Обобщенная дисперсионная кривая по профилю хорошо соответствует данным ГИС по изменению скорости продольной волны по скважине, пробуренной в 200 метрах от профиля измерений [2].

Сейсмический разрез скорости продольной волны показал наличие 5 слоев, характеризующихся высокими скоростями продольных волн, в области частот 10...20 Гц до глубины 50 метров. Повышенные значения скоростей могут быть объяснены большим количеством бетона в стенках и фундаменте шахты штольни.

Список литературы:

1. *Кишкина С.Б.* Особенности микросейсмического фона в разных районах России / Сборник научных трудов ИДГ РАН. 2003. Книга 1. С.142-152
2. *Горбунова Э.М.* Характеристика инженерно-геологического разреза территории геофизической обсерватории «Михнево» по результатам бурения экспериментальной скважины / Сборник научных трудов ИДГ РАН «Физические поля и динамика взаимодействующих геосфер». М.: ГЕОС, 2007. С.289-297.

СПЕКТРЫ РЕАКЦИИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Иноземцев Максим Александрович

инж., Лаборатория сильных землетрясений и сейсмометрии (305) ИФЗ РАН

магистрант 2 г.о., Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

ma.inozemtcev@physics.msu.ru

(устный доклад)

Одним из заключительных этапов расчета сейсмической опасности является оценка влияния грунтовой толщи на сейсмические воздействия, которые представляются в виде акселерограмм. В общем случае необходимо определить изменение параметров исходного сейсмического воздействия, вызванное влиянием грунтовых условий. Существует три основных способа получения исходных воздействий – использование зарегистрированных в данном регионе записей реальных событий и построение искусственных или синтетических акселерограмм. В силу ряда причин получить набор исходных сейсмических воздействий исключительно из записей реальных землетрясений для некоторых регионов довольно проблематично. Разработано множество различных подходов и расчетных алгоритмов для построения искусственных и синтетических акселерограмм. Для некоторых инженерных задач практический интерес представляет оценка величины реакции объекта на сейсмическое воздействие на определенной частоте. Для этого разработан метод получения реальных акселерограмм, спектр реакции которых гарантированно имеет заданный уровень воздействия на выбранной частоте.

В данной работе рассмотрены два типа исходных акселерограмм под целевой спектр UHRS: синтетические и искусственные. Проведены оценки влияния грунтовых условий по двум наборам исходных воздействий для четырех сейсмогеологических моделей, каждая из которых характеризует определенный тип геологических условий формирования осадочного чехла. Построен спектр с условием заданного воздействия на определенной частоте (conditional spectrum), под который подобран набор реальных акселерограмм. Выполнено сравнение спектров реакции подобранных акселерограмм со спектрами реакции, полученными на предыдущем этапе. На основе полученных результатов сделаны выводы о возможных достоинствах и недостатках каждого из применяемых подходов.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСТЫВАНИЯ СИЛЛОВ СИБИРСКОЙ ТРАППОВОЙ ПРОВИНЦИИ

Иванов Станислав Дмитриевич (к.т.н., н.с.)¹, *Латышев А.В.*^{2,3}

¹ *Лаборатория геоинформатики (501) ИФЗ РАН*

² *Лаборатория археомагнетизма и эволюции главного магнитного поля (106) ИФЗ РАН*

³ *МГУ имени М. В. Ломоносова*

f0ta@ifz.ru

(устный доклад)

При анализе истории формирования магматических комплексов часто возникает проблема оценки длительности остывания интрузивных тел. В частности, имеются палеомагнитные данные, указывающие на очень быстрое и синхронное в геологическом смысле остывание гигантских трапповых силлов Ангаро-Тасеевской впадины до температур приобретения остаточной намагниченности, хотя датировки, полученные разными изотопно-геохронологическими методами, различаются по одним и тем же объектам на 9...12 млн. лет [1].

Для описания процесса остывания локального интрузивного тела используют уравнение теплопроводности с учетом движущейся границы фазового перехода расплав — твердое тело (задача Стефана). В представленной работе было выполнено численное моделирование данного процесса двумя методами: в первом расчёты выполнялись на регулярной сетке с помощью программы, приведенной в [2], во втором — методом конечных элементов с использованием пакета FreeFem++ [3]. Для учета фазового перехода использовался энтальпийный метод [4].

Поставлены следующие задачи об остывании:

- базитовая интрузия толщиной 20 м и диаметром 15 км в толще песчаников на глубине 800 м
- базитовая интрузия толщиной 200 м и диаметром 100 км в толще песчаников на глубине 3 км
- пакет интрузий мощностью по 20 м под 600 м слоем базальтов, разделенных 20-метровыми слоями песчаников.

Задачи рассматривались в двумерной постановке с использованием адаптивного шага по времени. Начальная температура расплава принималась равной 1300 °С. В результате были получены оценки времени кристаллизации, а также времени остывания до ключевых температур 800-900 °С (температуры закрытия U-Pb изотопной системы в цирконе) и 580 °С (температура Кюри магнетита).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №18-35-20058)

Список литературы:

1. *Latyshev A.V., Veselovskiy R.V., Ivanov A.V.* Paleomagnetism of the Permian-Triassic intrusions from the Tunguska syncline and the Angara-Taseeva depression Siberian Traps Large Igneous Province: evidence of contrasting styles of magmatism // *Tectonophysics*, 2018. № 723. pp. 41-55 DOI: 10.1016/j.tecto.2017.11.035.
2. *Langtangen H.P., Linge S.* Finite Difference Computing with PDEs — A Modern Software Approach. Springer, 2016. - 604 p.
3. *Hecht F.* New development in FreeFem++ // *Journal of numerical mathematics*, 2012. Vol. 20. № 3 -4 . pp.251-266
4. *Бучко Н.А.* Энтальпийный метод численного решения задач теплопроводности в промерзающих или протаивающих грунтах // *Вестник Международной академии холода*, 2009. №2. С. 25-28.

ГЛУБИННАЯ АНОМАЛИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ В ЗОНЕ ТРОЙНОГО СОЧЛЕНЕНИЯ СЕГМЕНТОВ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

*Иванов Павел Владимирович (с.н.с., к.ф.-м.н.), Варенцов Ив.М., Лозовский И.Н., Родина Т.А.,
Рабочая группа СМОЛЕНСК*

*Центр геоэлектромагнитных исследований ИФЗ РАН
pavel.vl.ivanov@gmail.com*

(устный доклад)

В докладе представлены результаты первого года выполнения проекта СМОЛЕНСК, целью которого является изучение геофизическими методами зоны сочленения трёх крупнейших сегментов Восточно-Европейской платформы – Фенноскандии, Волго-Уралии и Сарматии – для диагностики процессов современной геодинамической активности и проверки гипотезы о существовании в этой зоне центростремительной конвергенции литосферных плито-потоков [1,2]. Данная гипотеза основана на многочисленных факторах, таких как: (1) радиальное схождение шовных зон и авлакогенов; (2) кольцевое расположение разломов, формирующих воронкообразную структуру; (3) аномальное строение магнитного поля с элементами вихревого закручивания аномалий; (4) региональная отрицательная аномалия гравитационного поля.

Рассматриваемая зона сочленения расположена у северо-западной границы массива площадных магнитотеллурических (МТ) и магнитовариационных (МВ) зондирований международного проекта КИРОВОГРАД [3,4] и представлена единственным субмеридиональным профилем Гомель-Витебск, выполненным в начале 1990-х годов с применением аппаратуры ЦЭС-2. Несмотря на невысокое качество, по зарегистрированным данным была выделена глубинная проводящая аномалия в исследуемой узловой зоне.

С целью площадного и глубинного уточнения границ выявленной аномалии электропроводности в рамках проекта СМОЛЕНСК летом 2018 г. были выполнены 15 новых длиннопериодных МТ/МВ зондирований с использованием станций LEMI-417V (Украина, г. Львов). Новые зондирования существенно продолжили на запад два самых северных профиля проекта КИРОВОГРАД, один из которых полностью пересёк интересующую нас аномалию электропроводности, второй вышел в её центральную часть.

На псевдорезах кажущегося сопротивления вдоль субмеридионального профиля Гомель-Витебск и двух новых субширотных профилей Орша-Барятинно и Могилёв-Киров выделяется проводящая структура в виде «песочных часов», включающая вертикально разделённые приповерхностную (осадочную) и глубинную (корово-мантийную) части. Новые зондирования позволили уточнить границы глубинной проводящей аномалии, которая отчётливо выделяется на карте эффективного кажущегося сопротивления на периоде 2500 с. На картах горизонтального МВ отклика хорошо прослеживается квази-2D субмеридиональное простираание глубинной аномальной зоны.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-00733 а)

Список литературы:

1. *Гарецкий Р.Г., Каратаев Г.И.* Шовные зоны Фенноскандии, Сарматии и Волго-Уралии. Минск: Беларуская навука, 2014. - 120 с.
2. *Гарецкий Р.Г.* Особенности тектоники и геодинамики Восточно-Европейской платформы // Літасфера, 2007. №2 (27). С. 3-13.
3. *Варенцов И.М., Гордиенко В.В., Гордиенко И.В. и др.* Склон Воронежского кристаллического массива (геофизика, глубинные процессы). К.: Логос, 2013. - 118 с.
4. *Куликов В.А., Алексанова Е.Д., Варенцов И.М., Зайцев С.А., Лозовский И.Н., Лубнина Н.В., Пушкарёв П.Ю., Шустов Н.Л., Яковлев А.Г., Ионичева А.П.* Барятинская коровая аномалия электропроводности по результатам площадных МТ исследований // Геофизика, 2018. № 1. С. 31-43.

СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ САМОПОДОБИЯ В АФТЕРШОКОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯХ

Карцева Татьяна Игоревна (инж.^{1,2}; студ.³), *Смирнов В.Б.* ^{1,2,3}

¹ *Лаборатория физики землетрясений и неустойчивости горных пород (301) ИФЗ РАН*

² *Лаборатория комплексного изучения и мониторинга геодинамических процессов
в Курило-Камчатской зоне субдукции (107) ИФЗ РАН*

³ *Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
ti.kartceva@physics.msu.ru*

(устный доклад)

Афтершоки являются достаточно организованными структурами по сравнению с обычными землетрясениями. Естественно полагать, что разные самоподобные распределения афтершоков порождены каким-то одним механизмом и связаны между собой. Теоретической предпосылкой к данной работе послужила гипотеза Шольца [1], из которой следуют разные виды зависимости параметра Омори p от параметра Гутенберга-Рихтера b для разных механизмов спада афтершоковой активности.

В представленной работе проведено систематическое исследование зависимостей параметров самоподобия афтершоковых серий в районах с различными тектоническими режимами для выяснения характера и особенностей связи параметров самоподобия. Были исследованы зоны субдукции Тихоокеанского огненного кольца, трансформные разломы Калифорнии, Греции, Турции и континентальная сейсмичность Китая. В результате анализа данных сейсмических каталогов построены объединенные по регионам с разной тектоникой p - b - диаграммы.

Данная проблема мало освещалась в литературе, в немногочисленных статьях ([2,3]) были опубликованы результаты, но статистическая значимость их невелика. Наша работа основана на новых методиках оценки параметров афтершоков [4], на отдельном изучении регионов с разной тектоникой, на более современных каталогах землетрясений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Мегагранта Минобрнауки России № 14.W03.31.0033

Список литературы:

1. *Scholz C.* Microfractures, aftershocks, and seismicity // *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 1968. V.58. pp. 1117-1130.
2. *Ávila-Barrientos L. et al.* Variation of b and p values from aftershocks sequences along the Mexican subduction zone and their relation to plate characteristics // *Journal of South American Earth Sciences*, 2015. V. 63. pp. 162-171.
3. *Gasperini P., Lolli B.* Correlation between the parameters of the aftershock rate equation: Implications for the forecasting of future sequences // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 2006. V.156. №. 1-2. pp. 41-58.
4. *Holschneider M. et al.* Bayesian analysis of the modified Omori law // *Journal of Geophys. Res: Solid Earth*, 2012. V. 117. №. B6.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ КАРБОНАТНОГО КОЛЛЕКТОРА САМООТКЛОНЯЮЩИМСЯ КИСЛОТНЫМ СОСТАВОМ

Казаков Артём Вячеславович¹, **Елизарьев М.А.**¹, **Блонский А.В.**²

¹магистрант 2 г.о., Московский физико-технический институт (НИУ МФТИ)

²Инжиниринговый центр МФТИ по трудноизвлекаемым полезным ископаемым

kazakov.av@cef-mipt.ru

(устный доклад)

Одним из наиболее распространенных методов увеличения нефтеотдачи в карбонатных коллекторах является солянокислотная обработка, которая направлена на растворение породы и создание проводящих червоточин. Кислотное воздействие на призабойную зону пласта с существенной неоднородностью проницаемости в основном происходит в высокопроницаемых участках, что приводит к снижению эффективности обработки. В таких случаях могут быть применены самоотклоняющиеся кислотные составы, которые позволяют увеличить охват обрабатываемой зоны и перенаправить поток кислоты в зоны с низкой проницаемостью.

Самоотклоняющийся кислотный состав – это раствор соляной кислоты с добавлением в него полимера, который обеспечивает низкую вязкость раствора перед реакцией с породой, возрастание вязкости во время реакции и снижение вязкости при завершении реакции.

В работе представлена физико-математическая модель кислотной обработки карбонатного коллектора самоотклоняющимся кислотным составом, а также проведён анализ факторов, влияющих на эффективность воздействия.

За основу нами взята модель кислотного воздействия [1], учитывающая растворение породы, течение флюидов в пористой среде, в том числе с неньютоновской реологией. Учитывается зависимость вязкости от пластовой температуры, скорости течения, концентрации кислоты, концентрации полимера [2,3]. Предполагается, что течение однофазное: водная фаза может состоять из произвольного числа компонент – кислоты, полимера и продуктов реакций кислоты с породой. Модель учитывает произвольное число минералов в породе, гетерогенные и гомогенные кинетически контролируемые химические реакции. Модель описывается законами сохранения водных компонент, долей минералов в породе, модифицированным законом Дарси и дополнительным нормировочным соотношением, связывающим пористость с долями минералов.

С помощью численного моделирования проведены исследования процессов обработки призабойной зоны карбонатного коллектора, проанализировано влияние параметров реологии жидкости на процесс кислотного воздействия, а также влияние наличия полимера в кислотном составе на эффективность кислотного воздействия.

По результатам выполненных исследований показано, что самоотклоняющийся кислотный состав позволяет увеличить охват обрабатываемой зоны и перенаправить поток кислоты в зоны с низкой проницаемостью, что позволяет повысить эффективность обработки.

Список литературы:

1. *Panga M.K.R., Ziauddin M., Balakotaiah V.* Two-Scale Continuum Model for Simulation of Wormholes in Carbonate Acidization / *AIChEJ.* V.51 (12). pp. 3231-3248.
2. *Ratnakar R., Kalia N., Balakotaiah V.* Modeling, analysis and simulation of wormhole formation in carbonate rocks with in situ cross-linked acids // *Chemical Engineering Science*, 2013. V.90. pp. 179-199
3. *Hosseinzadeh B., Bazargan M., Rostami B., Ayatollahi S.* Modelling of Wormhole Propagation in Carbonate Rocks by Use of In-Situ-Gelled Acids // *SPE 186101-PA*, 2017.

О СООТВЕТСТВИИ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПОЛЕВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ СЕЙСМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

*Казначеев Павел Александрович (с.н.с., к.т.н.) Камшилин А.Н.
Лаборатория физики землетрясений и неустойчивости горных пород (301)*

*ИФЗ РАН
p_a_k@mail.ru
(устный доклад)*

Суть сейсмоэлектрического (СЭ) эффекта 2-го рода состоит в возбуждении электрического поля в пористой флюидонасыщенной среде при сейсмоакустическом воздействии. Исследования различных авторов позволили в лабораторных и полевых условиях определить особенности эффекта в зависимости от породы, типа насыщающего флюида, концентрации растворенных веществ, частоты возбуждающего упругого воздействия (напр., обзор в [1]). В тоже время теоретический анализ задач лабораторных и полевых экспериментов и методика их постановки различались – в силу понятных причин в лабораторных экспериментах исследовался ограниченный объем среды [2–6]. Это применимо для исследования только электрических или только упругих свойств среды, в силу предположения об их локальности.

Источником вторичного электрического поля в СЭ эффекте 2-го рода является сторонний ток, обусловленный электрокинетическими процессами и разностью смещений твердой и жидкой фаз в пористой среде. В случае однородной среды электрическое поле существует только там, где упругое поле отлично от нуля ("медленные" СЭ волны), а в общем случае неоднородной среды – и вне этой области ("быстрые" СЭ волны) [2]. Поэтому для СЭ эффектов не выполняется условие локальности.

В работе проведен анализ того, как эти особенности проявляются в лабораторных и полевых экспериментах, и предложена методика постановки, обеспечивающая их максимальное соответствие, а также разделение СЭ полей разного типа [6].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00698 мол_а (анализ методики постановки лабораторных и полевых экспериментов), а также в рамках госзадания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Сафонов А.С. Электродинамическая сейсморазведка или сейсморазведка с регистрацией электромагнитных составляющих волнового поля / М.: ВНИГНИ, 2017. - 152 с.
2. Светов Б.С. Основы геоэлектрики / Москва: ЛКИ, 2008. - 656 с.
3. Черняк Г.Я. Электромагнитные методы в гидрогеологии и инженерной геологии / М.: Недра, 1987. - 165 с.
4. Kröger B. Modellierung und Sensitivitätsanalysen für Seismoelektrik mit Finiten Elementen / Diploma thesis. Technical University Berlin, 2007.
5. Gul'yel'mi A.V., Kamishilin A.N., Volkova E.N., Chirkov E.B. Seismic vibrator excitation of geoelectric signals at combination frequencies // Transactions (doklady) of the USSR Academy of Sciences. Earth science sections, 1989. V. 309. № 6. pp. 19–21.
6. Казначеев П.А., Камшилин А.Н. Методика лабораторного контроля механоэлектрических преобразований во флюидонасыщенных средах с бесконтактным измерением электрического поля / Труды VI-й Международной научно-практической конференции «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование»: сб. статей. М.: Буки-Веди, 2018. С. 114 – 118.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДОНА В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ

*Климанова Екатерина Вадимовна (м.н.с.), Анисимов С.В., Галиченко С.В.
Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН
klimanova@borok.yar.ru
(стендовый доклад)*

Понимание закономерностей распределения и распространения радона в атмосфере необходимо для решения ряда актуальных задач геофизики. Образующиеся в земной коре в результате последовательности радиоактивных распадов урана и тория изотопы радона эмануруют в трещины и поры грунта, затем попадая в атмосферу. Вследствие высокой растворимости радона в воде скорость его эсхалации с земной поверхности существенным образом зависит от влагосодержания почвы, которое, в свою очередь, определяется ее типом, пористостью, интенсивностью осадков и испарения. Изотопы радона совместно со своими радиоактивными дочерними продуктами участвуют в ионизации воздуха, формируя наряду с космическими лучами электропроводность нижней атмосферы [1].

Основной проблемой при изучении пространственно-временной изменчивости объемной активности (ОА) радона в атмосфере и ее генезиса была и будет необходимость длительных непрерывных измерений, поскольку для значительной части территории России характерны относительно малые концентрации радона в атмосфере [2].

В весенний, летний и осенний периоды 2017 и 2018 годов на полигоне ГО «Борок» ИФЗ РАН были организованы полевые измерения ОА радона совместно с натурными наблюдениями электрических и метеорологических параметров. Выявлено влияние направления ветра для прибрежной зоны Рыбинского водохранилища и интенсивности осадков на ОА радона. В ходе аэростатных наблюдений исследованы высотные профили ОА радона и электрической проводимости [3].

Полевые натурные наблюдения выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-00233); теоретическая интерпретация проведена при финансовой поддержке РНФ (грант № 16-17-10209)

Список литературы:

1. Анисимов С.В., Галиченко С.В., Макруцин А.П., Афиногенов К.В., Шихова Н.М. Объемная активность радона и ионообразование в невозмущенной нижней атмосфере: наземные наблюдения и численное моделирование // Известия РАН. Физика Земли, 2017. № 1. С. 155–170.
2. Berezina E.V., Elansky N.F., Moiseenko K.B., Belikov I.B., Shumsky R.A., Safronov A.N., Brenninkmeijer C.A.M. Estimation of nocturnal ²²²Rn soil fluxes over Russia from TROICA measurements // Atmospheric Chemistry and Physics, 2013. V.13. pp. 11695 – 11708.
3. Anisimov S.V., Galichenko S.V., Aphinogenov K.V., Guriev A.V., Kozmina A.S., Prokhorchuk A.A., Klimanova E.V. Electricity of mid-latitude atmospheric boundary layer above land: results of observations and numerical modeling // Turbulence, Atmosphere and Climate Dynamics, 2019. V.231 (1): p.012007.

ОЦЕНКА ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОС. МОСРЕНТГЕН, Г. МОСКВА

Котов Андрей Николаевич (асп.), Жостков Р.А. (к.ф.-м.н., н.с.)
Лаборатория фундаментальных проблем
экологической геофизики и вулканологии (703) ИФЗ РАН
and250195@yandex.ru
(устный доклад)

Постоянное присутствие микросейсмического фона и его непрерывное воздействие на окружающую среду, в том числе на объекты инфраструктуры и население, является одной из важных причин исследования этого явления. Наблюдение микросейсмического фона проводится с использованием большого числа региональных и глобальных сейсмических сетей и входит в уже сложившуюся практику сейсмических наблюдений [1]. Эти исследования служат для решения ряда научных и прикладных задач. Одной из важных проблем, связанной с микросейсмическим фоном, является его негативное влияние на техническое состояние зданий и санитарно-гигиенические условия их эксплуатации [2]. Для ее решения важно проводить мониторинг вибросейсмического загрязнения окружающей среды с помощью локальных сейсмических исследований [3].

В рамках настоящей работы проведено натурное измерение вибросейсмического загрязнения на территории пос. Мосрентген (г. Москва) при помощи широкополосных сейсмометров. Целью работы являлось исследование закономерности распределения интенсивности микросейсмических и техногенных шумов на исследуемой территории. Для этого были проведены площадные измерения с помощью переносных сейсмостанций на базе молекулярно-электронных преобразователей [4]. В качестве опорного использовался прибор такого же типа, но в отличие от переносимых датчиков, осуществлявший непрерывную запись.

Были оценены уровни сигналов в выбранных местах относительно опорного пункта наблюдений, размещенного в подвальном помещении Координационно-прогностического центра ИФЗ РАН на специальном постаменте. В результате проведенных работ построена карта загрязнённости исследуемой территории микросейсмическими и техногенными шумами в различных частотных интервалах.

Данное исследование позволит вести непрерывную оценку вибросейсмического загрязнения пос. Мосрентген при использовании всего лишь одной сейсмостанции, установленной на опорном пункте.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-35-00541), а также по гранту Президента Российской Федерации для поддержки научных школ (№ НШ-5545.2018.5)

Список литературы:

1. Любушин А.А. Микросейсмический шум в минутном диапазоне периодов: свойства и возможные диагностические признаки // Физика Земли, 2008. №4. С. 17-34.
2. Машина И.Р., Коряжмина Ю.А., Сычкина Е.Н. Влияние транспортной вибрации на здания и сооружения // Строительство и архитектура. Опыт и современные технологии, 2015. №4. – 4 с.
3. СП 42.13330.2010.-СНиП 2.07.01-89. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».
4. Собисевич А.Л., Преснов Д.А., Агафонов В.М., Собисевич Л.Е. Вмораживаемый автономный геогидроакустический буй нового поколения // Наука и технологические разработки, 2018. Т. 97. №1. С. 25-34. DOI: 10.21455/std2018.1-3

ОЦЕНКА ЭКСХАЛЯЦИИ ТОРОНА С ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО НАЗЕМНЫМ РАДИОМЕТРИЧЕСКИМ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ

*Козьмина Алина Сергеевна (м.н.с.), Дмитриев Э.М.
Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН
alina@borok.yar.ru
(устный доклад)*

Основной вклад в ионизацию приземной атмосферы над сушей вносят изотопы радона ^{222}Rn и ^{220}Rn (торон), объемная активность (ОА) которых отличается большой изменчивостью [1–2]. Из-за малого времени жизни (~ 80 с) весь ^{220}Rn распадается в приземном слое, в отличие от ^{222}Rn , который за время своей жизни (~ 5 дней) успевает распространиться на весь атмосферный пограничный слой (АПС). Таким образом, несмотря на слабую эксхалляцию ^{220}Rn с земной поверхности, его вклад в ионизацию приземной атмосферы может быть весьма значительным [2]. По результатам измерений сейсмической радоновой станции СРС-05 [3], проведенных в земляном подвале измерительного павильона ГО «Борок» ИФЗ РАН в ноябре 2016 г., ОА почвенных ^{222}Rn и ^{220}Rn составили $\approx (105 \pm 6)$ Бк/м³ и $\approx (41 \pm 15)$ Бк/м³, соответственно [4].

Целью данной работы являлось получение оценок плотности потока ^{220}Rn с земной поверхности по результатам наблюдений метеопараметров и ОА ^{220}Rn в приземном слое атмосферы. Наблюдения проводились на измерительном полигоне ГО «Борок» ИФЗ РАН в июне – июле 2016 г. Значения коэффициента турбулентной диффузии (K) рассчитывались с помощью программного обеспечения двух метеокомплексов Метео-2 [5], установленных на высотах 2 м и 10 м. По результатам метеонаблюдений отбирались часовые интервалы, соответствующие устойчивой стратификации атмосферы, для которых поток тепла был направлен вниз, а зависимость K от высоты (z) аппроксимировалась линейной функцией: $K(z) = K_0 z$. Для отобранных данных по методу наименьших квадратов получена оценка коэффициента $K_0 = (0.032 \pm 0.016)$ м/с. Для тех же интервалов времени по кумулятивному альфа-спектру, измеренному СРС-05 на высоте ~ 7 см, согласно изложенной в [4] методике получена оценка ОА ^{220}Rn $A = (4.3 \pm 3.6)$ Бк/м³. Из аналитического решения стационарной краевой задачи, описывающей турбулентный транспорт и распад ^{220}Rn в приземном слое, получено выражение для плотности потока ^{220}Rn с земной поверхности (J) как функции K_0 и A . Для плотности потока ^{220}Rn с земной поверхности в условиях устойчивой стратификации получена оценка $J = (1.5 \pm 1.3)$ атомов/м²/с. При этом ОА ^{220}Rn на земной поверхности, оказывается, равной $\approx (52 \pm 44)$ Бк/м³, что согласуется с ранее полученными оценками ОА почвенного ^{220}Rn [4].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-05-00233).

Список литературы:

1. Anisimov S.V., Dmitriev E.M., Aphinogenov K. V., Guriev A.V., Kozmina A.S. Variability of radon distribution in the atmospheric surface layer over the land of middle latitudes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. V. 231. DOI: 10.1088/1755-1315/231/1/012006.
2. Анисимов С.В., Галиченко С.В., Афиногенов К.В., Макрушин А.П. Шихова Н.М. Объемная активность радона и ионообразование в невозмущенной нижней атмосфере: наземные наблюдения и численное моделирование // Физика Земли, 2017. № 1. С. 155–170.
3. Сейсмическая радоновая станция СРС-05. Руководство по эксплуатации / Москва, 2009. - 21 с. http://www.ntm.ru/UserFiles/File/product/ION/srs-05/rukovodstvo_po_ekspluatazii.doc
4. Козьмина А.С., Дмитриев Э.М., Анисимов С.В. Измерение объемной активности радона и торона сейсмической радоновой станцией СРС-05 / 22-я Международная школа-конференция молодых учёных «Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы». Тезисы докладов. Майкоп: Изд-во «ИП Кучеренко В.О.», 2018. С. 88.
5. Гладких В.А., Макиенко А.Э. Цифровая ультразвуковая метеостанция // Приборы, 2009. № 7. С. 21–25.

ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА МОДЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЛУНЫ

Кронрод Екатерина Викторовна

м.н.с., ГЕОХИ РАН

e.kronrod@gmail.com

(устный доклад)

Реконструкция химического состава и теплового режима производится на основе совместной инверсии гравитационных и сейсмических данных, а также масс-балансовых петрологических соотношений методом Монте-Карло для модели дифференцированной в результате частичного плавления первоначально однородной Луны [1]. При построении моделей в качестве граничных условий используются сейсмические данные «Аполло» [2], а также масса и момент инерции из данных по изучению гравитационного поля - миссия GRAIL [3]. Моделирование фазового состава и физических свойств мантии проведено с помощью метода минимизации свободной энергии Гиббса в рамках системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{CaO}-\text{FeO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ и уравнений состояния минералов в приближении Ми-Грюнайзена-Дебая на основе программного комплекса THERMOSEISM с учетом фазовых превращений и ангармонизма [4].

В результате решения обратной задачи получены ограничения на химический состав (концентрации породообразующих оксидов) и минералогию трехслойной мантии. Показано, что вне зависимости от распределения температуры, концентрации FeO ~11-14 мас.% и значения магнетиального числа MG# 80-83 примерно одинаковы в верхней, средней и нижней мантии Луны, но резко отличаются от таковых для валового состава силикатной Земли (Bulk Silicate Earth = BSE, FeO ~ 8% и MG# 89). Напротив, оценки содержания Al_2O_3 в мантии довольно заметно зависят от распределения температуры. Для рассмотренных сценариев термального состояния с различием по температуре в 100-200 °C на разных глубинах концентрации Al_2O_3 увеличиваются от 1-5% в верхней и средней мантии до 4-7 мас. % в нижней мантии с количеством граната вплоть до 20 мас.%. Радиусы Fe-S ядра со средней плотностью 7.1 г/см³ и содержанием серы 3.5-6 мас. % оценены в интервале 50-350 км с наиболее вероятным значением около 300 км и довольно слабо зависят от теплового режима Луны. Результаты моделирования предполагают, что мантия Луны стратифицирована по химическому составу и указывают на существенные различия в составах Земли и ее спутника.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-05-00225) и программы Президиума РАН № 17.

Список литературы:

1. *Kronrod V.A., Kuskov O.L.* Inversion of seismic and gravity data for the composition and core sizes of the Moon. // *Izv. Phys. Solid Earth*, 2011. V. 47. pp. 711-730.
2. *Gagnepain-Beyneix J., Lognonné P., Chenet H., Lombardi D., Spohn T.* A seismic model of the lunar mantle and constraints on temperature and mineralogy // *Phys. Earth Planet. Inter*, 2006. V. 159. pp. 140-166.
3. *Williams J.G., Konopliv A.S., Boggs D.H., Park R.S., Yuan D-N., Lemoine F.G., Goossen S., Mazarico E., Nimmo F., Weber R.C., Asmar S.W., Melosh H.J., Neumann G.A., Phillips R.J., Smith D.E., Solomon S.C., Watkins M.M., Wieczorek M.A., Andrews-Hanna J.C., Head J.W., Kiefer W.S., Matsuyama I., McGovern P.J., Taylor G.J., Zuber M.T.* Lunar interior properties from the GRAIL mission // *J. Geophys. Res. Planets*, 2014. V. 119. DOI: 10.1002/2013JE004559.
4. *Kuskov O.L., Kronrod V.A., Kronrod E.V.* Thermo-chemical constraints on the interior structure and composition of the lunar mantle // *Phys. Earth Planet. Inter*, 2014. V. 235. pp. 84-95.

ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА И ВОЗРАСТЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В РАЙОНЕ ПЕРЕДОВОГО ХРЕБТА БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Кулакова Екатерина Петровна¹ (асп., инж.), Латышев А.В.^{2,3}, Камзолкин В.А.¹

¹ Лаборатория тектоники и геодинамики (103) ИФЗ РАН

² Лаборатория археомагнетизма и эволюции главного магнитного поля (106) ИФЗ РАН

³ Геологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова

liverpool.town.uk@gmail.com

(устный доклад)

Блыбский метаморфический комплекс, обнажающийся в междуречье рек Большая и Малая Лаба, является крупнейшим выходом пород кристаллического фундамента Передового хребта Большого Кавказа. В составе комплекса различают армовскую свиту и балканскую свиту, прорываемую крупным Балканским гранитоидным массивом. Полученные данные уран-свинцового датирования пород показали поздневендский возраст гранитоидов Балканского массива (549–574 млн лет) и позднедевонский возраст гранат-сланцев армовской свиты (362.2 ± 1.9 млн.лет) [1,2]. Комплексные структурно-геологические, изотопно-геохронологические, петрологические и петромагнитные исследования позволили нам подтвердить тектоническую природу контакта между этими формациями и определить структуру блыбского метаморфического комплекса как поздневендский фундамент и среднепалеозойский покров. Данные изотопного датирования интрузий, окаймляющих Блыбский выступ, выявили в пределах изучаемого региона магматические события ранне-среднедевонского (393.7 ± 1.7 млн.лет) и раннекаменноугольного (319.3 ± 3.8 млн.лет) возрастов [1,2]. Было проведено сравнение всех полученных изотопно-геохронологических данных по магматитам и метаморфитам с таковыми данными близлежащих регионов Средиземноморского пояса, поскольку выделяемые магматические события представляют собой важные геологические маркеры и являются ключом к пониманию и реконструкции палеозойской истории Передового хребта Большого Кавказа. Вендское событие широко распространено в пределах террейнов гондванского происхождения, отображая магматические события кадомской орогении, в то время как проявление раннекаменноугольного магматизма характерно для аккреции гондванских террейнов к южной окраине Восточно-Европейской платформы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 17-05-01121).

Список литературы:

1. Камзолкин В.А., Латышев А.В., Видятин Ю.П., Сомин М.Л., Смутьская А.И., Иванов С.Д. Поздневендские комплексы в структуре метаморфического основания Передового хребта Большого Кавказа // Геотектоника, 2018. №3. С. 42–57
2. Камзолкин В.А., Латышев А.В., Иванов С.Д., Видятин Ю.П., Сомин М.Л., Кулакова Е.П. Новые данные о строении и возрасте блыбского метаморфического комплекса Передового хребта Большого Кавказа / Проблемы тектоники континентов и океанов. Материалы LI Тектонического совещания. ГЕОС Москва, 2019. Т. 1. С. 245–247

СОПОСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ РАЗДВИГОВЫХ РАЗЛОМОВ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Кузьмин Дмитрий Кузьмич

м.н.с., Лаборатория современной и прикладной геодинамики (201)

ИФЗ РАН

ditak1292@mail.ru

(устный доклад)

Результаты многократных повторных геодезических измерений, проводимых в рамках геодинамического мониторинга, организованного в пределах разрабатываемых месторождений УВ и эксплуатируемых подземных хранилищ газа (ПХГ), выявили локальные квазисимметричные локальные просадки земной поверхности в приразломных зонах [1,2,3]. Подобный тип оседаний земной поверхности характерен для раздвиговых разломов.

Для интерпретации результатов мониторинга были проанализированы различные аналитические и численные модели раздвиговых разломов. Основным критерием сопоставления моделей с наблюдаемыми данными явилось сопоставление морфологических параметров распределения вертикальных и горизонтальных смещений земной поверхности в окрестности разломной зоны. Модели были условно разбиты на три группы в зависимости от граничных условий и характера условий в модельном аналоге разломной зоны: блоковые, дислокационные, параметрически индуцированные [4, 5].

В результате сопоставительного анализа измеренных и модельных смещений показано, что наилучшим образом наблюдаемому спектру морфологических особенностей наблюдаемых аномалий удовлетворяют модели параметрически индуцированных деформаций разломных зон, когда возбуждение (индуцирование) локальных процессов в разломах происходит под воздействием малых техногенных возмущений в обстановке квазистатического режима регионального нагружения [6].

Полученные результаты демонстрируются на примере результатов геодинамического мониторинга ряда нефтегазовых месторождений (включая шельфовые) и ПХГ.

Список литературы:

1. Хисамов Р.С., Гатиятуллин Н.С., Кузьмин Ю.О. и др. Современная геодинамика и сейсмичность Юго-Востока Татарстана. Казань: Фэн, 2012. - 240 с.
2. Кузьмин Ю.О., Никонов А.И. Геодинамический мониторинг объектов нефтегазового комплекса / В кн.: Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. М.: ГЕОС, 2002. С. 427-433.
3. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика опасных разломов // Физика Земли, 2016. № 5. С. 87-101.
4. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика раздвиговых разломов // Физика Земли, 2018. №6. С. 87-105.
5. Кузьмин Д.К., Кузьмин Ю.О., Фаттахов Е.А. Моделирование современных геодинамических процессов в разломных зонах / В кн.: Современная геодинамика недр и эколого-промышленная безопасность объектов нефтегазового комплекса. М.: ООО «ТиРу», 2013. - С. 90-100.
6. Абрамян Г.О., Кузьмин Д.К., Кузьмин Ю.О. Решение обратных задач современной геодинамики недр на месторождениях углеводородов и подземных хранилищах газа // Маркшейдерский вестник, 2018. № 4. С. 52-61

ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ АНАЛИЗА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Лавров Иван Павлович

м.н.с., асп., Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН

lavrvania@mail.ru

(устный доклад)

Изучение вариаций геофизических полей различного генезиса непосредственно связано с обработкой больших массивов данных. Большинство существующих программных продуктов трудно адаптировать под проведение конкретных исследовательских работ. Такая ситуация послужила толчком к созданию нескольких пакетов программ, позволяющих отбирать и визуализировать в интерактивном режиме различные характеристики исследуемых геофизических полей: магнитного поля Земли и межпланетного магнитного поля, параметры форшоковых и афтершоковых последовательностей, а также проводить их обработку, анализ и сравнение. Используя разработанные программные продукты, были исследованы вариации магнитного поля и их связь с наблюдаемыми землетрясениями. В результате показано статистически значимое изменение магнитного поля после сильных землетрясений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-05-00096), а также по госзаданию ИФЗ РАН.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЛОСКОСТЕЙ РАЗЛОМОВ ПО ДАННЫМ О МЕХАНИЗМАХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

Лермонтова Анастасия Сергеевна

н.с., Лаборатория фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики (204)

ИФЗ РАН

alermontova@mail.ru

(устный доклад)

Задачи сейсмического районирования включают в себя оценку вероятностей подвижек на конкретных разломах. Полученная в последние годы информация о распределении тензора напряжений в сейсмичных районах позволяет, сопоставляя данные об угле падения и простирации плоскости разлома с данными о локальном тензоре напряжений, делать некоторые выводы об опасности движений по разлому [1]. Однако определение пространственного расположения плоскостей разломов само по себе представляет сложность. Сведений даже о приповерхностных углах погружения разломов в геологической литературе довольно мало [2,3].

Поскольку сейсмические события происходят, как правило, по существующим разломам, предлагается использовать данные каталогов механизмов землетрясений для определения расположения плоскостей.

Приповерхностные углы погружения разломов Северного Тянь-Шаня определяются на основании данных о рельефе при помощи следующего обобщения метода пластовых треугольников. Поскольку в областях горных поднятий, имеющих резко выраженный рельеф, выход одного и того же разлома на дневную поверхность на разных участках, как правило, фиксируется на разных топографических высотах, для каждого сегмента разлома можно подобрать плоскость, наилучшим образом приближающую такой набор точек. Эта плоскость и принимается как плоскость данного сегмента разлома у поверхности.

Однако нельзя считать, что погружение разлома на глубину происходит равномерно под тем же углом. Известно, что с глубиной разломы могут падать круче или, наоборот, становиться более пологими (листрические разломы), а также менять направление падения на противоположное (субвертикальные взрезы) [4]. В настоящей работе сделана попытка построить алгоритм нахождения угла падения разлома на разных глубинах путём выбора из каталога механизмов землетрясений тех событий, которые по расположению гипоцентров и ориентации нодальных плоскостей можно отнести к рассматриваемому разлому. На первом шаге используются землетрясения, близкие к выходу разлома на поверхность, они описывают изменение угла погружения разлома на небольших глубинах (до 5 км). На глубине 5 км принимается новое, несколько изменённое значение угла, и исходя из него определяется положение разлома. На следующем шаге берётся следующий диапазон глубин, 5-10 км, и находится новое значение угла погружения. Использование алгоритма продемонстрировано на примере разлома Верховой (Северный Тянь-Шань).

Список литературы:

1. Ребецкий Ю.Л., Кузиков С.И. Тектонофизическое районирование активных разломов Северного Тянь-Шаня // Геология и геофизика, 2016. Т.57. № 6. С. 1225 - 1250.
2. Абдрахматов К.Е., Уэлдон Р., Томпсон С.И., Бурбанк Д., Рубин Ч., Миллер М., Молнар П. Происхождение, направление и скорость современного сжатия Центрального Тянь-Шаня (Киргизия) // Геология и геофизика, 2001. Т.42. № 10, С. 1585 - 1609.
3. Корженков А.М., Абдиева С.В., Вахрамеева П.С., Джумабаева А.Б., Мамыров Э.М., Морозова Е.А., Орлова Л.А., Фортуна А.Б. Сильные исторические землетрясения на северо-западе Иссык-Кульской впадины (Северный Тянь-Шань) // Геология и геофизика, 2011. Т.52 № 9. С. 1276 - 1286.
4. Narr W., Suppe J. Kinematics of basement-involved compressive structures // Amer. J. Sci., 1994. V. 294. № 7. pp. 802-860.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ СИСТЕМ

Лосевская Ангелина Шамилевна

асп., ИФЗ РАН

angelina.petgeo@gmail.com

(устный доклад)

При построении бассейновой модели малоизученных регионов возникает ряд критичных неопределенностей ввиду отсутствия многих входных параметров. В результате построенная модель не дает полной картины строения углеводородных систем изучаемого региона и является весьма субъективной.

В данной работе приведен способ реализации технологии бассейнового моделирования с учетом анализа неопределенности входных параметров и оценке влияния каждой неопределенности на формирование залежей углеводородов. Показан способ калибровки модели на подтвержденные бурением объекты. Выбраны наиболее подходящие входные параметры, и подобрана наиболее корректная бассейновая модель, что позволило доказать наличие углеводородов и оценить риски.

При расчете неопределенностей основными вариативными параметрами были рассмотрены параметры резервуара (седиментологические фации) и нефтегазометеринских толщ (Сорг, водородный индекс НІ).

В первую очередь, основные результаты работы включают сравнение результатов метода с применением вероятностной оценки методом Монте-Карло при моделировании нефтегазоносных систем и метода с применением детерминистического подхода. Использование детерминистического подхода может как завысить, так и занижить значения углеводородонасыщения, в отличие от подхода, который использует распределение значений от минимально возможного до максимального с определенным стандартным квадратичным отклонением.

Важно отметить влияние на результат моделирования изменение параметров резервуаров и нефтематеринских пород. Фации влияют преимущественно на процесс миграции и аккумуляции углеводородов. В шельфовом бассейне Южной Америки велика вероятность накопления мощной толщи глубоководных глин, которые могут являться хорошей крышкой для улавливания углеводородов. В то же время свойства нефтегазоматеринских формаций весьма важны для определения количества залежей и углеводородов в них. Большое различие в насыщении при изменении Сорг и НІ, чем при изменении одного Сорг, соответственно, водородный индекс нефтематеринских пород имеет большее значение для получения насыщения в залежах. Тепловой поток также влияет на результат генерации углеводородов. Благодаря имеющимся скважинным данным можно исключить невозможные значения теплового потока, которые могли бы привести к неправильной интерпретации данных моделирования.

Список литературы:

1. *Hantschel T., Kauerauf A.I.*, Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling / Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
2. PetroRisk Guide.

ОПЫТ СИНХРОННОЙ ОБРАБОТКИ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ДАННЫХ РАЗВЕДОЧНОГО ДИАПАЗОНА В НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНОМ РЕГИОНЕ КИТАЯ

Лозовский И.Н. (н.с.); Варенцов Ив.М.
Центр геоэлектромагнитных исследований ИФЗ РАН
i.n.lozovsky@yandex.ru
(устный доклад)

Уровень культурных и промышленных шумов, искажающих магнитотеллурические (МТ) данные, увеличивается с каждым годом. С целью развития методики оценивания МТ данных, осложненных высокоинтенсивными помехами, была выполнена обработка массива зондирований (5 синхронных пунктов наблюдений), проведенных в нефтегазоперспективном регионе Китая, расположенном северо-западнее Пекина. В анализ были вовлечены синхронные записи геомагнитных обсерваторий сети INTERMAGNET (CYG, CHA, LZH, MAN) секундной дискретизации, расположенных на расстоянии до 1000 км от рядовых точек.

Обработка проводилась с применением двух программных комплексов: SSMT2000 (Phoenix Geophysics, Канада) и PRC_MTMV (ЦГЭМИ ИФЗ РАН, Россия) [1,2,3]. Для каждого пункта измерений в качестве удаленных наблюдений были использованы данные восьми других синхронных пунктов, включая геомагнитные обсерватории. Был изучен эффект от использования базовых станций, удаленных на различное расстояние от локального источника шумов.

По результатам мульти-RRMC оценивания в системе PRC_MTMV получены гладкие кривые импеданса (как минимум, до 3000 с) с малыми доверительными интервалами. При этом были существенно подавлены искажения кривых в области “мертвого” диапазона периодов 0.1-10 с (нарушения монотонности амплитуд импеданса и приближение к нулю их фаз). Результаты синхронной обработки указывают на необходимость обеспечения высокого качества записей локальной базовой станции при проведении полевых исследований, но оставляют возможность компенсации возникающих с ней проблем за счет данных геомагнитных обсерваторий. Отмечается важность работы геомагнитных обсерваторий в режиме секундной и, возможно, более высокочастотной дискретизации для проведения геологоразведочных зондирований.

Список литературы:

1. *Варенцов Ив.М.* Развитие программной системы PRC_MTMV многоточечной обработки данных синхронных МТ/МВ зондирований // Вопросы естествознания, 2016. №3 (11). С. 48-52.
2. *Варенцов Ив.М., Соколова Е.Ю., Мартанус Е.Р. и др.* Методика построения передаточных операторов ЭМ поля для массива синхронных зондирований BEAR // Физика Земли, 2003. №2. С. 30-61.
3. *Varentsov Iv.M.* Arrays of simultaneous EM soundings: design, data processing, analysis, and inversion / in book: EM sounding of the Earth's interior: theory, modeling, practice (Ed. V.V. Spichak). Elsevier, 2015. pp. 271-299.

ПРОЧНОСТЬ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ИЗГИБНЫХ НАГРУЖЕНИЯХ

Лучникова Алёна Олеговна

студент, Горный институт НИТУ «МИСиС»

aloynaechelon@gmail.com

(устный доклад)

Массив горных пород вокруг подземных выработок подвергается статическим и динамическим нагрузкам, приводящим к усталости, снижению прочности и разрушению, что обуславливает актуальность осуществления неразрушающей оценки прочности горных пород акустическими методами. В реальных условиях прочность пород может уменьшаться до разрушения в течение десятков лет, а прогноз необходимо делать за более короткое время за счет проведения ускоренных испытаний, предусматривающих циклические усталостные нагружения образцов горных пород. Кровлю подземной горной выработки можно рассматривать как балку, испытывающую изгибные нагрузки. Темой работы является исследование гипсосодержащих горных пород сложного минерального состава при изгибе в соответствии с [1] по трехточечной схеме нагружения и установление закономерностей проявления малоциклового усталости [2] во взаимосвязи с прочностью и акустическими свойствами – скоростями распространения продольных и поперечных упругих волн в образцах, а также добротностью.

В ходе выполнения работы были решены задачи по исследованию условий формирования различных режимов деформирования (упругое, упруго-пластичное и хрупкое) и прогноза времени жизни (циклической долговечности) образцов-балок при циклическом нагружении путем регистрации активности акустической эмиссии (ААЭ) непосредственно в ходе проведения экспериментов. Испытания проводились на образцах-балках гипсосодержащих пород Новомосковского месторождения. Образцы имели сложное двухфазное слоистое строение и включали области пятнистого гипса и доломита.

В результате проведения испытаний и дальнейшей обработки полученных данных были сделаны выводы, что механические наблюдения (напряжения и деформации) не могут с достаточной достоверностью выявить близость разрушения на ранних стадиях деградации геоматериала, но могут дать информацию об этом непосредственно перед разрушением.

Посредством регистрации акустической эмиссии для образцов были определены значения нагрузок, при которых горная порода переходит из упругого в пластическое состояние. Регистрация ААЭ позволила рассчитать количество циклов нагружения, которое необходимо для разрушения образца в режиме пластического деформирования.

До и после циклов нагружения определялись следующие кинематические характеристики: скорость продольной волны, скорости поперечных волн, поляризованных вдоль и поперек направления приложения нагрузки. Данные параметры по отдельности показали невысокую информативность при оценке близости разрушения, однако совместно с акустической добротностью, акустической эмиссией и деформационными наблюдениями они позволили получить достоверную оценку поведения образца на различных ступенях нагружения вплоть до его разрушения и возможность прогнозирования последнего.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 17-05-00570)

Список литературы

1. ГОСТ 30629-2011. Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний / М: Стандартинформ, 2012. - 29 с.
2. ГОСТ 23207-78. Сопротивление усталости. Основные термины определения и обозначения / М.: Изд. Стандартов, 1981. – 49 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ ПРИ ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКОМ ЗОНДИРОВАНИИ

Макеев Владислав Андреевич (учащийся)¹, *Жостков Р.А* (к.ф.-м.н., н.с.)²

¹ ГБОУ "Школа на Юго-Востоке имени маршала В. И. Чуйкова"

² Лаборатория фундаментальных проблем

экологической геофизики и вулканологии (703) ИФЗ РАН

shageraxcom@yandex.ru

(устный доклад)

Глобальное зондирование Земли с использованием контролируемых активных вибрационных источников представляет собой сложную и амбициозную задачу, требующую, помимо увеличения абсолютной мощности излучателей, повышения их относительной эффективности.

Известно [1], что около 70% энергии излучения сейсмических вибраторов излучается в виде поверхностных волн, что полезно для многих геофизических задач, особенно при инженерных исследованиях. Однако для глобального зондирования Земли это представляется нерациональным, поскольку в этом случае используются объемные волны.

Перспективной идеей выглядит перераспределение излучаемой сейсмическим вибратором энергии от поверхностных волн к объемным. Её реализация возможна с помощью применения сейсмических барьеров. Изначально подобные сооружения разрабатывались для ограждения важных объектов инфраструктуры для их защиты от разрушающего воздействия поверхностных волн, вызванных землетрясениями [2]. Однако экранирующий эффект можно использовать и противоположным способом – вместо того, чтобы не допустить проникновение поверхностных волн внутрь защищаемой зоны, можно ограничить ее излучение вне этой зоны сейсмическим вибратором, расположенным внутри нее, и таким образом, повысить эффективность сейсмических вибраторов.

В настоящем исследовании с помощью численного моделирования используя подход, предложенный в [3], исследованы различные конфигурации сейсмических барьеров при разных параметрах. Показано, что существуют конфигурации, реализуемые на практике, способные значительно повысить эффективность излучения объемных волн сейсмическими вибраторами за счет почти полного рассеяния поверхностных волн.

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 17-77-10162)

Список литературы:

1. Алексеев А.С., Геза Н.И., Еманов А.Ф., Кашун В.Н., Ковалевский В.В., Манштейн А.К., Михайленко Б.Г., Селезнев В.С., Сердюков С.В., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Соловьев В.М., Хайретдинов М.С., Чичинин И.С., Юшин В.И. Активная сейсмология с мощными вибрационными источниками. ИВМиМГ СО РАН, 2004. - 387 с.
2. Kuznetsov S.V. Seismic Waves and Seismic Barriers // Acoustical Physics, 2011. V. 57, № 3. pp. 420-426.
3. Жостков Р.А. Совершенствование некоторых методов сейсморазведки с помощью данных о рассеянии волн Рэлея на рельефе // Известия Российской академии наук. Серия физическая, 2018. Т.82. № 11. С. 1555–1559.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОВОЛНОВОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

*Малыгин Иван Вячеславович (инж.), Алешин И.М.
Лаборатория геоинформатики (501)
ИФЗ РАН
malygin.iv@gmail.com
(устный доклад)*

Представлен метод интерпретации данных, полученных при радиоволновом просвечивании межскважинного пространства [1]. При измерениях источник электромагнитного излучения (электрический диполь) размещается в одной из скважин, а приёмник — в одной из соседних. Зная расстояния между источником и приёмником по величине затухания можно оценить коэффициент поглощения волны. Породы, обладающие более низким сопротивлением, характеризуются более высоким поглощением радиоволн, поэтому данные измерения дают возможность оценить распределение эффективного электрического сопротивления. Как правило, для измерения используется достаточно большое количество скважин, покрывающих большую площадь. Наша цель состоит в построении трехмерной модели распределения электрических свойств межскважинного пространства на всём участке.

Особенность задачи состоит в том, что данные наблюдений группируются вдоль линейных объектов (скважин), причём расстояния между соседними точками, лежащими на объекте, много меньше расстояния между объектами. Это приводит к значительной пространственной неоднородности в распределении данных, которую трудно учесть, используя стандартные методы геостатистики [2]. Нами показано, что задача может быть решена методами, развитыми в теории машинного обучения. Для построения трёхмерной модели коэффициента затухания нами был использован метод ближайших соседей.

Список литературы:

1. Кеворкянц С.С., Абрамов В.Ю., Ковалев Ю.Д. Скважинный радиоволновой комплекс при поисках кимберлитовых трубок в Западной Якутии // Геофизика, 2005. №3. С. 56–64.
2. Aleshin I.M., Zhandalinov V.M., Application of interpolation procedures for presentation of data electromagnetic wave lightning // Russian Journal of Earth Sciences, 2009. №11:1. pp.1-4.

АНАЛИЗ СКОРОСТЕЙ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ С УЧЕТОМ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА

Маневич Александр Ильич (н.с.¹, асп.²)

¹ Лаборатория геодинамики, Геофизический центр РАН

² кафедра «Безопасность и экология горного производства», Горный институт НИТУ «МИСиС»
ai.manevich@yandex.ru

(устный доклад)

При оценке геодинамического состояния различных по степени тектонической активности районов необходима корректная оценка деформаций земной коры. Один из методов исследования деструкции земной коры – это постановка наблюдений глобальными навигационными спутниковыми системами (ГНСС). Использование ГНСС наблюдений за современными движениями земной коры, позволяет собирать наиболее достоверные данные на разных масштабных уровнях (локальном или региональном). Анализ данных о деформациях земной поверхности позволяет получать фундаментальные знания о геодинамическом режиме исследуемого региона или локальной области, а также оценивать инженерное состояние природно-технических систем.

Цель настоящей работы – разработка и апробация методики анализа скоростей деформации земной поверхности с учетом масштабного эффекта для локальных геодинамических полигонов. Решались следующие задачи: создание каталога данных скоростей деформации; выполнение анализа деформаций с учетом их пространственной масштабируемости; оценка перспектив применения полученных результатов. Был исследован эффект уменьшения скоростей деформаций и их производных с увеличением дистанции между пунктами наблюдений.

В работе представлена процедура расчетов, приведены полученные распределения и регрессионные зависимости скоростей деформаций. По выявленным обобщенным зависимостям можно априорно оценивать деформационный режим на геодинамическом полигоне (либо уточнять степень тектонической активности, либо прогнозировать аномально возможные деформации).

Оценки распределения деформаций для конкретных интервалов дистанций между пунктами наблюдений позволяют рассчитать количество (в процентах) скоростей деформаций в определенном интервале их значений. Это позволяет судить о том, какие из скоростей деформаций являются аномальными, а какие характерными для исследуемого района.

Список литературы:

1. Татаринов В.Н., Бугаев Е.Г., Татаринова Т.А. К оценке деформаций земной поверхности по данным спутниковых наблюдений // Горный журнал, 2015. №10. С. 27-32. DOI: 10.17580/gzh.2015.10.05.
2. Гусева Т.В., Мишин А.В., Сковородкин Ю.П. Современные движения на разных масштабных уровнях // Физика Земли, 1996. № 12. С. 86-91.
3. Кочарян Г.Г. Масштабный эффект в сейсмотектонике // Геодинамика и тектонофизика, 2014. Т. 5(2). С.353–385. DOI: 10.5800/GT-2014-5-2-0133.
4. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика опасных разломов // Физика Земли, 2016. №5. С. 87-101.

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТАМОРФИЗМА ОТ ТЕКТОНИЧЕСКОГО СТРЕССА

Матвеев Максим Алексеевич (н.с.), Кулаковский А.Л., Морозов Ю.А., Смутьская А.И.
Лаборатория тектоники и геодинамики (103)

ИФЗ РАН
mta@ifz.ru
(устный доклад)

В рамках исследования проблем, связанных с влиянием стресса на вещественные преобразования горных пород (в т.ч. - в зонах разломов) и РТ-параметры метаморфизма, был проведен анализ термодинамических параметров метаморфизма (с помощью двух геотермобарометров GBRQ и TWQ) для 154 образцов метатерригенных кварцсодержащих пород ладожской свиты основных зон метаморфизма Северного Приладожья (зоны Stv, Sil-1 и Sil-2 по классификации Великославинского) [1], а также для тектонической (шовной) зоны Мейери, разграничивающей карельский и свекофеннский геоблоки.

В ходе анализов были статистически выявлены две самостоятельных совокупности пиковых значений температуры и давления. В одном случае, это термодинамические параметры, характерные для амфиболитовой и гранулитовой фаций регионального метаморфизма с давлением, не превышающим 6,5 кбар. Тогда как в другом случае, это более высокobarные образования (больше 6,5 кбар), имеющие тектоническую природу, и приуроченные, к зонам разломов. К породам второй группы относятся две разновидности тектонитов – "роговики" и бластокатаклазиты, причем первые характеризуются более высокими РТ-параметрами и отличаются по минеральному составу как от продуктов регионального метаморфизма, так и от бластокатаклазитов. Все эти тектониты относятся к двум разным эпизодам стресс-метаморфизма, где возраст бластокатаклаза определен, как постскладчатый [2].

Распределение пиковых значений температуры и давления в Северном Приладожье было соотнесено с зонами метаморфизма на схеме Д.А. Великославинского [1]; было проведено также и сравнение РТ-параметров регионального метаморфизма и стресс-метаморфизма. Распределение пиковых температур как продуктов регионального метаморфизма, так и стресс-метаморфизма (это утверждение спорно, так как мало статистических данных), свидетельствует о постепенном возрастании значений температуры с севера на юг, однако это не свойственно для пиковых значений давления. Отмечается существенная «неоднородность» значений пиковых температур и давлений по площади как при региональном метаморфизме, так и при стресс-метаморфизме. «Неоднородность» распределения пиковых значений температуры и давления стресс-метаморфизма более ярко проявлена в разломной зоне Мейери.

Подобный характер изменения РТ-параметров не может быть объяснен в рамках традиционных представлений о сопряженном (синхронном) росте температуры и давления, связанным с погружением пород на глубину. По всей видимости, особенности вариаций значений давления (как регионального метаморфизма, так и стресс-метаморфизма) определяются вариациями тектонического стресса.

Список литературы:

1. *Великославинский Д.С.* Метаморфические зоны в Северном Приладожье и оценка температур метаморфизма кианитового и андалузитового типов регионального метаморфизма / Метаморфические пояса СССР. Л.: Наука, 1971. С. 61-70.
2. *Кулаковский А.Л., Морозов Ю.А., Смутьская А.И.* Тектонический стресс как дополнительный термодинамический фактор метаморфизма // Геофизические исследования, 2015. Т.16. № 1. С. 44-68.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ В ПОРОУПРУГОЙ СРЕДЕ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Меретин Алексей Сергеевич (асп.)¹, Савенков Е.Б.²,
¹Московский физико-технический институт (НИУ МФТИ);
²Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН,
meretin.as@cet-mipt.ru
(устный доклад)

Одним из перспективных способов разработки нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами является термическое воздействие на пласт. Данная технология заключается в закачке теплоносителя в пласт, что сопровождается изменением свойств пластового флюида и фильтрационно-емкостных свойств пласта. При этом, под воздействием больших поровых давлений и температуры наблюдаются значительные деформации породы, а также может иметь место разрушение пласта. Учет данных эффектов необходим для корректного моделирования процесса.

На данный момент существует ряд математических моделей, позволяющих учитывать разрушение среды, однако некоторые из них не являются термодинамически согласованными [1, 2], а в других отсутствуют примеры численных расчетов прикладного характера [3].

В настоящей работе приводится термодинамически согласованная модель и вычислительный алгоритм для описания процесса разрушения в термopоупругой среде. Модель основана на трехмерной модели Био, система уравнений включает в себя законы сохранения массы, импульса и энергии. Для замыкания системы уравнений используются определяющие соотношения, полученные с использованием процедуры Колмана-Нолла. Определяющие соотношения удовлетворяют принципу термодинамической согласованности за счет выполнения энтропийного неравенства. Разрушение моделировалось с использованием подхода континуальной механики разрушения [4, 5].

Разработанная математическая модель реализована в виде программного модуля. Для решения системы уравнений используется вычислительный алгоритм, основанный на методе конечных элементов. Дискретизация уравнений по пространству проводилась тетраэдральными элементами Тейлора-Худа, которые обеспечивают устойчивость решения для задач порoупругости. Для дискретизации по времени использовалась полностью неявная схема.

В работе приведен ряд валидационных расчетов на стандартных тестах (Манделя, Терцаги, неизотермическое растяжение стержня), а также проведен анализ решений для набора синтетических моделей, которые позволяют оценить влияние различных эффектов, возникающих при термическом воздействии на нефтяной пласт.

Список литературы:

1. *Murakami S., Ohno N.* A continuum theory of creep and creep damage /Creep in structures. Springer Berlin Heidelberg, 1981. С. 422-444.
2. *Lemaitre J., Krajcinovic D. (ed.).* Continuum damage mechanics: theory and applications / Springer, 1987.
3. *Кондауров В. И.* Механика и термодинамика насыщенной пористой среды / М.: МФТИ, 2007.
4. *Качанов Л.М.* О времени разрушения в условиях ползучести // Изв. АН СССР. ОТН, 1958. №8
5. *Работнов Ю.Н.* Механизм длительного разрушения // Вопросы прочности материалов и конструкций, 1959. С. 5–7.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАТУХАНИЯ КОМПОНЕНТ ТЕНЗОРА НАПРЯЖЕНИЙ ВДАЛИ ОТ ТРЕЩИН СДВИГА В НАХОДЯЩЕЙСЯ В ЗАКРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ГЕОСРЕДЕ МЕТОДОМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Мяжков Дмитрий Сергеевич

н.с., Лаборатория фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики (204)

ИФЗ РАН

dsm@ifz.ru

(устный доклад)

Наличие разрывных нарушений различных масштабных уровней является характерным свойством геосреды. Изучение проблематики формирования напряжённо-деформированного состояния в трещиноватой среде находит большую практическую применимость во многих современных методиках добычи полезных ископаемых, например в методе ГРП. Изучение напряжённого состояния вблизи активизирующихся разломов принципиально для тектонофизических исследований. Т.к. экспериментальные данные имеют некоторые ограничения, связанные с размерами образцов и глубинами их изъятия, принципиально важным является построения корректных математических моделей.

Целью данного исследования является создание модели формирования напряжённого состояния в области активизации трещины сдвига, при этом модель максимально адаптирована к реальной геосреде. Основное внимание обращено на вопрос о скорости затухания компонент тензора напряжений вдали от трещины в среде, которая находится, либо близка к закритическому состоянию.

В работе представлены результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) близ активной трещины в среде, находящейся в закритическом состоянии. Показана принципиально различающаяся картина затухания параметров НДС при удалении от трещины для данного случая и случая, когда среда изначально не находится в закритическом состоянии, а лишь формирует зоны пластичности близ концевых участков трещины. Результаты моделирования сопоставляются с аналитическими решениями (например, [1]).

Для численного расчёта применялась явная конечно-разностная схема, разработанная Уилкинсом для исследования упруго-пластических тел и усовершенствованная Стефановым [3] для применения в геомеханике. Тела модели рассматриваются как упругопластические. В отличие от классического подхода Уилкинса, в данном подходе берётся более сложная и подходящая для геосреды модифицированная модель Друккера-Прагера-Николаевского [1, 2]. В её рамках среда рассматривается как упрочняющееся упругопластическое тело, используется неассоциированный закон пластического течения.

Список литературы:

1. *Ребецкий Ю.Л. Лермонтова А.С.* Аналитическое решение задачи для совокупности трещин сдвига с кулоновым трением // Доклады РАН, 2010. Т.435. № 6. С. 821-825.
2. *Друккер Д., Прагер В.* Механика грунтов и пластический анализ или предельное проектирование / Механика. Новое в зарубежной науке. Вып. 2. Определяющие законы механики грунтов. М.: Мир, 1975. С. 166–177.
3. *Николаевский В.Н.* Механические свойства грунтов и теория пластичности / Механика твердых деформируемых тел. Т. 6. Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ АН СССР. 1972. С. 5–85.
4. *Стефанов Ю.П.* Некоторые особенности численного моделирования поведения упруго-хрупкопластичных материалов // Физическая мезомеханика, 2005. Т.8. № 3. С. 129–142.

БАЗА ДАННЫХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОЦЕНОК СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ КАВКАЗ-КРЫМ И АЛТАЙ-САЯНЫ-ПРИБАЙКАЛЬЕ

Николова Юлия Игоревна¹, Соловьев А.А.^{1,2}

¹ *Геофизический центр РАН,*

² *Лаборатория геоинформатики (501) ИФЗ РАН;*

j.zharkikh@gcras.ru

(устный доклад)

В докладе представлены результаты работы по созданию специализированной базы данных по оценке сейсмической опасности для регионов Кавказ-Крым [1], а также Алтай-Саяны-Байкал [2,3]. Основной задачей работы стало объединение данных различных типов, полученных в результате исследования указанных регионов, и разработка инструментов для их комплексного анализа в единой унифицированной ГИС-среде. Собраны и переведены в формат, поддерживаемый современными ГИС, множество точечных линейных и растровых данных. База включает в себя множество тематических слоев, представляющих интерес для сейсмологов.

Интегрированные инструменты позволяют исследователю оценивать степень сейсмической опасности по различным критериям в интересующих регионах. Функционал реализованной ГИС обладает широкими возможностями для интерпретации результатов и оценки рисков. Система имеет огромный потенциал как для добавления новых инструментов анализа, так и для расширения на другие сейсмоопасные территории.

В качестве ГИС-среды использовалась мощная, современная система ArcGIS. Реализация дополнительных инструментов геообработки выполнена на языке Python 2.7.

Список литературы:

1. *Соловьев Ан.А., Соловьев Ал.А., Гвишиани А.Д., Николов Б.П., Николова Ю.И.* ГИС-ориентированная база данных по оценке сейсмической опасности для регионов Кавказа и Крыма // Исследование Земли из космоса, 2018. № 5. С. 52-64. DOI: 10.31857/S020596140003241-6
2. *Горшков А.И., Соловьев А.А., Жарких Ю.И.* Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений в регионе Алтай-Саяны-Прибайкалье // Доклады академии наук, 2018. Т.479. № 3. С. 333-335. DOI: 10.7868/S0869565218090219
3. *Kossobokov V.G., Nekrasova A.K.* Earthquake hazard and risk assessment based on unified scaling law for earthquakes: Altai–Sayan Region // Natural Hazards: Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, 2018. V. 93(3). pp.1435-1449. DOI: 0.1007/s11069-018-3359-z

БЕСТРИГГЕРНЫЕ СУББУРИ И ГЕОМАГНИТНЫЕ ПУЛЬСАЦИИ УНЧ ДИАПАЗОНА В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

Носикова Наталья Сергеевна (вед. инж.), Ягова Н.В., Пилипенко В.А.
Лаборатория физики околоземного пространства (402)
ИФЗ РАН
natanosik@yandex.ru
(устный доклад)

Магнитосферные суббури привлекают внимание ученых уже более полувека, однако до сих пор остается ряд вопросов, ответы на которые не получены. К их числу относится вопрос о физических механизмах развития суббурь без явного триггера в солнечном ветре. В работе [1] показано, что в полярной шапке и вблизи полярной границы аврорального овала перед бестриггерной суббурей наблюдается увеличение амплитуд геомагнитных колебаний и колебаний авроральной светимости в УНЧ диапазоне, по сравнению с невозмущенными днями. Такое увеличение может свидетельствовать о наличии колебаний в солнечном ветре и параметрах межпланетного магнитного поля, которые не представляют интерес при наличии явного триггера. Второй возможный вариант - развитие неустойчивости в хвосте магнитосферы.

В данной работе анализируются флуктуации магнитного поля и параметров ионосферной и магнитосферной плазмы за несколько часов перед бестриггерной изолированной суббурей, развивающейся на фоне невозмущенных параметров солнечного ветра и межпланетного магнитного поля с низким уровнем колебаний УНЧ диапазона, по данным наземных магнитометров, радара EISCAT, расположенного на Шпицбергене, а также магнитосферных спутников. Обсуждается вопрос о передаче энергии в системе «частица - волна» и их роль в развитии суббури.

Список литературы:

1. *Yagova N., Nosikova N., Baddeley L., Kozyreva O., Lorentzen D., Pilipenko V., Johnsen M.N.A.* Non-triggered auroral substorms and long-period (1 - 4 mHz) geomagnetic and auroral luminosity pulsations in the polar cap// *Ann. Geophys.*, 2017. V. 35. pp. 365-376.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СКОРОСТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА ОБРАТИМОЙ ВОЛНЫ

Нумалов Артем Сергеевич

*асп., инж., Лаборатория фундаментальных проблем
экологической геофизики и вулканологии (703) ИФЗ РАН
nartems@bk.ru*

(устный доклад)

В задачах расчёта гипоцентров землетрясений и исследования глубинного строения среды для выявления различных аномальных структур требуется уточнённая информация о скоростных характеристиках среды.

В данной работе для восстановления поля скоростей волн применялся метод «обратимой волны», разработанный Л.Б. Славиной и Н.Б. Пивоваровой [1]. Метод основывается на принципе обратимости волновых полей: время распространения от источника до приёмника равно времени распространения от приёмника к источнику (в данном случае от станции к гипоцентру землетрясения).

Использовался уточнённый алгоритм инверсии данных о временах пробега. Данные, необходимые для проведения расчёта: координаты гипоцентров землетрясений и времена первых вступлений волн землетрясений на станциях [2]. Скорость рассчитывалась для области вблизи каждого гипоцентра, удовлетворяющего условиям алгоритма. Используемый метод имеет ограничения для ограничения скорости (требуется наличие достаточного количества землетрясений), но при этом обладает большей детальностью и достоверностью полученных данных вблизи гипоцентров.

Первым этапом было проведено восстановление скоростных характеристик смоделированной среды при использовании реальных гипоцентров землетрясений Азербайджана. Затем сравнивались восстановленного и модельного поля скоростей, и проводились расчёты по реальным данным гипоцентров землетрясений и временам их первых вступлений. В результате получены скоростные разрезы на территории Азербайджана, выполнен их анализ и сравнение.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-35-00541), а также по гранту Президента Российской Федерации для поддержки научных школ (№ НШ-5545.2018.5)

Список литературы:

1. Славина Л.Б., Пивоварова Н.Б. Динамика поля скоростей сейсмических волн в периоды сейсмической и вулканической активизации на Камчатке / М.: ИФЗ РАН, 2009. - 80 с
2. Лиходеев Д.В., Преснов Д.А., Славина Л.Б. Восстановление трёхмерного строения среды по данным о временах пробега объёмных волн от внутренних источников / Труды школы-семинара «Волны-2018», 2018. С. 32–33.

ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ И ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Орлова Ирина Петровна (асп.)¹, Капустян Н.К.¹, Антоновская Г.Н.², Осика В.И.¹

¹ ИФЗ РАН; ² ФГБУН ФИЦКИА РАН

i.p.kachan@gmail.com

(устный доклад)

Надежность и безопасность функционирования антропогенных объектов определяется величинами деформаций (креном, сжатием/растяжением, сдвигом) и напряжений в несущих конструкциях, но, прежде всего, устойчивостью основания, на котором они покоятся. Проектные расчёты строящихся сооружений - необходимое, но недостаточное условие их безопасной эксплуатации, так как здания и сооружения находятся в динамическом взаимодействии с окружающей естественной и искусственной средой [1]. Например, изменение естественного баланса подземных вод приводит к изменению напряжённо-деформированного состояния (НДС) грунтового массива и уплотнению грунтов в пределах депрессионных воронок. Поэтому при наличии явлений, которые могут повлиять на существующие строения, а также неизвестных и малоизученных факторов, необходим мониторинг деформаций, благодаря которому возможно выявить, каким именно воздействиям подвергаются сооружения.

Для изучения состояния антропогенных объектов, включая конструкции и грунты основания, используются различные геофизические методы: радиолокационный, электромеханический, электродинамического зондирования, вибрационной диагностики и ряд сейсмических методов [2]. Представлены результаты деформационного мониторинга НДС сооружений в центральном регионе России при проведении масштабных строительных работ на территории объекта. Для контроля линейных деформаций и деформаций сдвига конструкций использовались деформометры сжатия-растяжения, а также наклонометры для контроля углов наклона [3]. Показано, что в этом случае принципиально возможно предупреждение аварийных ситуаций, которые могут возникнуть при превышении допустимых деформаций для данного сооружения.

Для грунтов основания представлены результаты исследования земляного полотна железнодорожного пути Северной железной дороги в районе со сложными инженерно-геологическими условиями. Анализировалась возможность выявления при сейсмометрических наблюдениях изменений среды при воздействиях, оказываемых на нее при движении поездов на благоприятных и неблагоприятных участках пути. Показана принципиальная возможность проведения сейсмического мониторинга состояния полотна железнодорожного пути с целью выявления потенциально опасных участков на ранней стадии их возникновения.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 17-20-02119)

Список литературы:

1. Пашкин Е.М., Багмет А.Л., Осика В.И., Новак Ю.В., А.А.Сухов. Мониторинг деформаций как основа безопасной эксплуатации зданий и сооружений // Инженерная геология, 2008. №3. С. 40-50.
2. Капустян Н.К., Юдахин Ф.Н. Сейсмические исследования техногенных воздействий на земную кору и их последствий. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 416 с.
3. Галаганов О.Н., Гусева Т.В., Крупенникова И.С., Мокрова А.Н., Осика В.И., Передерин В.П., Розенберг Н.К. Деформационный мониторинг как индикатор техногенного влияния на геолого-экологическую среду // Мониторинг. Наука и технологии, 2015. № 2. С.15-24

СУЩЕСТВОВАЛ ЛИ ТРАНСДОКЕМБРИЙСКИЙ МЕГАКОНТИНЕНТ? ТЕСТИРОВАНИЕ ГИПОТЕЗЫ НА ОСНОВАНИИ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ

Пасенко Александр Михайлович

н.с., Лаборатория главного геомагнитного поля и петромагнетизма (105)

ИФЗ РАН

pasenkoal@ya.ru

(устный доклад)

Протерозойские суперконтинентальные реконструкции играют решающую роль при изучении эволюции земной коры. Однако несмотря на то, что за последние годы количество информации о них существенно увеличилось, множество вопросов все еще остаются без ответов. Так, до сих пор достоверно не известны точные конфигурации протерозойских суперконтинентов Родиния и Колумбия [1].

Ядром Колумбии и, впоследствии, Родинии являлся кратон Лаврентия, вокруг которого и происходило формирование этих суперконтинентов. Однако, по имеющимся обрывочным данным сложилось мнение, что с момента формирования Колумбии по момент распада Родинии существовал единый мегаконтинент в состав которого входили Сибирская платформа, Лаврентия и Балтика [2]. Большинство работ последних лет показывали, что в составе этого мегаконтинента Сибирь была обращена своим южным краем к северному побережью Лаврентии [3].

Палеомагнитные данные являются мощным инструментом, позволяющим дать количественную оценку дрейфа древних кратонов и протестировать уже имеющиеся построения, или предложить новые варианты суперконтинентальных реконструкций. Основным инструментом палеомагнетизма, позволяющим оценить кинематику (скорость, траекторию дрейфа) древних кратонов является анализ траектории кажущейся миграции полюса (ТКМП). На настоящий момент мезо-неопротерозойский участок ТКМП Сибири очерчен лишь фрагментарно (см. обзор в [4,5]), в то время, как для достоверной оценки ТКМП полюса необходимо наращивать количество новых качественных палеомагнитных полюсов на всех участках возрастной шкалы протерозоя.

В данном докладе будут представлены новые палеотектонические и суперконтинентальные реконструкции Лаврентии, Балтики и Сибири, тестирующие гипотезу о существовании единого трансдокембрийского суперконтинента. При построении реконструкций применены как палеомагнитные данные, полученные предшественниками, так и новые результаты палеомагнитных исследований мезопротерозойских пород севера Сибирской платформы, полученные автором в течение последних трех лет.

Список литературы:

1. *Evans D.A.* Reconstructing pre-Pangean supercontinents // *Bull. Geol. Soc. Am*, 2013. V.125. № 11–12. pp. 1735–1751.
2. *Condie K.C.* Breakup of a Paleoproterozoic Supercontinent // *Gondwana Research*, 2002. V.5, № 1. pp. 41–43.
3. *Metelkin D.V., Vernikovskiy V.A., Kazansky A.Y.* Neoproterozoic evolution of Rodinia: constraints from new paleomagnetic data on the western margin of the Siberian craton // *Russ. Geol. Geophys.*, 2007. V.48. № 1. pp. 32–45.
4. *Evans D.A., Veselovsky R.V., Petrov P.Yu., Shatsillo A.V., Pavlov V.E.* Paleomagnetism of Mesoproterozoic margins of the Anabar Shield: A hypothesized billion-year partnership of Siberia and northern Laurentia // *Precambrian Res.*, 2016. V.281. pp.639–655.
5. *Павлов В.Э., Шаццлло А.В., Петров П.Ю.* Палеомагнетизм верхнерифейских отложений Туруханского и Оленекского поднятий и Удинского присаянья. Дрейф Сибирской платформы в неопротерозое // *Физика Земли*, 2015. № 5. С. 107–139.

МОДИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ГЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО ФЕРРОЗОНДОВОГО МАГНИТОМЕТРА FGE

Передерин Фёдор Викторович (н.с., асп.)¹, *Алешин И.М.*^{1,2}, *Иванов С.Д.*¹, *Холодков К.И.*¹

¹ *Лаборатория геоинформатики (501) ИФЗ РАН*

² *Геофизический центр РАН*

crash@ifz.ru

(устный доклад)

Данные стационарных наблюдений геомагнитного поля являются одним из базовых источников информации о процессах внутри Земли и позволяют получить информацию, которая служит основой для изучения процессов в ядре Земли, а также в атмосфере и магнитосфере [1].

В настоящее время проявляется тенденция увеличения частоты регистрации геомагнитного поля. Если недавно стандартной частотой являлась 1 минута, то сейчас 1 секунда [2, 3]. Поэтому возрастают требования к точности фиксации времени измерений. Существующие схемы измерений обеспечивают точность определения времени в 10^{-4} секунд, что приближается к пределу точности при регистрации с требуемой частотой оцифровки. Хотя в существующих системах используется GPS, который обеспечивает точность не менее 10^{-6} секунд. Загрубление точности определения времени связано с неудачным выбором комплектующих, с помощью которых реализована регистрация геомагнитных данных вариометров. Главный недостаток связан с тем, что в АЦП регистратора не реализована возможность внешней временной синхронизации, поэтому для повышения точности полностью изменены компоненты регистрирующей системы. В качестве АЦП использовался регистратор СЕЙСАР-5, который позволяет проводить внешнюю синхронизацию измерений и снимает проблему ухудшения точности регистрации вариаций геомагнитного поля.

Работа выполнена в рамках госзадания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. *Гвишиани А.Д., Соловьёв А.А., Сидоров Р.В., Краснощёков Р.И., Груднев А.А., Кудин Д.В., Карапетян Д.К., Симонян А.О.* Успехи организации геомагнитного мониторинга в России и ближнем зарубежье // Вестник ОНЗ РАН. 2018. Т. 10, С. NZ4001.
2. *Алешин И.М., Гетманов В.Г., Груднев А.А., Добровольский М.Н., Иванов С.Д., Корягин В.Н., Красноперов Р.И., Кудин Д.В., Передерин Ф.В., Соловьёв А.А., Холодков К.И.* Компактное энергоэффективное устройство сбора и оперативной передачи геомагнитных данных // Научное приборостроение, 2018. Т. 28. №3. С. 5–13.
3. *Передерин Ф.В., Алешин И.М., Холодков К.И., Бургучев С.С., Соловьёв А.А.* Программная реализация удалённого управления процессами регистрации и оперативной передачи геомагнитных измерений // Сейсмические приборы, 2016. Т. 52. №4. С. 76–82.
4. *Матвеев И.В., Матвеева И.В.* Портативный сейсмический регистратор «Сейсар-5» с очень низким энергопотреблением для автономной работы в сложных климатических условиях // Наука и технологические разработки, 2017. Т. 96. № 3. С. 33–40.

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Полунина Полина Алексеевна (асп.)¹, Шапиро Н.М.^{1,2}

¹ Лаборатория комплексного изучения и мониторинга геодинамических процессов в Курило-Камчатской зоне субдукции (107) ИФЗ РАН

*² Institut de Physique du Globe de Paris, Sorbonne Paris Cité, CNRS
polina.polunina@skolkovotech.ru*

(устный доклад)

Обработка и анализ сейсмических данных с сенсоров, расположенных вблизи вулканов, представляет собой актуальную задачу геофизических исследований. Подобные данные отражают вулканическую активность, происходящую на глубине, и являются ключом к пониманию взаимосвязей между этой активностью и готовящимися извержениями.

Существующие методы детектирования вулканических событий основаны, в основном, на применении шаблонов сигналов из заранее собранных каталогов (напр., [1, 2]). Этот метод имеет существенные недостатки, связанные с неполнотой каталогов и темпоральной изменчивостью паттернов сигналов. Мы разработали метод для автоматического детектирования и классификации вулканических событий, основанный на последовательном применении серии методов машинного обучения. На первом шаге детектируются землетрясения с помощью алгоритма STA/LTA [3]. На втором шаге применяется метод, базирующийся на расчете матриц подобия и кластеризации сигналов алгоритмом DBSCAN [4], что позволяет получить разметку для собранных данных.

Метод был применен к анализу сейсмограмм вулкана Шивелуч (п-ов Камчатка), записанных в течение первого полугодия 2009 г. За этот период мы обнаружили около 25 тысяч землетрясений, что значительно превышает размер данных мануального анализа. Для их классификации применялась полносвязная архитектура конволюционной нейронной сети [5], которая принимает на вход непосредственно трехкомпонентные сейсмограммы и на выходе размечает сейсмические события по заданным типам.

На основе разработанного метода нами предложен трехшаговый алгоритм для внедрения системы стандартизированной отчетности, которая после периода тестирования может быть применена для решения ежедневных задач Камчатского филиала ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН».

Работа выполнена при финансовой поддержке Мегагранта Минобрнауки России № 14.W03.31.0033

Список литературы:

1. *Shapiro N. et al.* Deep and shallow long-period volcanic seismicity linked by fluid-pressure transfer // *Nature Geoscience*, 2017. V.10. pp. 442-445
2. *Maggi et al.* Implementation of a Multistation Approach for Automated Event Classification at Piton de la Fournaise Volcano // *Seismological Research Letters*, 2017. V.88(3). pp. 878-891
3. *Trnkoczy* Understanding & setting sta/lta trigger algorithm parameters for the K2 // *Tech. rep., Application Note #41*. Kinematics Inc., 1998.
4. *Ester et al.* A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise // *Proceedings of the 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, Portland. OR. AAAI Press, 1996. pp. 226 – 231
5. *Shelhamer et al.* Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2017. V.39, Iss.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ТОРОНА В КОНВЕКТИВНОМ АТМОСФЕРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ С РАСШИРЕННЫМ СПЕКТРОМ ЗНАЧЕНИЙ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПАРАМЕТРОВ

*Прохорчук Александр Андреевич, Галиченко С.В., Анисимов С.В.
м.н.с., Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН
alexprok@borok.yar.ru
(устный доклад)*

Атмосферный пограничный слой (АПС), рассматриваемый как нижний участок глобальной электрической цепи (ГЭЦ), вносит существенный вклад в интегральные характеристики ГЭЦ и характеризуется сложной совокупностью процессов, которые формируют систему атмосферных электрических токов. Моделирование турбулентного переноса радиоактивных и электрически заряженных атмосферных составляющих с использованием метода транспортируемой функции плотности вероятности позволяет количественно оценивать отклик электрических переменных на изменения термодинамического состояния и турбулентного режима АПС [1].

Высотные профили статистических и энергетических параметров турбулентности вблизи земной поверхности приобретают зависимость от локального числа Рейнольдса, и корреляционная связь между продольными и вертикальными флуктуациями скорости становится сильной. В связи с этим становится необоснованным применение лагранжевой стохастической модели (ЛСМ) турбулентного переноса, использующей обобщенное уравнение Ланжевена для компонент скорости. Расширение ЛСМ в область пристеночного течения достигается через повышение порядка системы уравнений, описывающих совместную эволюцию компонент координат, скоростей и ускорений, а также концентраций и локальной скорости диссипации турбулентной кинетической энергии (ТКЭ) [2, 3].

В работе оценивается влияние перемежаемости скорости диссипации ТКЭ на эффективность турбулентного транспорта вблизи земной поверхности. Рассчитаны высотные профили объемной активности торона в АПС с развитой конвекцией.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-00233).

Список литературы:

1. *Anisimov S.V., Galichenko S.V., Aphinogenov K.V., Prokhorchuk A.A.* Evaluation of the atmospheric boundary-layer electrical variability // *Boundary-Layer Meteorology*, 2018. V.167. № 2. pp. 327–348.
2. *Reynolds A.M.* Stochastic simulation of Lagrangian trajectories in near-wall turbulence // *Physics of fluids*, 2006. V.18. №7. pp. 075107-1-8.
3. *Burgener T.* Particle dispersion in homogeneous isotropic turbulence. Zurich: ETH Zurich, 2012. - 138 С.

ПАЛЕОСЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЮЖНОГО БОРТА КАНДАЛАКШСКОГО ГРАБЕНА

Разумный Сергей Дмитриевич (инж.¹, студ.²), Горбатов Е.С.¹, Стрельников А.А.¹

¹ *Лаборатория палеосейсмологии и палеогеодинамики (304) ИФЗ РАН*

² *Географический факультет МГУ имени Ломоносова*

razumnyi.sergey@yandex.ru

(устный доклад)

Проведены комплексные палеосейсмологические исследования Карельского берега Белого моря, в ходе которых в районе пос. Чула установлена группа трех сближенных ареалов развития форм сейсмической моделировки рельефа общей протяженностью более 14 км. Палеосейсмодислокации представляют собой тектонические рвы без признаков ледниковой обработки бортов, широко раскрытые трещины, массовые смещения блоков, в том числе против уклона, каменные хаосы и сейсмообвалы. Морфологические особенности, размеры и характер, и распространения сейсмодислокаций позволили оценить возраст палеоземлетрясения. Смещения крупных блоков горных пород имеют ограниченное развитие в субаквальных обстановках. Этот тип форм сейсмической моделировки рельефа зафиксирован в массовом проявлении на высотах более 80 м, что соответствует положению суши 9.5 тыс. лет назад. Дифференциация субаэральных и субаквальных сейсмодислокаций дают возможность выявить очаг землетрясения, находящийся в известном тектоническом разломе – Чупинской губе. По шкале ESI-2007 была определена интенсивность древнего землетрясения и построены карты-схемы изосейст. Минимальная магнитуда палеосейсмического события оценивалась по модифицированной методике анализа уравнения макросейсмического поля и составила 5.7 при глубине очага 5.2 км.

Полученные результаты с учетом ранее собранных палеосейсмологических данных по микрограбену пролива Великая Салма свидетельствуют о возникновении голоценовых землетрясений с эпицентральной интенсивностью до VIII баллов в оперяющих разломах Кандалакшского грабена.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №18-35-00296)

Список литературы:

1. Горбатов Е.С., Сорокин А.А., Мараханов А.В., Ларьков А.С. Результаты детальных палеосейсмологических исследований в районе п-ова Киндо (Карельский берег Белого моря) // Вопросы инженерной сейсмологии, 2017. Т. 44. № 3. С. 5–24.
2. Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С., Толстоброва А.Н. Восстановление относительного положения уровня Белого моря в позднеледниковье и голоцене по данным литологического, диатомового анализов и радиоуглеродного датирования донных отложений малых озер в районе пос. Чула (северная Карелия) // Вестник МГТУ, 2015. Т.18. № 2. С. 255–268.
3. Родкин М.В., Никонов А.А., Шварев С.В. Оценка величин сейсмических воздействий по нарушениям и смещениям в скальных массивах // Геодинамика и тектонофизика, 2012. № 3. С. 203–237

ПЕРВЫЙ ЭТАП ОБРАБОТКИ МТ ДАННЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ ОБСЕРВАТОРИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЯПОНИИ В ПЕРИОД МОЩНОГО ТИХООКЕАНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2011 ГОДА

*Родина Татьяна Андреевна (асп., м.н.с.), Варенцов Ив.М.
Центр геоэлектромагнитных исследований (ЦГЭМИ) ИФЗ РАН,
whittakeresq@gmail.com
(устный доклад)*

Регион Тохоку (Япония) в 2011 г. подвергся воздействию мощного землетрясения и цунами [1]. Данные обсерваторий этого региона в период этого события послужили качественным материалом для опробования процедур мониторинга основных передаточных операторов.

К настоящему времени большая часть мониторинговых исследований основана на магнитовариационных данных. Это связано с возможностью проводить исследования на основании долгосрочных стабильных данных геомагнитных обсерваторий. Принципиальным является факт наличия электрических данных в используемых обсерваториях. Первым этапом стало проведение предварительного подбора обсерваторских данных на территории Японии. Рассмотрены крупнейшие пункты геомагнитных и геоэлектрических наблюдений, которые отличаются большим объёмом доступных секундных записей ЭМ поля. При этом возникают затруднения при работе с нестандартным вариантом формата IAGA2002 [2], включающим записи электрических каналов. Для анализа геоэлектрических данных в таком формате потребовалось разработать новые процедуры ввода информации в систему PRC_MTMV [3]. Эти процедуры позволят совместно обрабатывать два типа данных из разных файлов. Ранее обработка велась лишь с файлами, содержащими оба типа поля, что является стандартным вариантом только для полевых станций.

Для первоначальной обработки взяты интервалы длиной в месяц до и после землетрясения. По всему временному интервалу построены и сопоставлены стационарные оценки импеданса и типпера на обсерваторских пунктах КАК, ММВ, КНУ до периодов 10 000 с.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-35-00668 мол_a)

Список литературы:

1. *Utada H., Shimizu H., Ogawa Y. et al.* Geomagnetic field changes in response to the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake and Tsunami // *Earth and Planetary Science Letters*, 2011. V.311. DOI: 10.1016/j.epsl.2011.09.036.
2. *St-Louis B.J., Regimbald D., Trigg D.F., Coles R.L.* INTERMAGNET Technical Reference Manual, Version 4.5, 2011.
3. *Varentsov Iv.M.* Arrays of Simultaneous Electromagnetic Soundings: Design, Data Processing, Analysis, and Inversion // *Electromagnetic sounding of the Earth's interior: theory, modeling, practice.* Elsevier, 2015. pp. 271-299.

ПРИРОДА ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ В КРАСНОЦВЕТАХ ЛОПАТИНСКОЙ СВИТЫ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)

Рудько Дмитрий Владимирович (асп., вед.инж.)¹, Рудько С.В.²

¹ *Лаборатория главного геомагнитного поля и петромагнетизма (105) ИФЗ РАН*

² *Геологический институт РАН*

dvrudko@gmail.com

(устный доклад)

В отложениях красноцветной лопатинской свиты, залегающей в основании чингасанской серии позднего докембрия Енисейского Кряжа, обнаружена аномальная магнитостратиграфическая запись [1] - в осадочной последовательности мощностью 60 м зафиксировано 58 зон магнитной полярности. С учетом существующих оценок длительности формирования исследуемых отложений в ~1 млн. лет [2] возникает гипотеза об аномальной частоте геомагнитных инверсий для лопатинского времени [3]. Однако на данный момент не приведено убедительных доказательств первичной природы палеомагнитной записи в красноцветах лопатинской свиты.

Для решения вопроса о соответствии палеомагнитного сигнала реально существовавшему «гиперактивному» инверсионному процессу необходимо установить природу естественной остаточной намагниченности (ЕОН), выявить основные минералы-носители ЕОН, а также рассмотреть модель записи инверсионного процесса «гиперактивного» геомагнитного поля при формировании красноцветных терригенных осадков. Альтернативной гипотезой формирования подобной палеомагнитной записи может являться гипотеза о наложенном избирательном послойном перемагничивании рассматриваемых отложений, и, как следствие, несоответствие палеомагнитной записи в лопатинской свите геомагнитному полю, существовавшему на момент ее накопления.

В работе будут представлены результаты микроскопического изучения пород лопатинской свиты, дана их подробная петромагнитная характеристика и представлены первые предварительные доводы в пользу первичности палеомагнитного сигнала.

Работа выполнена при финансовой Программы Президиума РАН (тема №0135-2018-0050) и РФФИ (грант 17-05-00021)

Список литературы:

1. *Шаццлло А.В., Кузнецов Н.Б., Павлов В.Э. и др.* Первые магнитостратиграфические данные о стратотипе верхнепротерозойской лопатинской свиты (северо-восток Енисейского кряжа): проблемы ее возраста и палеогеографии Сибирской платформы на рубеже протерозоя и фанерозоя // Доклады Академии наук, 2015. Т. 465. № 4. С. 464-468 DOI: 10.7868/S0869565215340228
2. *Рудько Д.В., Рудько С.В., Шаццлло А.В., Кузнецов Н.Б.* Количественная оценка частоты магнитных инверсий в палеомагнитной записи красноцветов лопатинской свиты / Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы Конференции 16-18 октября 2018. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2018. С. 226-227.
3. *Levashova N.M., Meert J.G., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Fedorova N.M.* Late Ediacaran magnetostratigraphy of Baltica: evidence for magnetic field hyperactivity? // Earth and Planetary Science Letters, 2016. V. 435. pp. 124-135.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕСТА ПРОВЕДЕНИЯ МИНИГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА ДЛЯ НАИБОЛЕЕ ДОСТОВЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОФИЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ

Рязанова Мария Валерьевна (инж. ¹, студ ²), Дубиня Н.В.²

*¹ Лаборатория фундаментальных проблем нефтегазовой геофизики
и геофизического мониторинга (202) ИФЗ РАН*

² магистрант 2 г.о., МГУ имени М. В. Ломоносова

ryazanovamasha@yandex.ru

(устный доклад)

Скважинные исследования позволяют судить о напряженном состоянии пород околоскважинной зоны. Минимальное и максимальное горизонтальные напряжения, а также вертикальное напряжение помогают решать такие практически важные задачи, как расчет устойчивости ствола скважины, дизайн гидроразрыва пласта и другие. Реконструировать профили таких напряжений можно с помощью одномерной механической модели - профилей модуля Юнга и коэффициента Пуассона, а также с помощью оценок напряжений на некоторых глубинах.

Минимальные горизонтальные напряжения можно оценить с помощью таких прямых методов, как минигидроразрыв пласта (миниГРП) и тест на приемистость. Однако максимальные горизонтальные напряжения получить прямыми методами нельзя.

В данной работе используется слоистая модель с известными механическими свойствами (модулем Юнга и коэффициентом Пуассона) для реконструкции профилей минимального и горизонтального напряжений по двум независимым измерениям миниГРП с определенными погрешностями [1, 2].

С помощью уравнений теории упругости, при условии жесткого сцепления соседних слоев друг с другом можно решить рекуррентную задачу для определения горизонтальных напряжений в одном слое, зная горизонтальные напряжения в соседнем слое и профили упругих модулей [3]. Внутри каждого слоя считается, что напряжение возрастает линейно с глубиной.

Для различных одномерных моделей механических свойств и разных пар глубин проведения миниГРП была выполнена серия построений профилей горизонтальных напряжений. Было обнаружено, что на выбранных глубинах устойчивость определения профилей горизонтальных напряжений коррелирует со значениями модуля Юнга и коэффициента Пуассона. Использованный подход к построению профилей горизонтальных напряжений в слоистой среде позволил с одной стороны снизить неопределенность, вносимую погрешностями в определении механических свойств при использовании пороупругой модели напряжений, а с другой стороны не привел к излишнему упрощению профилей горизонтальных напряжений (как, например, при использовании модели линейного возрастания горизонтальных напряжений с глубиной).

В соответствии с результатами работы наиболее достоверная с точки зрения степени неопределенности величин горизонтальных напряжений одномерная геомеханическая модель может быть построена на основании результатов проведения миниГРП в породах наименьшей жесткости. Результаты работы позволяют увеличить эффективность эксплуатации месторождений углеводородов и понизить затраты на бурение скважин.

Список литературы:

1. *Warpinski N.R., Teufel L.W.* In-Situ Stresses in Low Permeability, Nonmarine Rocks // J.Pet.Technol., 1989. V. 41(4). pp. 405-414
2. *Chan A.W., Cuttitta M., O'Reilly G.* An Integrated In-Situ Stress Measurement Program for Deepwater Brown Field Developments // 52nd US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium Proceedings 2018. ARMA 18-0171
3. *Дубиня Н.В., Галыбин А.Н.* О распределении напряжений в слоистом массиве горных пород // Физика Земли, 2018. №6. С. 106-116

ОБЗОР ИМЕЮЩИХСЯ ДАННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ РЕГИОНА ИССЛЕДОВАНИЙ (БАЙКАЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ)

Рыбин Алексей Александрович

асп., н.с., Лаборатория методов прогноза землетрясений (702) ИФЗ РАН

aar@ifz.ru

(устный доклад)

Впадина озера Байкал является центральным звеном Байкальской рифтовой зоны (БРЗ), представляет собой полуграбен, вытянутый в северо-восточном направлении вдоль края Сибирской платформы. БРЗ как своеобразная структура зародилась на месте Саяно-Байкальского сводового поднятия под действием активных тектонических движений, начавшихся в эоцене-олигоцене и продолжающихся в настоящее время. По мнению Н.А. Логачева в миоцен-плиоцене на стадии «быстрого рифтинга» начался процесс разрастания рифтовой зоны на юго-запад и северо-восток от Южного Байкала, в результате которого сформировались основные структуры зоны и ее современный морфологический облик [1].

Развитие БРЗ встретило на флангах своеобразные ограничения в виде ортогональных структур Монголо-Охотского пояса на юго-западе и древнего Алданского щита на северо-востоке. В результате БРЗ в настоящее время представляет собой крупнейшую изолированную внутриконтинентальную структуру со специфическими чертами внутреннего строения и особенностями развивающихся геодинамических процессов [3].

Черты современного напряженно-деформированного состояния в БРЗ были установлены благодаря массовому изучению фокальных механизмов, которое началось во второй половине 60-х годов [Введенская, Балакина, 1960; Введенская, 1961; Мишарина, 1967, 1979; Балакина и др., 1972; Мишарина, Солоненко, 1972, 1977; Мишарина и др., 1983; Солоненко и др., 1993; Мельникова, Радзиминович, 1998 и др.]. Особый вклад в формирование базы данных о фокальных механизмах землетрясений внесли работы Л.А. Мишариной, внедрившей в Прибайкалье композитный (групповой) метод оценки напряжений в очагах преимущественно слабых землетрясений [1,2].

Байкальский регион имеет высокую сейсмичность — это одна из наиболее сейсмически активных внутриконтинентальных областей планеты. Сильные и заметные землетрясения происходят здесь довольно часто [2]. Был составлен каталог землетрясений данного региона, для дальнейшей работы по сопоставлению напряженного состояния земной коры и механизма очага землетрясения.

Список литературы:

1. Саньков В.А., Лухнев А.В., Мирошниченко А.И., Добрынина А.А., Аиурков С.В., Бызов Л.М., Дембелов М.Г., Кале Э., Девершер Ж. Современные горизонтальные движения и сейсмичность южной части Байкальской впадины (Байкальская рифтовая система) // Физика Земли, 2014. № 6. С. 70-79 DOI: 10.7868/S0002333714060076
2. Голенецкий С.И. Проблема изучения сейсмичности Байкальского рифта / Сб. научных трудов «Геодинамика внутриконтинентальных горных областей». Новосибирск: Наука. Сиб. Отд., 1990. С. 228-235.
3. Мельникова В.И. и др. Об условиях генерации сильных землетрясений в Южном Байкале // Доклады Академии наук, 2009. Т. 429. № 3. С. 393–397.
4. Добрынина А.А., Саньков В.А. Скорости и направления распространения разрывов в очагах землетрясений Байкальской рифтовой системы // Геофизические исследования, 2010. Т.11. № 2. С.52-61

ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ РАЗЛОМОВ КОРЫ ИТАЛИИ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ.

Саввичев Павел Александрович

м.н.с., Лаборатория сильных землетрясений и сейсмометрии (305) ИФЗ РАН

psavvichev@me.com

(устный доклад)

Цель работы - тектонофизическая реконструкция современного поля напряжений, действующих в коре Италии и ближайшего окружения, а также тектонофизическое районирование разломов [1] по их потенциальной сейсмоактивности. В качестве исходных данных использовалась итальянская база данных механизмов очагов землетрясений с 1977 г. по настоящее время, описанная в работе [2].

Актуальность изучения напряженного состояния земной коры обусловлена повышенным сейсмическим режимом этого региона, проявившимся в серии достаточно сильных землетрясений, произошедших в центральной части Италии. Используемый в наших исследованиях подход – реконструкция тектонических напряжений с использованием метода катакластического анализа [3] позволяет провести реконструкцию не только современного поля напряжений, но и оценить относительную величину эффективного давления и величины максимального касательного напряжения. Благодаря данным об углах погружений разломов, можно оценить напряжения на плоскости разломов и провести районирование по интенсивности нормированной величины, касательной к разрывам. Данные о кинематике разломов позволяют понять, какие из них являются наиболее активными на сегодняшний день, что является важной фундаментальной проблемой тектоники.

Список литературы:

1. *Basili R., Kastelic V., and SHARE WP3.2 Team (2011), D3.4 - Database of active faults and seismogenic sources. SHARE Project Grant Agreement no. 226967, Deliverable D3.4, 25 p.*
2. *Pondrelli, S., Salimbeni S., Ekström G., Morelli A., Gasperini P. Vannucci G. The Italian CMT dataset from 1977 to the present // Phys. Earth Planet. Int. 2006., DOI: 10.1016/j.pepi.2006.07.008,159/3-4, pp. 286-303.*
3. *Ребецкий Ю.Л. Развитие метода катакластического анализа сколов для оценки величин тектонических напряжений // Доклады РАН. 2003. Т.3, № 2. С. 237-241.*

НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА СЕЙСМИЧНОСТЬ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Сенцов Алексей Андреевич (н.с.¹, асп.²), *Зайцев В.А.*², *Агибалов А.О.* (асп.)², *Бардышев Г.П.*²

¹ *Лаборатория сейсмотектоники и сейсмического микрорайонирования (701) ИФЗ РАН*

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

alekssencov@yandex.ru

(стендовый доклад)

Работа посвящена проблеме изучения новейшего напряженного состояния Фенноскандинавского щита. Методика исследований включала компьютерное геодинамическое моделирование, структурно-геоморфологическое дешифрирование, выполненное методом Н.П. Костенко [1] и анализ современной сейсмичности. В качестве исходных данных для построения компьютерной модели использовались следующие исходные данные:

- информация о геологическом строении Фенноскандинавского щита [2, 3];
- сводный сейсмический каталог, составленный авторами на основе данных USGS, Хельсинского университета и ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН»;
- оригинальная карта блоковой делимости;
- осредненные значения коэффициента Пуассона и модуля Юнга.

В результате проведенных исследований было установлено, что территория Фенноскандинавского может быть разделена на 5 зон, отличающихся по типу напряженного состояния. Находящаяся в центральной части щита область InSammer на новейшем этапе испытывает растяжение, ось которого ориентирована по азимуту 330°.

Предполагается, что при таком типе напряженного состояния блок InSammer оказывает воздействие на кристаллический фундамент расположенной южнее территории Калининградской области и вызывает в нём сдвиговое поле напряжений с ориентировкой субгоризонтальной оси максимального сжатия по азимуту 330°. Последнее, в свою очередь, обуславливает растяжение в осадочном чехле.

Таким образом, Фенноскандинавский щит, на территории которого авторами данной работы по результатам проведенного моделирования и анализа современной сейсмичности было выделено 12 зон ВОЗ, представляет собой крупную сейсмоактивную структуру, вызывающую сейсмичность в соседних регионах, в том числе в Калининградской области. В ее пределах располагаются 8 зон ВОЗ (три в кристаллическом фундаменте и пять в осадочном чехле).

Список литературы:

1. *Костенко Н.П.* Геоморфология / М.: МГУ, 1999. - 379 с.
2. *Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловчинко, Ю.К. Щукина. Кн.1 Землетрясения.* Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. - 381 с.
3. *King G.C.P., Cocco M.* Fault interaction by elastic stress changes: New clues from earthquake sequences. In: *Dmowska R, Saltzman B. (Eds.) // Advances in geophysics, 2001. V.44. pp. 1–38.*

РАЗРУШЕНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ СИЛЬНЫМИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ В АЛА-БАШ – КОНУРОЛЕНСКОЙ ВПАДИНЕ, ТЯНЬ – ШАНЬ

Стрельников Андрей Андреевич (н.с.)¹, **Корженков А.М.** ¹, **Абдиева С.В.** ², **Лю Цзяо** ,
Рогожин Е.А. ³, **Деев Е.В.** ⁴

¹ *Лаборатория палеосейсмологии и палеогеодинамики (304) ИФЗ РАН*

² *Кыргызско-Российский Славянский университет*

³ *Лаборатория методов прогноза землетрясений (702) ИФЗ РАН*

⁴ *Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН*

aas@ifz.ru

(устный доклад)

Результатами проведенных за последние 35 лет авторами полевых исследований дислокаций древних сейсмических событий на юго-западе Иссык-Кульской котловины в Ала-Баш - Конуроленской впадине были обнаружены многочисленные археологические памятники возрастом от 3 000 до 300 лет, в которых засвидетельствованы катастрофические сейсмические события, повлекшие за собой частичное или полное уничтожение поселений, гарнизонов и даже малых городов. По всей видимости, в период существования комплексов X в. до н.э. – XVII в. н.э. систематически происходили сильные (до 9^{-й} баллов) морфологические землетрясения, приводившие к разрушению и, как следствие, уходу населения из этих населенных центров.

Проведенная комплексная работа по обобщению и оценке палеоземлетрясений еще раз наглядно показывает недостаточную изученность региона для целей сейсмического районирования и, как следствие, заниженную оценку сейсмической опасности по региону на карте ОСР Кыргызстана.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 19-55-53017 ГФЕН_a
и № 18-55-41005 Узб_t)*

Список литературы:

1. *Деев Е.В., Турова И.В., Корженков А.М., Лужанский Д.В., Гладков А.С., Родкин М.В., Абдиева С.В., Мажейка И.В., Рогожин Е.А., Фортуна А.Б., Муралиев А.М., Чаримов Т.А., Юдахин А.С.* Результаты палеосейсмологических и археосейсмологических исследований в западной части Ала-Баш-Конуроленской внутригорной впадины (Южное Прииссыккулье, Кыргызстан) // Геология и геофизика, 2016. Т. 57. № 7. С. 1381—1392.
2. *Корженков А.М., Абдиева С.В., Мажейка И., Муралиев А.М., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А., Юдахин А.С.* О неизвестных сильных голоценовых землетрясениях на юге Иссык-Кульской котловины, Тянь-Шань // Вопросы инженерной сейсмологии, 2014. Т.41. № 2. С. 30-40.
3. *Корженков А.М., Кольченко В.А., Лужанский Д.В., Абдиева С.В., Деев Е.В., Мажейка И.В., Рогожин Е.А., Родина С.Н., Родкин М.В., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А., Юдахин А.С.* Археосейсмологические исследования и структурная позиция средневековых землетрясений на юге Иссык-Кульской Впадины (Тянь-Шань) // Физика Земли, 2016. № 2. С. 71-86.
4. *Жуковская Н.Л.* Калмыки. Народы и религии мира: Энциклопедия / Гл. ред. В.А. Тишков. М., 1998. С.928.
5. О вооружении Согда VII—VIII в. // Сообщения Республиканского историко-краеведческого музея Таджикской ССР. Сталинабад, 1952. Вып. 1. С. 61-67.
6. *Boulnois L.* Silk Road: Monks, Warriors & Merchants / Odyssey Books, 2005. pp. 239—241. ISBN 962-217-721-2.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОПАСНОСТИ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА, НА ПРИМЕРЕ ВУЛКАНА МИСКА (Г.ТЕМРЮК, ТАМАНСКИЙ П-ОВ)

Сысолин Александр Иванович (н.с.,асп.)¹, Овсяченко А.Н.², Собисевич А.Л.³, Лиходеев Д.В.³

¹ *Лаборатория методов прогноза землетрясений (702)*

² *Лаборатория сейсмотектоники и сейсмического микрорайонирования (701)*

³ *Лаборатория фундаментальных проблем экологической геофизики и вулканологии (703)*

ИФЗ РАН

alsn@ifz.ru

(устный доклад)

Представлены результаты исследования грязевого вулкана Миска, расположенного на восточной оконечности Таманского полуострова. Работа приурочена к проведенной экспертизе по вопросу потенциальной опасности этого вулкана для объектов г. Темрюк. В перечне природных процессов и явлений, воздействие которых необходимо учитывать для предотвращения негативных последствий, влияющих на безопасность зданий и сооружений, жизнь и здоровье людей ([1], табл. 4.1) грязевой вулканизм отсутствует. В то же время, грязевые вулканы, безусловно, являются неблагоприятными участками для размещения любых инженерных сооружений, в особенности повышенной ответственности. Для определения перечня параметров грязевого вулканизма, которые необходимо принимать в учет при проектировании объектов капитального строительства в виду возможного негативного воздействия, потребовалось выполнить специальные геолого-геоморфологические исследования.

В результате проведенных исследований было выполнено геоморфологическое картирование основных форм рельефа и современных рельефообразующих процессов в пределах грязевого вулкана. Рельеф вулканической постройки почти полностью смоделирован человеческой деятельностью, поэтому удалось идентифицировать только самые крупные формы рельефа, образованные в результате мощных грязевулканических извержений.

Катастрофические природные воздействия при извержениях грязевых вулканов имеют очень локальный характер и поэтому несут опасность для инженерных сооружений, расположенных непосредственно в пределах грязевулканических морфоструктур. Извержения сопровождаются взрывами, воспламенением газов, сейсмическими сотрясениями, выбросами крупных кусков шлака и грязи, излияниями грязевых потоков и образованием кратеров, глубина которых в отдельных случаях может достигать нескольких десятков метров. В окрестностях эпицентров извержений образуются трещины и изгибные деформации обширных участков земной поверхности. Эти процессы очерчивают круг негативных воздействий на объекты капитального строительства. Выполненные исследования позволили наметить перечень основных параметров грязевого вулканизма, которые необходимо принимать в учет при проектировании объектов капитального строительства, и отразить их распределение на специализированной карте районирования территории с развитием опасных природных процессов грязевулканического происхождения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для поддержки научных школ (№ НШ-5545.2018.5)

Список литературы:

1. СП 115.13330.2016. Геофизика опасных природных воздействий.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ И ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЙОНЕ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Тимофеева Вера Анатольевна (асп., н.с.), Михайлов В.О., Киселева Е.А.

Лаборатория комплексного изучения и мониторинга геодинамических процессов в Курило-Камчатской зоне субдукции (107); Лаборатория комплексной геодинамической интерпретации наземных и спутниковых данных (502)

ИФЗ РАН

v.a.timofeeva@iperas.ru

(устный доклад)

Снимки спутниковых радаров с синтезированной апертурой (РСА) используются для построения цифровых моделей рельефа (ЦМР), оценки смещений земной поверхности и техногенных объектов. Первые смещения дневной поверхности были зафиксированы по парным интерферограммам, которые строятся с использованием двух радарных снимков, полученных с локально параллельных орбит (так называемые методы дифференциальной РСА интерферометрии, или DInSAR).

Метод DInSAR имеет ряд ограничений, связанных с когерентностью снимков, расстоянием между точками съемки (базовая линия) и др. Существенный прогресс был достигнут за последние 15 лет благодаря развитию методов устойчивых отражателей (PSInSAR, [1]) и малых базовых линий (SBAS, [2]), в которых выполняется анализ не одной парной интерферограммы, а серии парных интерферограмм, на которых выделяют отдельные пиксели, устойчиво отражающие радарный сигнал. Это позволяет фиксировать медленные устойчивые по времени смещения и оценивать средние скорости смещений с точностью до нескольких мм/год. В ИФЗ РАН более 10 лет ведутся работы по решению различных геодинамических задач с применением радарной спутниковой интерферометрии. В частности, изучаются косейсмические и постсейсмические процессы, выполняется мониторинг активности оползневых склонов, оцениваются просадки на городских территориях и в областях разработки нефтяных месторождений [3], в рамках Мегагранта Минобрнауки России ведутся исследования вулканических и сейсмических процессов в Курило-Камчатской зоне субдукции.

В ходе этих работ к снимкам со спутника Sentinel-1 за 2016–2018 гг. был применен метод SBAS и методы DInSAR для оценки смещений в районе вулкана Плоский Толбачик. Построены карты средних скоростей смещений в направлении визирования спутника за периоды с 14.05 по 17.10 2017 г. и с 21.05 по 30.09 2018 г. Для области наибольших смещений приведены временные серии, проведен их анализ. Также был проведен анализ парных интерферограмм для оценки суммарных смещений за период весна 2016 г. – осень 2018 г., выявлены пары снимков с наилучшей когерентностью. На основании предположения о взаимосвязи смещений на лавовом потоке с термическим погружением при его остывании выполнена постановка термической задачи с учетом скрытой теплоты фазового перехода (задача Стефана), разработана численная схема ее решения и выполнена его программная реализация. В результате сопоставления расчетных и реальных данных будет сделано заключение о роли термического погружения в наблюдаемых смещениях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Мегагранта Минобрнауки России № 14.W03.31.0033.

Список литературы:

1. Ferretti A., Prati C., Rocca F. Permanent scatterers in SAR interferometry // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing, 2001. V.39. № 1. pp. 8–20.
2. Berardino P., Fornaro G., Lanari R., Sansosti E. A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms // IEEE Transact. Geoscience and Remote Sensing, 2002. V.40. № 11. pp. 2375–2383.
3. Михайлов В.О., Киселева Е.А., Смольянинова Е.И., Дмитриев П.Н., Голубев В.И., Тимошкина Е.П., Хайретдинов С.А. Обобщение опыта применения различных методов обработки РСА снимков для изучения и мониторинга оползневой активности склонов в районе Большого Сочи // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2016. Т.13. № 6. С. 137–147.

О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕСУЩИХ СИСТЕМ ПРИ ОЦЕНКЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ

Умаров Кароматулло Исхокович

асп., Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Karom_Umarov@list.ru

(устный доклад)

В последние годы ведутся обширные исследования в области теории сейсмостойкости зданий с учетом упруго-пластических деформации систем как у нас в стране, так и за рубежом. С 1962 года по настоящее время в нормах [1] для оценки сейсмостойкости сооружений используется линейно-спектральный метод (ЛСМ). Однако ЛСМ не учитывает образование пластических шарниров в конструктивных элементах. Сейсмическая нагрузка определяется в предположении упругого деформирования конструкций, а образование остаточных деформаций, трещин, пластических зон производится введением лишь одного коэффициента K_1 - коэффициента допускаемых повреждений, который не зависит от интенсивности землетрясения или свойств самого сооружения.

Прямые динамические методы наиболее достоверны для оценки состояния конструкции, в частности достижения предельных состояний. В качестве основного количественного критерия этого состояния в работе принят коэффициент пластичности μ . Для обоснования поиска зависимости $K_1 = f(\mu)$ отметим, что целью проектирования сейсмостойких зданий является обеспечение неразрушения несущих конструкций при сейсмических воздействиях. При этом допускается такой объем пластических деформаций, который (для большинства зданий) обеспечивает их восстановление после землетрясения путем ремонта и усиления.

На основе детального анализа пластической работы несущих конструкций при сейсмическом воздействии в [2] получена и обоснована зависимость коэффициента допускаемых повреждений сейсмостойких конструкций от предельной пластичности несущих конструкций:

$$K_1 = 1 / (\sqrt{2\mu - 1});$$

где μ – предельный коэффициент пластичности.

$$\mu = \varepsilon_{\text{tot}} / \varepsilon_{\text{el}},$$

где ε_{tot} – полная величина упругопластических относительных деформаций, а ε_{el} – величина упругих относительных деформаций. Для наиболее распространенных – железобетонных конструкций - предельный коэффициент пластичности $\mu \leq 4,0$.

Однако, при сейсмическом воздействии в разных элементах (узлах) несущей системы здания могут развиваться пластические деформации различного уровня. При этом наибольшую опасность представляют пластические деформации конструкций, обеспечивающих сохранение исходной расчетной схемы. К таким конструкциям относятся, в частности, диафрагмы жесткости рамно-связевых несущих систем.

Результаты выполненных исследований позволяют сделать следующий вывод: переход в предельное состояние колонн/пилонов рамно-связевой схемы (коэффициент пластичности $\mu = 4,0$) происходит при достижении в диафрагмах жесткости коэффициента пластичности $\mu = 2,5$. Таким образом, исследованиями установлен факт формирования и накопления различного объема повреждений в конструктивных элементах здания, что определяется степенью ответственности таких конструкций за сохранение исходной расчетной схемы здания.

Список литературы:

1. СП 14.13330.2018: Строительство в сейсмических районах. СНиП II-7-81* / М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2018. - 126 с.
2. *Кабанцев О.В., Шарипов Ш., Усеинов Э.С.* О методике определения коэффициента допускаемых повреждений K_1 сейсмостойких конструкций // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2016. №2. С. 117-129.

АНАЛИЗ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ НАКЛОНОМЕРОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ЕДИНОМ ПОСТАМЕНТЕ

Фаттахов Евгений Альбертович

м.н.с., Лаборатория современной и прикладной геодинамики (201)

ИФЗ РАН

fea@ifz.ru

(устный доклад)

В данной работе приведено описание метрологического анализа данных двух штольневых наклономеров серии НШ, установленных на едином заглубленном постаменте в специально оборудованном в подвальном помещении Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Наклономер по своей сути представляет собой сейсмометр с широким динамическим диапазоном, но регистрирующий две ортогональные компоненты горизонтальных градиентов вертикальных смещения – наклонов земной поверхности [1]. Параллельность записи приборов иллюстрируется измеренными наклонами вдоль двух ортогональных азимутах: север-юг и восток-запад. В настоящее время при регистрации геофизических данных наиболее широко распространено их представление в формате miniSEED, а для оперативной передачи данных используется протокол SeedLink [2], основанный на этом формате. Детальный статистический анализ данных наклономеров проводился с помощью пакетов программы WinABD [3]

Текущий диапазон измеряемых наклонов составляет $+1 \cdot 10^{-4}$ радиан с погрешностью $5 \cdot 10^{-10}$ радиан (прибор работает в двух диапазонах с различной точностью). Коэффициент преобразования по напряжению составляет 5 В на угловую секунду. Диапазон измеряемых частот составляет от 0 до 0.005 Гц. Дрейф нуля составляет $2.4 \cdot 10^{-6}$ радиан. Система оборудована встроенной системой калибровки. В такой компоновке наклономерная (инклинометрическая) система наблюдений может быть использована для диагностики наиболее мобильных геодинамических объектов в земной коре (области интенсивной разработки месторождений УВ, зоны опасных разломов и др.) [4, 5, 6].

Следует подчеркнуть, что установление метрологической стабильности в работе с параллельными наклономерами необходимо проводить именно установкой приборов на едином постаменте. В противном случае, когда регистрация ведется на различных постаментах, возможны ситуации, когда параллельные приборы регистрируют наклоны не синфазно, а иногда и в противофазе.

Список литературы:

1. Кузьмин Ю.О. Актуальные проблемы идентификации результатов наблюдений в современной геодинимике // Физика Земли, 2014. №5. С. 51 - 64.
2. Алешин И.М., Иванов С.Д., Корягин В.Н., Кузьмин Ю.О., Передерин Ф.В., Широков И.А., Фаттахов Е.А. Оперативная публикация данных наклономеров серии НШ на основе протокола SeedLink // Сейсмические приборы, 2017. Т. 53. № 3. С.31–41.
3. Децеровский А.В., Журавлев В.И., Никольский А.Н., Сидорин А.Я. Технологии анализа геофизических временных рядов. Часть 2. WinABD - пакет программ для сопровождения и анализа данных геофизического мониторинга // Сейсмические приборы, 2016. Т.52. № 3. С. 50-80
4. Хисамов Р.С., Гатиятуллин Н.С., Кузьмин Ю.О. и др. (Под ред. Хисамова Р.С. и Кузьмина Ю.О.) Современная геодинимика и сейсмичность юго-востока Татарстана. Казань: ФЭН, 2012. 240 с.
5. Кузьмин Ю.О., Никонов А.И. Геодинимический мониторинг объектов нефтегазового комплекса / В кн.: Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. М.: ГЕОС, 2002. С. 427-433.
6. Кузьмин Ю.О. Современная геодинимика опасных разломов // Физика Земли, 2016. № 5. С. 87-101

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ABS-АЛГОРИТМ В РЕШЕНИИ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ГРАВИРАЗВЕДКИ

Фирсов Илья Андреевич

магистрант 1 г.о., Кафедра геофизических методов исследований земной коры,

Геологический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова

firsov1996@yandex.ru

(устный доклад)

Конструктивное описание многообразия решений $\Phi(A, b)$ линейной системы $Ax = b$ в n -мерном евклидовом пространстве E позволяет учесть априорную информацию о свойствах нужного решения $x^* \in E$, $Ax^* = b$ путем его поиска на многообразии $\Phi(A, b)$. Это обстоятельство имеет фундаментальное значение в проблеме комплексирования геофизических данных при решении обратных задач.

Пусть:

$$(a_i, x) = b_i; \quad i = 1, \dots, m; \quad a_i, x \in E; \quad b = (b_1, \dots, b_m) \in \mathbb{R}^m; \quad m \leq n$$

координатное представление системы $Ax = b$. Классическое описание многообразия $\Phi(A, b)$ с помощью базисного минора матрицы A неконструктивно, поскольку предполагает в той или иной степени его обращение.

По той же причине неконструктивна параметризация

$$\Phi(A, b) = s - A^T(AA^T)^{-1}(As - b), \quad s \in E$$

многообразия $\Phi(A, b)$ в рамках выпуклого анализа, поскольку предполагает обращение матрицы Грамма AA^T системы векторов $\{a_i, i = 1, \dots, a_m\}$.

Конструктивное описание $\Phi(A, b)$ получается в рамках теории ABS-алгоритмов [1]. К сожалению, компьютерная реализация вычислений сложна и неустойчива.

Предлагается конструктивная параметризация $\Phi(A, b)$ более простая, чем ABS - параметризация и потому более устойчивая в реализации.

Проводятся исследования по поиску решений обратных задач гравirazведки, с возможностью приближения к желаемому решению по априорно заданным свойствам, и сравнении результатов с другими известными методами решения систем линейных уравнений, таких как решение с регуляризацией Тихонова.

Определение:

Для $a \in E$ положим

$$H(a) = \begin{cases} 1_E, & \text{если } a = 0 \\ 1_E - \frac{aa^T}{a^T a}, & \text{если } a \neq 0 \end{cases}$$

В системе векторов $\{a_i|_1^m\}$ построим в E итеративно систему векторов $\{\theta_i|_1^m\}$ и проекторов $\{H_i|_1^m\}$ по следующей схеме:

$$\theta_1 = a_1, H_1 = H(\theta_1), \theta_2 = H_1 a_2, H_2 = H(\theta_2), \theta_m = H_{m-1} \cdots H_1 a_m, H_m = H(\theta_m)$$

Утверждение:

$$\Phi(A, b) = x^* + H_m \cdots H_1 s, \quad s \in E, \quad \text{где } x^* - \text{частное решение.}$$

Список литературы:

1. Абаффи Й., Спедикато Э. Математические методы для линейных и нелинейных уравнений. Проекционные ABS-алгоритмы. (Перевод с английского) / М.: Мир, 1996. - 268 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИРИНГОВЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ПЕРЕДАЧИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

*Холодков Кирилл Игоревич (с.н.с., к.т.н.), Алёшин И.М.
Лаборатории геоинформатики (501) ИФЗ РАН
keir@ifz.ru
(устный доклад)*

В мировых центрах геофизических данных для передачи измерений используются уже вполне сложившиеся протоколы передачи данных: SeedLink [1], earthworm [2], RTCM [3] и др. Обладая массой характеристик, имеющих непосредственное влияние на их применимость в сетях сбора данных, такие как оперативность и отказоустойчивость большинство из них также накладывают и свои ограничения, ключевое из которых – формат данных. Для получения возможности передавать данные в формате, предполагающим минимум допущений – формате инструмента, было разработано программное обеспечение (ПО), использующее BitTorrent [4] как протокол для передачи таких данных. Этот стандарт является открытым и имеет широкую поддержку на всех платформах. Созданное ПО позволяет передавать данные в масштабе времени, близкому к реальному, одновременно нескольким узлам, с проверкой целостности, сжатием, полной совместимостью с популярными клиентами BitTorrent. Испытания проводились на данных ГНСС, получаемых с приёмника (станция, размещенная на здании ИФЗ РАН) для их последующей передачи в Центр агрегации данных ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. IRIS. Incorporated Research Institutions for Seismology. Data Services. SeedLink. www.iris.edu
2. Instrumental Software Technologies, Inc. Earthworm. www.isti.com
3. RTCM Standard 10403.3 differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Services. Version 3. RTCM Special Committee, 2016. - 104 p.
4. *Cohen B.* Incentives build robustness in BitTorrent // In Workshop on Economics of Peer-to-Peer systems. V. 6. pp. 68-72).

ОЦЕНКА ЦЕНТРОВ И МАСШТАБОВ КОНВЕКТИВНЫХ ВИХРЕЙ В ИОНОСФЕРЕ

Чинкин Владислав Евгеньевич м.н.с.^{1,2}, Соловьев А.А.^{1,3}

¹Геофизический центр РАН

²МГТУ им. Н.Э. Баумана

³Лаборатория геоинформатики (501) ИФЗ РАН

v.chinkin@gcras.ru

(устный доклад)

Блуждающий конвективный вихрь (traveling convection vortex – TCV) – это магнитное импульсное событие, представляющее собой результат взаимодействия солнечного ветра и магнитосферы, типичное для дневной стороны и высоких широт (60-80 градусов) Земли. Это явление исследуется во многих работах, одна из последних – [1]. Масштаб и центр вихря сейчас на практике оценивается “на глаз”. Данная работа впервые предлагает автоматизацию этой процедуры, а также метод выделения мелкомасштабного во времени TCV-процесса из крупномасштабного фона.

Минутные данные вариаций магнитного поля, зарегистрированные на N_{st} станциях за определенные периоды, получены из открытых источников системы SuperMAG. Данные доступны в собственном оригинальном формате SuperMAG в координатах HEZD [2] и преобразовываются в удобный формат IAGA-2002 в координатах XYZ. К данным каждой станции применяется фильтр, таким образом решаются две задачи:

1. фильтрация низкочастотной инструментальной погрешности;
2. выделение характерных для TCV сигналов длительностью порядка 20-40 минут.

На следующем этапе реализуется пространственная интерполяция отфильтрованных данных на регулярную географическую сетку. Для этого мы применяем кубические полиномы к данным в неравномерно расположенных базовых точках, которые представляют собой координаты станций в плоском приближении. Получившаяся картина векторного поля регуляризуется так, чтобы она удовлетворяла условию потенциального поля. Итоговое автоматическое обнаружение центров и оценка размеров выделенных вихрей основаны на поиске экстремума соответствующей функции. Эффективность предложенного метода демонстрируется на примере трех TCV-событий.

Список литературы:

1. Kim H. et al. Conjugate observations of electromagnetic ion cyclotron waves associated with traveling convection vortex events // J. Geophys. Res.: Space Physics, 2017. V.122. pp. 7336-7352 DOI: 10.1002/2017JA024108.
2. Gjerloev J.W. The SuperMAG data processing technique // J.Geophys.Res., 2012. V.117. A09213 DOI: 10.1029/2012JA017683.

РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb ДАТИРОВАНИЯ ДЕТРИТНЫХ ЦИРКОНОВ ИЗ ПОГРАНИЧНЫХ ПЕРМО-ТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗРЕЗА ЖУКОВ ОВРАГ

Чистякова Альвина Владимировна (студ.)¹, Веселовский Р.В.^{1,2}, Семёнова Д.В.³

¹*Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*

²*Лаборатория археомагнетизма и эволюции главного магнитного поля (106) ИФЗ РАН*

³*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН*

sinematograf11@yandex.ru

(устный доклад)

Континентальные пермо-триасовые осадочные комплексы широко развиты в пределах Русской плиты. Они характеризуются значительной фашиальной изменчивостью, а их био- и магнитостратиграфическая изученность недостаточно равномерна и не всегда однозначна. Отсутствие ярко выраженного перерыва в осадконакоплении в пограничных пермо-триасовых отложениях также существенно затрудняет выделение границы палеозоя и мезозоя в ряде районов Русской плиты [1]. Все вышеперечисленное определяет необходимость комплексного подхода для решения задачи стратиграфического расчленения и корреляции континентальных пермо-триасовых разрезов Русской плиты.

Для решения указанной задачи, в работе [2] были использованы данные о распределении аксессуарных минералов тяжёлой фракции: авторами предложено наличие контрастных питающих провинций для Русской плиты в пермское и триасовое время – Фенноскандинавской и Уральской, соответственно. Этот вывод был использован нами для постановки U-Pb датирования детритных цирконов пермо-триасовых отложений опорного разреза «Жуков овраг» (Владимирская область), в котором Р-Т граница выделена наиболее уверенно, с целью оценки возможностей метода в качестве инструмента корреляции и стратиграфического расчленения континентальных пермо-триасовых разрезов Русской плиты. Из пробы, отобранной из песчаников терминальной перми, было выделено и продатировано методом U-Pb LA-ICPMS 150 цирконов, из них 108 зерен со значениями дискордантности $D < 5$ были использованы для дальнейшего анализа. Из песчаников, представляющих самые низы триаса, было продатировано 74 зерна, но лишь 38 из них имеют $D < 5$. Анализ информативных выборок U-Pb возрастов цирконов производился с использованием графиков распределения плотности вероятности. Для статистической оценки степени различия возрастных спектров обломочных цирконов были построены кумулятивные кривые и выполнен тест Колмогорова-Смирнова, результат которого позволяет говорить о статистически значимом различии между двумя рассматриваемыми возрастными выборками ($p = 0,025$).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что верхнепермские и нижнетриасовые отложения разреза «Жуков овраг» содержат контрастные популяции обломочных цирконов. Для позднепермского времени характерно значительное влияние Фенноскандинавского источника и, в значительно меньшей степени, Тимано-Печорской питающей провинции. В раннем триасе основным источником сноса являлся Уральский ороген. Полученные результаты могут быть использованы как основа для стратиграфического расчленения и получения возрастных ограничений для разрезов Русской плиты, стратиграфическое положение границы перми и триаса в которых спорно.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-00593)

Список литературы:

1. Голубев В.К., Миних А.В., Балабанов Ю.П. и др. Опорный разрез перми и триаса в Жуковом овраге у г. Гороховец, Владимирская область // Бюллетень МОИП, 2012. Вып. 5. С. 49–82.
2. Арефьев М.П., Голубев В.К., Кулешов В.Н. и др. Комплексная палеонтологическая, седиментологическая и геохимическая характеристика терминальных отложений пермской системы северо-восточного борта Московской синеклизы. Статья 1. Бассейн реки Малая Северная Двина // Бюллетень МОИП. Отдел геологический, 2016. Т. 91. № 1. С. 24–49.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕЦИФИКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО И ГРАВИГРАДИЕНТНОГО ФОНА В ШТОЛЬНЕ БНО

Юдочкин Никита Анатольевич (вед.инж.¹, асп.²)

¹ Лаборатория гравинерциальных измерений (601) ИФЗ РАН

² Институт динамики геосфер РАН

rood818181@gmail.com

(устный доклад)

Задача экспериментального изучения сейсмического и ньютонических шумов в подземных лабораториях Баксанской нейтринной обсерватории (БНО) ИЯИ РАН как возможном месте расположения будущего гравитационного (гравитационно-волнового) детектора третьего поколения [1] в России ставится впервые. При этом предусматривается мониторинг сезонной эволюции сейсмического фона. В рамках этого направления планируется экспериментальное изучение сейсмических и ньютонических [2] шумов в подземных лабораториях Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН. Новое поколение ГВ детекторов должно обладать повышенной чувствительностью на низких частотах (в районе 10 Гц и ниже). В силу этого становится чрезвычайно важным выбор места с пониженной сейсмической активностью и монолитным скальным основанием [3]. Предварительные измерения в туннелях БНО позволяют классифицировать эту подземную обсерваторию как одну из самых спокойных. Более детальные исследования планируется выполнить с помощью сети сейсмических приборов, как уже развернутых в обсерватории, так и приборов повышенной чувствительности. Предполагается изучить более подробно сейсмический спектр в диапазоне 10...0.1 Гц, а также вариации ньютонических гравитационных возмущений на частотах ниже 0.1 Гц.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 17-12-01095)

Список литературы:

1. Freise A., Hild S., Somiya K., Strain K.A., Vicere A., Barsuglia M., Chelkowski S. Optical Detector Topology for Third Generation Gravitational Wave Observatories. // General Relativity and Gravitation, 2009. V. 43 (2)
2. Saulson P.R. Terrestrial gravitational noise on a gravitational wave antenna // Phys. Rev. D., 1984. V.30. №4. pp.732-736. DOI: 10.12942/lrr-2000-3
3. Adhikari R.X. // Review of Modern Physics, 2014. V.86. p 121

Оглавление

<i>Оргкомитет Конференции</i>	5
<i>Программный комитет Конференции</i>	5
<i>Программа Научной конференции молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН-2019, 22-23 апреля 2019 г., ИФЗ РАН, Москва</i>	6
Тезисы докладов:	
<i>Афиногенов Константин Викторович, Анисимов С.В., Гурьев А.В., Рыжов Г.А.</i> Аппатная платформа аэростатных аэрэлектрических наблюдений.....	14
<i>Агибалов Алексей Олегович, Бондарь И.В, Сенцов А.А., Зайцев В.А.</i> Изучение новейшего напряженного состояния северного приладожья тектонофизическими методами.....	15
<i>Алексеев Роман Сергеевич.</i> Анализ генезиса и современного напряженно-деформированного состояния плато Альтиплано-Пуна и Тибета.....	16
<i>Аносова Майя Борисовна, Латышев А.В., Хотылев А.О.</i> Палеомагнетизм и петромагнетизм интрузивных тел среднерифейского возраста северной части башкирского мегаантиклинория (южный Урал).....	17
<i>Белобородов Денис Евгеньевич.</i> Особенности тектонического положения грязевулканических очагов приазовской зоны Керченского полуострова.....	18
<i>Березина Ирина Александровна.</i> О некоторых вопросах определения локальных упругих характеристик.....	19
<i>Бирючева Екатерина Олеговна.</i> Обзор методов машинного обучения используемых для анализа сейсмограмм.....	20
<i>Боев Иван Алексеевич.</i> Основные принципы построения гравитационных градиентометрических систем для измерений на космических аппаратах.....	20
<i>Бондарь Иван Владимирович, Маринин А.В.</i> Напряженное состояние земной коры Хибинского массива и его обрамления.....	21
<i>Бондаренко Никита Борисович.</i> Развитие разрушения в горных породах вызванного изменением порового давления.....	22
<i>Волчанский Андрей Петрович, Мельник О.Э., Шапиро Н.М.</i> Моделирование диффузии углекислого газа и паров воды через стенки уединенного газового пузырька.....	23
<i>Волчкова Валерия Александровна.</i> Обработка данных микросейсмического шума.....	24
<i>Воробьева Марина Александровна, Росляков А.Г.</i> Выявления инженерно-геологических опасностей в центральной части Баренцева моря.....	25
<i>Галаев Владимир Евгеньевич, Куликова Д.С.</i> Автоматическая интерпретация данных МЛЭ и ГЛБО.....	26
<i>Галина Наталия Александровна.</i> Изучение длиннопериодных землетрясений Ключевской группы вулканов.....	27
<i>Гизатуллин Динар М.</i> Актуальные проблемы отбора кернa и их решения.....	28
<i>Гордеев Никита Александрович, Сим Л.А.</i> Новые данные о напряженном состоянии северо-восточной окраины Сибирской платформы.....	29
<i>Грачева Дарья Алексеевна, Лозовский И.Н.</i> Первый этап обработки данных синхронных площадных МТ/МВ зондирований проекта Earthscope в активных сз регионах США.....	30
<i>Дамянович Джордже Илиевич.</i> Теоретические модели затухания упругих волн в порово-трещиноватых средах.....	31

<i>Демидкова Анастасия Николаевна.</i> Деформационный мониторинг здания ИФЗ РАН.....	32
<i>Егоров Николай Александрович, Эфстадиу В.А.</i> Особенности определения различных динамических упругих модулей горных пород в лабораторных условиях, допускающих изменения напряженного состояния.....	33
<i>Жигульский Светлана Владимировна.</i> Изучение взаимосвязи между продуктивностью скважин и напряженно деформированным состоянием на примере трещиноватого коллектора.....	34
<i>Жостков Руслан Александрович.</i> Дистанционное зондирование дна покрытого льдом моря.....	35
<i>Жуковец Виктор Николаевич, Рогожин Е.А., Лутиков А.И, Донцова Г.Ю.</i> Изучение землетрясения 17.07.2017 MW=7.8, геодинамика региона, введение в тектонику Алеутской дуги.....	36
<i>Зыков Андрей Александрович.</i> Анализ частотной дисперсии при осреднении закона Ома.....	37
<i>Загорский Даниил Львович.</i> Результаты наблюдений низкочастотного микросейсмического волнового поля на участке сейсморазведочного профиля на полигоне Михнево.....	38
<i>Иноземцев Максим Александрович.</i> Спектры реакции для описания сейсмических воздействий.....	39
<i>Иванов Станислав Дмитриевич, Латышев А.В.</i> Математическое моделирование остывания силлов Сибирской трапповой провинции.....	40
<i>Иванов Павел Владимирович, Варенцов И.М., Лозовский И.Н., Родина Т.А., Рабочая группа СМОЛЕНСК.</i> Глубинная аномалия электропроводности в зоне тройного сочленения сегментов Восточно-Европейской платформы.....	41
<i>Карцева Татьяна Игоревна, Смирнов В.Б.</i> Связь параметров самоподобия в афтершоковых последовательностях.....	42
<i>Казakov Артём Вячеславович, Елизарьев М.А., Блонский А.В.</i> Математическое моделирование кислотной обработки карбонатного коллектора самоотклоняющимся кислотным составом.....	43
<i>Казначеев Павел Александрович, Камшилин А.Н.</i> О соответствии лабораторных и полевых экспериментов по исследованию сейсмоэлектрических явлений.....	44
<i>Климанова Екатерина Вадимовна, Анисимов С.В., Галиченко С.В.</i> Распределение радона в приземной атмосфере и его влияние на электропроводность.....	45
<i>Котов Андрей Николаевич, Жостков Р.А.</i> Оценка вибросейсмического загрязнения пос. Мосрентген г. Москва.....	46
<i>Козьмина Алина Сергеевна, Дмитриев Э.М.</i> Оценка эксхалации торона с земной поверхности по наземным радиометрическим и метеорологическим наблюдениям.....	47
<i>Кронрод Екатерина Викторовна.</i> Термохимические ограничения на модели внутреннего строения Луны.....	48
<i>Кулакова Екатерина Петровна, Латышев А.В., Камзолкин В.А.</i> Данные о строении кристаллического фундамента и возрасте геологических событий в районе передового хребта Большого Кавказа.....	49
<i>Кузьмин Дмитрий Кузьмич.</i> Сопоставление моделей деформационной активности раздвиговых разломов с результатами геодинамического мониторинга объектов нефтегазоносного комплекса.....	50
<i>Лавров Иван Павлович.</i> Об автоматизации анализа геофизических полей.....	51
<i>Лермонтова Анастасия Сергеевна.</i> Определение пространственного расположения плоскостей разломов по данным о механизмах сейсмических событий.....	52
<i>Лосевская Ангелина Шамилевна.</i> Моделирование неопределенностей нефтегазоносных систем.....	53

<i>Лозовский И.Н., Варенцов И.М.</i> Опыт синхронной обработки магнитотеллурических данных разведочного диапазона в нефтегазоперспективном регионе Китая.....	54
<i>Лучникова Алена Олеговна.</i> Прочность осадочных горных пород при циклических изгибных нагружениях.....	55
<i>Макеев Владислав Андреевич, Жостков Р.А.</i> Использование сейсмических барьеров при виброрейсмическом зондировании.....	56
<i>Малыгин Иван Вячеславович, Алешин И.М.</i> Интерпретация результатов радиоволнового просвечивания методами машинного обучения.....	57
<i>Маневич Александр Ильич.</i> Анализ скоростей деформаций земной коры с учетом масштабного эффекта.....	58
<i>Матвеев Максим Алексеевич, Кулаковский А.Л., Морозов Ю.А., Смутьская А.И.</i> Зависимость термодинамических параметров метаморфизма от тектонического стресса.....	59
<i>Меретин Алексей Сергеевич, Савенков Е.Б.</i> Моделирование разрушения в пороупругой среде при термическом воздействии.....	60
<i>Мяжков Дмитрий Сергеевич.</i> Изучение затухания компонент тензора напряжений вдали от трещин сдвига в находящейся в закритическом состоянии геосреде методом численного моделирования.....	61
<i>Николова Юлия Игоревна, Соловьев А.А.</i> База данных по результатам оценок сейсмической опасности регионов Кавказ-Крым и Алтай-Саяны-Прибайкалье.....	62
<i>Носикова Наталья Сергеевна, Ягова Н.В., Пилипенко В.А.</i> Бестриггерные суббури и геомагнитные пульсации УЧН диапазона в высоких широтах.....	63
<i>Нумалов Артем Сергеевич.</i> Восстановление скоростных неоднородностей среды с использованием принципа обратимой волны.....	64
<i>Орлова Ирина Петровна, Капустян Н.К., Антоновская Г.Н., Осика В.И.</i> Возможности мониторинга напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов оснований антропогенных объектов.....	65
<i>Пасенко Александр Михайлович.</i> Существовал ли трансдокембрийский мегаконтинент? Тестирование гипотезы на основании палеомагнитных данных.....	66
<i>Передерин Фёдор Викторович, Алёшин И.М., Иванов С.Д., Холодков К.И.</i> Модификация системы регистрации геомагнитных данных на примере трехкомпонентного феррозондового магнитометра FGE.....	67
<i>Полунина Полина Алексеевна, Шапиро Н.М.</i> Детектирование и классификация вулканических землетрясений при помощи методов машинного обучения.....	68
<i>Прохорчук Александр Андреевич, Галиченко С.В., Анисимов С.В.</i> Моделирование переноса торона в конвективном атмосферном пограничном слое с расширенным спектром значений турбулентных параметров.....	69
<i>Разумный Сергей Дмитриевич, Горбатов Е.С., Стрельников А.А.</i> Палеосейсмическая активность южного борта кандалакшского грабена.....	70
<i>Родина Татьяна Андреевна, Варенцов И.М.</i> Первый этап обработки МТ данных геомагнитных обсерваторий на территории Японии в период мощного тихоокеанского землетрясения 2011 года.....	71
<i>Рудько Дмитрий Владимирович, Рудько С.В.</i> Природа естественной остаточной намагниченности в красноцветях Лопатинской свиты (Енисейский кряж).....	72
<i>Рязанова Мария Валерьевна, Дубиня Н.В.</i> Выбор оптимального места проведения минигидро-разрыва пласта для наиболее достоверной реконструкции профилей напряжений.....	73
<i>Рыбин Алексей Александрович.</i> Обзор имеющихся данных для создания модели региона исследований (Байкальской впадины).....	74

Саввичев Павел Александрович. Оценка активности разломов коры Италии и реконструкция поля напряжений земной коры.....	75
Сенцов Алексей Андреевич, Зайцев В.А., Агibalов А.О., Бардышев Г.П. Новейшая геодинамика Фенноскандинавского щита и её влияние на сейсмичность Калининградской области.....	76
Стрельников Андрей Андреевич, Корженков А.М., Абдиева С.В., Лю Цзяо, Рогожин Е.А., Деев Е.В. Разрушение исторических поселений сильными землетрясениями в Ала-Баш – Конуроленской впадине, Тянь – Шань.....	77
Сысолин Александр Иванович, Овсяченко А.Н., Собисевич А.Л., Лиходеев Д.В. Потенциальные опасности грязевого вулканизма, на примере вулкана миска (г. Темрюк, Таманский п-ов).....	78
Тимофеева Вера Анатольевна, Михайлов В.О., Киселева Е.А. Исследование сейсмических и вулканических процессов в районе Курило-Камчатской зоны субдукции на основе спутниковых данных.....	79
Умаров Кароматулло Исмокович. О необходимости учета различного уровня ответственности конструктивных элементов несущих систем при оценке сейсмостойкости зданий.....	80
Фаттахов Евгений Альбертович. Анализ долговременной стабильности работы параллельных наклономеров, установленных на едином постаменте.....	81
Фирсов Илья Андреевич. Модифицированный ABS-алгоритм в решении обратной задачи гравиразведки.....	82
Холодков Кирилл Игоревич, Алёшин И.М. Использование пиринговых сетей для оперативной передачи геофизических данных.....	83
Чинкин Владислав Евгеньевич, Соловьев А.А. Оценка центров и масштабов конвективных вихрей в ионосфере.....	84
Чистякова Альвина Владимировна, Веселовский Р.В., Семёнова Д.В. Результаты U-Pb датирования детритных цирконов из пограничных пермо-триасовых отложений разреза Жуков овраг.....	85
Юдочкин Никита Анатольевич. Исследование специфики сейсмического и гравиградиентного фона в штольне БНО.....	86

Научное издание

Научная конференция молодых ученых и аспирантов
ИФЗ РАН, 22-23 апреля 2019 г.

Тезисы докладов и программа Конференции

Ответственный редактор:
к.ф.-м.н. В.В. Погорелов

Редактор: А.А. Стрельников

Оригинал-макет подготовлен в ИФЗ РАН
123242 Москва, ул. Б. Грузинская, д.10 стр.1

Утверждено к печати Редакционно-издательским советом ИФЗ РАН
Подписано в печать 01.07.2019. Формат 60x80 1/16
Усл.печ.л.: 6. Тираж 100 экз.

Отпечатано в ИФЗ РАН
Москва-2019