

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

**Научная конференция молодых ученых и аспирантов
ИФЗ РАН, 23-24 апреля 2018 г.**

**Тезисы докладов
и программа Конференции**

Москва – 2018

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

**Научная конференция молодых ученых и аспирантов
ИФЗ РАН, 23-24 апреля 2018 г.**

**Тезисы докладов
и программа Конференции**

Москва – 2018

УДК 55+52

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 - 92 с.

В сборнике публикуются тезисы докладов Научной конференции молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН, которая состоялась 23-24 апреля 2018 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. Сорокин

Оргкомитет Конференции:

Председатель:

Р.В. Веселовский - д.г.-м.н., заместитель директора ИФЗ РАН

Секретарь:

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

Члены оргкомитета:

Д.В. Гаврюшкин – помощник секретаря Конференции

А.А. Сорокин – технический секретарь Конференции.

Программный комитет Конференции:

Председатель Программного комитета:

Веселовский Р.В., д.г.-м.н., ИФЗ РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова

Заместитель председателя Программного комитета:

Филатов Д.М., к.ф.-м.н., PhD, ИФЗ РАН

Ученый секретарь Конференции:

Погорелов В.В., к.ф.-м.н., ИФЗ РАН

Члены Программного комитета:

П.С. Михайлов, к.т.н., ИФЗ РАН

Н.В. Дубиня, ИФЗ РАН

Конференция организована при поддержке гранта Правительства РФ №14.Z50.31.0017

Тематическая секция по направлению «Геодинамика и палеомагнитные исследования» проведена совместно с Общественным семинаром по палеомагнетизму и магнетизму горных пород (руководитель: д.ф.-м.н. В.Э. Павлов) при активном участии сотрудников лаборатории Археомагнетизма и эволюции магнитного поля Земли (106) ИФЗ РАН.

В рамках данной секции молодыми учеными, аспирантами и студентами – участниками проекта по теме «Эволюция геомагнитного поля и взаимодействие планетарных оболочек» представлены некоторые полученные результаты

Программа
Научной конференции молодых учёных и аспирантов ИФЗ РАН-2018
23-24 апреля 2018 г., ИФЗ РАН, Москва

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

Понедельник, 23 апреля 2018 г. Утренняя секция

Секция 1:		Сейсмология и оценка сейсмической опасности		10:00-14:20	
Открытие конференции					9:45
№	ФИО докладчика	Название доклада	Место работы/учебы автора доклада	Время начала доклада	
1	Сорокин Андрей Андреевич	Результаты полевых исследований в юго-восточной части Иссык-Кульской впадины, Тянь-Шань	ИФЗ РАН	10:00	
2	Белобородов Денис Евгеньевич	К вопросу о складчатых и разрывных структурах, контролирующих грязевой вулканизм Керченского полуострова	ИФЗ РАН	10:15	
3	Щепалина Полина Денисовна	Динамика сейсмической активности до и после крупнейших землетрясений мира 1985-2017 годов	РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, ИТПЗ РАН	10:30	
4	Алексеев Роман Сергеевич	Реконструкция напряженного состояния коры Гималаев до и после катастрофического землетрясения в Непале	ИФЗ РАН	10:45	
5	Батов Алексей Владимирович	Поиск очагов возможных марсотрясений	ИПУ РАН, ИФЗ РАН	11:00	
6	Павленко Василий Александрович	Оценка предела графика сейсмической опасности с использованием теории экстремальных значений	ИФЗ РАН	11:15	
7	Галина Наталья Александровна	Влияние декластеризации каталогов землетрясений на оценку сейсмической опасности	МГУ им. М.В. Ломоносова, ИФЗ РАН	11:30	
8	Карцева Татьяна Игоревна	Параметры самоподобия афтершоковых последовательностей	МГУ им. М.В. Ломоносова, ИФЗ РАН	11:45	
	кофе-брейк 15 мин			12:00	

9	Маневич Александр Ильич	Возможности использования нейросетевого подхода для интерполяции полей смещений земной поверхности по данным ГНСС-наблюдений	ГЦ РАН, Горный институт НИТУ «МИСиС»	12:15
10	Никитина Маргарита Александровна	Применение метода функций Грина для моделирования синтетических сейсмограмм (на примере главного события из роя 31 июля 2010 года вблизи острова Валаам)	ИТПЗ РАН	12:30
11	Казначеев Павел Александрович	Анализ статистических параметров потока событий термоакустической эмиссии	ИФЗ РАН	12:45
12	Иноземцев Максим Александрович	Методы получения исходных акселерограмм при оценке сейсмической опасности	МГУ им. М.В. Ломоносова	13:00
13	Карташов Иван Максимович	Вариации уровня воды в скважинах в области наведенной сейсмичности Койна-Варна, Западная Индия	МГУ им. М.В. Ломоносова, ИФЗ РАН	13:15
14	Демидкова Анастасия Николаевна	Исследование сейсмических линейных колебаний по данным геофизической обсерватории "Бирюлёво" ИФЗ РАН	ИФЗ РАН	13:30
кофе-брейк 15 мин				13:45
Постерная секция:				14:00 - 14:20
П15	Крылов Артём Александрович	Особенности использования метода эмпирической функции Грина для синтеза акселерограмм в рамках инженерно-сейсмологических работ на площадках	Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН	14:00
П16	Сысолин Александр Иванович	Результаты изучения Тобечикского разлома (Керченский п-ов, Крым)	ИФЗ РАН	14:00
П17	Сенцов Алексей Андреевич	Новейшая геодинамика Калининградской области и сопредельных территорий по результатам компьютерного моделирования	ИФЗ РАН	14:00

Понедельник, 23 апреля 2018 г. Вечерняя секция

Секция 2: Геомеханика и сейсмоакустика 14:30 - 20:00				
Открытие вечерней секции				14:20-14:30
№	ФИО докладчика	Название доклада	Место работы/учебы автора доклада	Время начала доклада
1	Фокин Илья Владимирович	Экспериментальные исследования деформирования образцов горных пород в условиях, допускающих устойчивое развитие трещин	ИФЗ РАН	14:30
2	Ксенофонтова Марина Александровна	Выявление инженерно-геологических опасностей на шельфе по результатам динамического анализа сейсмоакустических данных	ИФЗ РАН	14:45
3	Гасеми Мохаммадфарид	Теоретические и экспериментальные исследования карбонатных пород для оценки статических модулей упругости	ИФЗ РАН	15:00
4	Равилов Николай Шавкатович	Корреляционные связи между статическими и динамическими упругими параметрами карбонатных пород	РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина	15:15
5	Алексеев Михаил Владиславович	Математическое моделирование пиролиза керогена во вмещающей среде	ИПМ им. М.В.Келдыша РАН	15:30
6	Бондаренко Никита Борисович	Динамика акустической эмиссии при фильтрации флюида в нагруженном образце горной породы	МГУ им. М.В. Ломоносова, ИФЗ РАН	15:45
кофе-брейк 15 мин				16:00-16:15
7	Блонский Артём Вадимович	Моделирование процессов вытеснения в трещиноватых средах с кавернами	МФТИ	16:15
8	Русина Оксана Алексеевна	Исследование эволюции флюидопроводящих трещин в ходе разработки месторождения углеводородов	МГУ им. М.В. Ломоносова, ИФЗ РАН	16:30
9	Лермонтова Анастасия Сергеевна	Метод определения приповерхностных углов погружения плоскостей разломов по данным о рельефе на примере Северного Тянь-Шаня	ИФЗ РАН	16:45
10	Рязанова Мария Валерьевна	Оценка влияния концентрации напряжений в околоскважинном пространстве на значения упругих модулей, рассчитанных по данным ГИС	ЦПГИ ИФЗ РАН	17:00

11	Захаров Олег Владимирович	Опыт применения искусственной нейронной сети для анализа каротажных данных	ИФЗ РАН	17:15
12	Саввичев Павел Александрович	Сравнение методики реконструкции напряжений М.-L. Zobak и в методе катакластического анализа Ю.Л. Ребецкого	ИФЗ РАН	17:30
кофе-брейк 15 мин				17:45-18:00
13	Лозовский Илья Николаевич	Контроль качества бетона буронабивных свай в основании автомобильной эстакады межскважинным ультразвуковым методом	ЦГЭМИ ИФЗ РАН, ООО «ЭГЕОС»	18:00
14	Власов Даниил Александрович	Определение нагрузки, передаваемой сваей, заделанной в скальный массив, на дно скважины в условиях сжатия	МГСУ	18:15
15	Егоров Николай Александрович	Определение затухания ультразвуковых волн в цилиндрических образцах горных пород методом спектральных отношений	ИФЗ РАН	18:30
16	Преснов Дмитрий Александрович	Предварительные результаты сейсмоакустических измерений в ледовых условиях	ИФЗ РАН	18:45
17	Галаев Владимир Евгеньевич	Математическое моделирование распространения сейсмического сигнала в вертикально-слоистой упругой среде	ИФЗ РАН	19:00
18	Жостков Руслан Александрович	Влияние рельефа на результаты микросейсмического зондирования и учет вызванных им искажений	ИФЗ РАН	19:15
кофе-брейк 15 мин				19:30-19:45
Постерная секция:				19:30
П18	Котов Андрей Николаевич	Сравнение различного рода источников сейсмических сигналов, не требующих спецоборудования	ИФЗ РАН	19:30
П19	Березина Ирина Александровна	Анализ упругих свойств карбонатных пород	ИФЗ РАН	19:30
Закрытие первого дня конференции				19:50-20:00

Вторник, 24 апреля 2018 г. Утренняя секция

Секция 3:		Технологии геофизического мониторинга	10:00-14:20	
Открытие второго дня конференции				10:15 - 10:30
№	ФИО докладчика	Название доклада	Место работы/учебы автора доклада	Время начала доклада
1	Холодков Кирилл Игоревич	Неустаревающая среда разработки для манипуляции данными в формате GREIS	ИФЗ РАН	10:30
2	Малыгин Иван Вячеславович	Верификация экспертной системы прогнозирования образования ледовых заторов на Северной Двине	ИФЗ РАН	10:45
3	Иванов Станислав Дмитриевич	Система управления центром агрегации данных ИФЗ РАН	ИФЗ РАН	11:00
4	Юдочкин Никита Анатольевич	Наклономерные и деформометрические наблюдения на ГОК "Ловозерский"	ИФЗ РАН	11:15
5	Фаттахов Евгений Альбертович	Анализ результатов геодеформационного мониторинга на месторождении имени Ю. Корчагина	ИФЗ РАН	11:30
6	Малыгин Евгений Вячеславович	Моделирование потоков тяжелых металлов в речных водах методами машинного обучения	МГУ им. М.В. Ломоносова	11:45
	кофе-брейк 15 мин			12:00 -12:15
7	Козьмина Алина Сергеевна	Оценка объемной активности торона по данным измерений сейсмической радоновой станции	ГО "Борок" ИФЗ РАН	12:15
8	Прохорчук Александр Андреевич	Оценка влияния системы атмосферных электрических токов на формирование электропроводности атмосферного пограничного слоя	ГО "Борок" ИФЗ РАН	12:30
9	Родина Татьяна Андреевна	Необходимость синхронных наблюдений электромагнитного поля при исследовании геодинамических процессов	ЦГЭМИ ИФЗ РАН	12:45
10	Лавров Иван Павлович	О воздействии индустриальной активности на вариации типов механизмов землетрясений	ГО "Борок" ИФЗ РАН	13:00

11	Передерин Фёдор Викторович	Мобильная регистрация ГНСС сигналов с высокой частотой опроса	ИФЗ РАН	13:15
12	Боев Иван Алексеевич	Сравнительный анализ акселерометров, применяемых в системах инерциальной навигации КА	ИФЗ РАН	13:30
кофе-брейк 15 мин				13:45
Постерная секция:				14:00 - 14:20
П13	Попова Елена Петровна	Исследование устойчивости ориентации космического аппарата, оснащенного парусом, под действием интенсивного лазерного луча	ИФЗ РАН	14:00
П14	Климанова Екатерина Вадимовна	Вариации объемной активности радона в период таяния снежного покрова	ГО "Борок" ИФЗ РАН	14:00
П15	Афиногенов Константин Викторович	Аэростатная платформа и наблюдения атмосферного электричества над поверхностью воды	ГО "Борок" ИФЗ РАН	14:00

Вторник, 24 апреля 2018 г. Вечерняя секция

Секция 4: Геодинамика и магнитные свойства горных пород 14:30 - 20:00				
Открытие вечерней секции				14:20-14:30
№	ФИО докладчика	Название доклада	Место работы/учебы автора доклада	Время начала доклада
1	Сальная Наталья Викторовна	Возможности и проблемы археомагнитологии	ИФЗ РАН	14:30
2	Смирнов Михаил Анатольевич	Модернизация программируемого трехкомпонентного термомагнитометра для исследований в области палеомагнетизма и магнетизма горных пород	ГО "Борок" ИФЗ РАН	14:45
3	Пасенко Александр Михайлович	Положение Сибирской платформы в рифее по палеомагнитным данным	ИФЗ РАН	15:00
4	Корзинова Анастасия Сергеевна	Магнитные свойства и рентгенофазовый анализ базальтовых порфиритов, отобранных в районе залива Кокса (Минусинская впадина)	ГО "Борок" ИФЗ РАН	15:15
5	Попова Елена Петровна	Нелинейные взаимодействия гармоник динамо-волн	ИФЗ РАН	15:30

6	Ульяхина Полина Сергеевна	Палеомагнетизм пермo-триасовых интрузий Норильского региона: значение для генезиса рудоносных интрузий	МГУ им. М.В. Ломоносова, ИФЗ РАН	15:45
кофе-брейк 15 мин				16:00-16:15
7	Грачев Роман Александрович	Сравнение свойств химической и термоостаточной намагниченностей на различных стадиях окисления титаномагнетита	МГУ им. М.В. Ломоносова	16:15
8	Матвеев Максим Алексеевич	Процессы плавления в зоне динамической подвижки	ИФЗ РАН	16:30
9	Кронрод Екатерина Викторовна	Химический состав трехслойной мантии Луны, полученный на основе геофизических данных	ГЕОХИ РАН	16:45
10	Аносова Майя Борисовна	Палеомагнетизм, магнитные свойства и геохимические особенности рифейских интрузивных тел северной части башкирского антиклинория (Южный Урал)	МГУ им. М.В. Ломоносова	17:00
11	Фетисова Анна Михайловна	Намагниченность красноцветов Недубровской пачки и ее значение для магнитостратиграфии пограничных отложений пермo-триаса Русской плиты	МГУ им. М.В. Ломоносова, ИФЗ РАН	17:15
12	Гордеев Никита Александрович	Результаты исследования неотектоники и геодинамики северо-востока Восточно-Сибирской платформы за период 2014-2018 гг.	ИФЗ РАН	17:30
кофе-брейк 15 мин				17:45-18:00
13	Чмерев Виктор Сергеевич	Определение величины напряженности магнитного поля Земли в девоне по образцам даек Кольского полуострова	МГУ им. М.В. Ломоносова	18:00
14	Бондарь Иван Владимирович	Напряженное состояние южной части Хибинского массива по данным геологических индикаторов деформаций	ИФЗ РАН	18:15
15	Андреева Надежда Вячеславовна	Корреляция геолого-геоморфологической выраженности и глубинного строения активных разломов на территории Керченско-Таманского региона	ИФЗ РАН	18:30
16	Детярева Елена Борисовна	Изучение перспективности применения петромагнитных данных для реконструкции палеоклимата на примере такырных отложений Западного Туркменистана	ИФЗ РАН	18:45:00

17	Горбатов Евгений Сергеевич	Деформационные структуры в позднечетвертичных отложениях восточной части Балтийского щита	ИФЗ РАН	19:00
18	Мягков Дмитрий Сергеевич	Численное моделирование формирования дополнительного латерального нормального напряжения за счёт денудации	ИФЗ РАН	19:15
19	Рудько Дмитрий Владимирович	Циклостратиграфический анализ лопатинской свиты: к вопросу о гиперактивности геомагнитного поля в позднем докембрии	ИФЗ РАН	19:30:00
20	Федюкин Иван Владимирович	Палеогеографическое положение Сибирской платформы в позднепалеозойское и мезозойское время	ИФЗ РАН	19:45
кофе-брейк 15 мин				20:00
Постерная секция:				20:00
П20	Афиногенова Наталья Александровна	Влияние скорости охлаждения на величину термоостаточной намагниченности	ГО "Борок" ИФЗ РАН	20:00
П21	Афиногенова Наталья Александровна	Экспериментальное изучение влияния термохимического намагничивания титаномагнетитсодержащих базальтов на определения палеонапряженности по методике Телье-Коз: предварительные результаты	ГО "Борок" ИФЗ РАН	20:00:00
П22	Лозовский Илья Николаевич	Массив МТ/МВ зондирований KIROVOGRAD: оценка влияния аномалий магнитной проницаемости на МТ/МВ данные	ЦГЭМИ ИФЗ РАН, ООО «ЭГЕОС»	20:00:00
Закрытие конференции				20:15-20:30

Тезисы докладов
Научной конференции молодых учёных и аспирантов ИФЗ РАН
23-24 апреля 2018 г., ИФЗ РАН, Москва

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПИРОЛИЗА КЕРОГЕНА ВО ВМЕЩАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Алексеев Михаил Владиславович (асп.), Савенков Е.Б.
ИПМ им.М.В. Келдыша РАН
mikhail.alekseev@phystech.edu
(устный доклад)

В ходе разработки нефтяных месторождений, содержащих керогеновые фракции, процессы, протекающие на масштабах пор, влияют на напряженно-деформированное и тепловое состояние пласта в целом. Детальный анализ этих процессов методами математического моделирования позволит более точно прогнозировать влияние на свойства среды факторов, возникающих при разработке.

Для описания поведения упругой среды до образования связанной пористости, содержащей пустоты с химически активным наполнителем, предложена самосогласованная математическая модель, включающая в себя уравнения термомеханики, расчет фазового равновесия и изменения массовых долей веществ за счет химических реакций [1].

При расчете фазового равновесия учитывается произвольное число компонент, распределенных между твердой фазой скелета породы и тремя подвижными фазами (жидкой и газообразной углеводородных и водной). Для описания термодинамического поведения компонент и фаз используются кубические уравнения состояния [2].

Поведение системы описывается тремя группами уравнений, в которые входят законы сохранения для вмещающей среды [3], уравнения, описывающие состояние вещества в пустотах с условиями согласования на границах пустот и законы изменения массовых долей вещества в пустотах.

Полученная система уравнений решается численно с использованием методов декомпозиции области и расщепления по физическим процессам. В работе представлены результаты моделирования с использованием разработанного подхода.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-29-15078 офи_м).

Список литературы:

1. Alekseev M. V. , Kuleshov A. A. , Savenkov E. B. Thermomechanical model for impermeable porous medium with chemically active filler // *Matem. Mod.*, 2017. **29**:12 pp.117–133
2. Prausnitz J.M., Lichtenthaler R.N., de Azevedo E.G. Molecular thermodynamics of fluid-phase equilibria. (3rd Ed.). Prentice Hall, 1998. - 864 p.
3. Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н. Математические модели термомеханики. М.: Физматлит, 2002. - 168 с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОРЫ ГИМАЛАЕВ ДО И ПОСЛЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В НЕПАЛЕ 25.04.15

Алексеев Роман Сергеевич

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

ИФЗ РАН

rs.alekseev@physics.msu.ru

(устный доклад)

25 апреля 2015 года в 06 час 11 мин гринвичского времени в Непале произошло катастрофическое землетрясение, получившее собственное название Горкха (Gorkha) [4]. По различным данным, приведенным в работе [3], магнитуда землетрясения оценена в интервале от 7.9 (Европейско-Средиземноморский сейсмологический центр) до 8.1 (сейсмологический центр Китая). По данным Службы срочных донесений Геофизической службы РАН эпицентр главного толчка располагался в точке с координатами 28.18° с.ш., 84.78° в.д. Глубина гипоцентра в различных источниках варьируется от 13 до 20 км. Исходя из этого было принято решение выполнить реконструкцию напряженного состояния участка коры, область которого захватывает очаг землетрясения для глубинного диапазона от 0 до 25 км. Для реконструкции напряжений использовался метод катакластического анализа разрывных смещений [1] (МКА). Первая часть реконструкции опиралась на сейсмологические данные о механизмах очагов землетрясений в период, предшествовавший катастрофическому землетрясению (с 1976 – 2015 гг.). Было установлено [5], что на данных глубинах присутствовала область пониженного уровня эффективного давления, которая является наиболее предпочтительной для развития хрупкого разрушения. Реконструкция напряжений показала, что в коре Гималаев наблюдается режим горизонтального сжатия, а рядом с ней соседствуют большие участки коры с горизонтальным растяжением. Согласно данным современного напряженного состояния, горные области Гималаев выглядят как зона выдавливания вверх коры между жесткой Индийской плитой и наваливающимися на нее с севера горных масс Тибетского плато [5]. Вторым этапом работы стало выполнение реконструкции напряженного состояния коры после землетрясения 25.04. Для этой реконструкции были собраны данные об афтершоках, магнитуда, одного из которых была оценена как 7.3 [6]. Проведено сопоставление данных двух реконструкций. Нужно учитывать, что в силу небольшого числа событий (механизмы очагов которых определены и опубликованы), произошедших после землетрясения, параметры расчета второго этапа сильно рознятся с изначальными.

Список литературы:

1. Ребецкий Ю.Л. Тектонические напряжения и прочность горных массивов. М.:Академкнига, 2007. - 406 с.
2. Ребецкий Ю.Л., Алексеев Р.С. Поле современных напряжений Средней и Юго-Восточной Азии // Геодинамика и Тектонофизика. 2014. 5 (1). с.257–290. doi:10.5800/GT2014-5- 1-0127
3. Маловичко А.А., Габсатарова И.П., Коломиец М.В., Чепкунас Л.С. Катастрофическое землетрясение 25 апреля 2015г. в Непале. Анализ сейсмологических данных // Сейсмические приборы. 2015. Том 51. №3.
4. Рогожин Е.А., Лутиков А.И., Собисевич Л.Е., То Шень, Канониди К.Х. Землетрясение Горкха 25 апреля 2015 года в Непале: тектоническая позиция, афтершоковый процесс и возможности прогнозирования развития сейсмической ситуации // Физика Земли. 2016. №4.
5. Алексеев Р.С. Напряженное состояние коры Гималаев перед землетрясением в Непале 25.04.15 // Конференция молодых ученых ИФЗ РАН, 24-26 апреля 2017 г.. Тезисы докладов и программа Конференции. М.: ИФЗ РАН, 2017 – с.14
6. Lindsey E.O., Natsuaki R., Xu X., Shimada M., Hashimoto M., Melgar D., Sandwell D.T. Line-of-sight displacement from ALOS-2 interferometry: Mw7.8 GorkhaEarthquake and Mw7.3 aftershock // Geophys. Res. Lett. 2015. Vol.42. pp. 6655–6661 doi:10.1002/2015GL065385

КОРРЕЛЯЦИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ВЫРАЖЕННОСТИ И ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ НА ТЕРРИТОРИИ КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОГО РЕГИОНА

Андреева Надежда Вячеславовна

н.с., Лаборатория сейсмотектоники и сейсмического микрорайонирования (701)

ИФЗ РАН

znv@ifz.ru

(устный доклад)

Современная сейсмическая активность в Керченско-Таманском регионе невысока, но многочисленные исторические, археологические и геологические данные свидетельствуют о высокой сейсмичности региона [1-5]. Современная тектоническая активность проявлена разнообразными деформациями молодых отложений и форм рельефа, грязевым вулканизмом и перестройкой речной сети.

При недостаточности инструментальных сейсмологических данных для оценки сейсмической опасности используют палеосейсмологические и неотектонические исследования. Однако, в Керченско–Таманском регионе такие исследования затруднены плохой обнаженностью, широким развитием оползней, мощным покровом плохо стратифицированных лёссовидных суглинков, активными абразионными и эрозионно-склоновыми процессами, а также сильным изменением поверхности деятельностью человека. При этом строение глубоких горизонтов осадочного чехла замаскировано мощной толщей пластичных глинистых отложений. В таких условиях особую важность приобретает совместное использование геологических и геофизических методов с изучением приповерхностных структур на глубине. В докладе сопоставлены результаты исследований активных разломов [4-6] с данными о глубинном строении, полученными методом микросейсмического зондирования (ММЗ) [7].

Проведенные полевые исследования показывают, что выделенные и изученные на поверхности по геологическим данным активные разломы хорошо коррелируют с результатами ММЗ, а именно, в разрезах по ММЗ разломы отчетливо выделяются в виде вытянутых субвертикальных низкоскоростных тел или в виде смещений контрастных слоёв разреза на глубинах в первые километры. Так, в зонах Тобечикского, Южно-Азовского и Фанагорийского разломов на глубинах 7-12 км обнаружены высокоскоростные включения изометричной формы. Такие участки особенно интересны для постановки повторных измерений ММЗ в целях сейсмического прогноза.

Список литературы:

1. *Ананьин И.В.* Сейсмичность Северного Кавказа. М.: Наука, 1977. - 148 с.
2. *Масленников А.А., Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Мараханов А.В.* Следы сильных землетрясений на городище Полянка и Южно-Азовский активный разлом // Древности Боспора. 2017. Т. 21. С. 265-294.
3. *Никонов А.А.* Сейсмогеодинамика Крымского региона (по материалам за последние 2,6 тыс. лет). // Материалы XLVIII Тектонического совещания. Т.2. М.: Геос, 2016. С. 43-48.
4. *Овсяченко А.Н., Шварев С.В., Ларьков А.С., Мараханов А.В.* Следы сильных землетрясений Керченско-Таманского региона по геологическим данным // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т.42. № 3. с. 33-54.
5. *Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Рогожин Е.А.* Новые сведения об очагах сильных землетрясений в районе Керченского полуострова // ДАН. 2017. Т.472. № 1. С. 89-92.
6. *Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Вакарчук Р.Н., Горбатилов А.В., Ларьков А.С., Рогожин Е.А., Сысолин А.И.* Следы сильного землетрясения в средневековом городе Фанагория на Таманском полуострове // Геология и геофизика юга России. 2017. № 3. С. 78-94.
7. *Рогожин Е.А., Горбатилов А.В., Овсяченко А.Н.* Глубинное строение и активная тектоника зоны перехода от Западного Кавказа к Восточному Крыму // Материалы XLVII Тектонического совещания. Т. 2. М.: Геос, 2015. С. 104-108.

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ, МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РИФЕЙСКИХ ИНТРУЗИВНЫХ ТЕЛ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАШКИРСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Аносова Майя Борисовна², Латышев А.В.^{1,2}, Хотылев А.О.²

¹Институт Физики Земли имени О.Ю. Шмидт РАН,

²Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова;

Mai.anosova@yandex.ru

(устный доклад)

Изучаемые объекты – интрузивные тела базитового состава в районе гг. Бакал и Кусы, а также Бердяушский массив, – располагаются в ядре Башкирского антиклинория. Их образование связывают с рифейским этапом рифтового магматизма на Восточно-Европейской платформе.

Бердяушский pluton сложен сиенитами и гранитами рапакиви, прорванными дайками долеритов. U-Pb датировки гранитов и сиенитов Бердяушского массива дали возраст около 1370 млн. лет [1]. Для даек, секущих вмещающие мраморизованные доломиты саткинской свиты и пегматитовые жилы гранитоидов к востоку от Бердяушского массива, мы получили датировку 1349 ± 11 млн лет U-Pb методом (SHRIMP) по цирконам.

По геохимическим характеристикам выделяются два типа пород: 1) близкие к OIB и 2) близкие к E-MORB. При этом в большинстве анализов проявлено обеднение Ta-Nb и всеми высокочargedными элементами. У г. Бакал распространен второй геохимический тип. Севернее, в районе с. Бердяуш, присутствуют оба типа. В самом северном районе, около г. Кусы, выделяется только первый тип, близкий к OIB. Таким образом, степень обогащения магм и глубинность источника возрастает с юга на север.

В результате палеомагнитных исследований нами была выделена высокотемпературная компонента естественной остаточной намагниченности и рассчитан полюс для Восточно-Европейской платформы. Он близок к ранее опубликованным полюсам ВЕП с возрастaми 1265 и 1458 млн. лет [2,3]. Кроме того, была выделена компонента намагниченности, которая, скорее всего, является результатом позднепалеозойского синколлизионного перемагничивания.

По результатам исследования анизотропии магнитной восприимчивости в 50% интрузий наблюдается нормальный тип магнитной текстуры, при котором минимальная ось эллипсоида AMB перпендикулярна контакту тела. В таком случае мы интерпретировали ориентацию максимальной оси K1 как направление течения магмы. В дайках в районе с. Бердяуш в большинстве случаев ось K1 полого падает на СЗ, что отвечает внедрению магмы в ЮВ направлении, поперечному к Бакало-Саткинскому разлому. Мы предполагаем, что в рифейское время этот разлом действовал как региональная магноподводящая зона, контролировавшая формирование Бердяушского plutона и приуроченных к нему даек.

В силлах в районе г. Куса мы реконструировали течение расплава в СВ направлении, что совпадает с преобладающим простиранием даек в этом районе. Следовательно, в районе Кусы внедрение магматических тел контролировалось региональной зоной растяжения, параллельной Бакало-Саткинскому разлому.

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

Список литературы:

1. Ronkin Yu.L., Matukov D.I., Presnyakov S.L. et al. In situ U-Pb SHRIMP dating of the zircons from the nepheline syenites of the Berdaush pluton (the Southern Urals) // Lithosphere. 2005. №1. pp.135-142.
2. 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. Vol.319 (3). pp.167–198.
3. Salminen, J., Pesonen, L.J. Palaeomagnetic and rock magnetic study of the Mesoproterozoic sill, Valaam island, Russian Karelia // Precambrian Res. 2007. Vol.159, pp.212–230.

АЭРОСТАТНАЯ ПЛАТФОРМА И НАБЛЮДЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ВОДЫ

Афиногенов Константин Викторович (н.с.), Анисимов С.В., Гурьев А.В.

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН

aphin@borok.yar.ru

(стендовый доклад)

Исследование механизмов формирования глобальной электрической цепи (ГЭЦ) – одна из актуальных задач современной геофизики [1]. Электрические процессы в атмосферном пограничном слое (АПС), обусловлены как действием ГЭЦ, так и процессами регионального масштаба [2]. Применение современной измерительной аппаратуры для натурных наблюдений электричества АПС позволяет сформировать входные параметры, необходимые для математического моделирования электрического состояния АПС над сушей и водной поверхностью.

С целью осуществления натурных наблюдений высотных аэроэлектрических профилей АПС разработана, изготовлена и испытана в полевых условиях аэростатная аппаратная платформа. В качестве движущего подъемного элемента используется газовый аэродинамический привязной аэростат с рабочим объемом 75 м³ и грузоподъемностью 25 кг. Натурные полевые наблюдения атмосферного электричества над поверхностью воды осуществляются с помощью автономной плавучей платформы, построенной базе модульного понтона площадью 4 м².

Аппаратный состав экспериментальных платформ (аэростатной [3] и плавучей) представлен электростатическими флюксметрами, датчиками полярных удельных электропроводностей воздуха, датчиками концентраций аэрозольных частиц, радон-монитором, метеодатчиками, GPS приемником и барометрическим альтиметром. Специально для работы в составе экспериментальных платформ разработаны, изготовлены и испытаны электростатические флюксметры вибро-ротационного типа. Также разработаны и построены миниатюрные и быстрые опытные образцы датчиков полярных удельных электрических проводимостей воздуха. Питание автономных платформ осуществлялось от батарей аккумуляторов, что, в свою очередь, требовало от аппаратного обеспечения высокой энергоэффективности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 16-17-10209) и частичной поддержке РФФИ (грант № 15-05-04960).

Список литературы:

1. Анисимов С.В., Мареев Е.А. Геофизические исследования глобальной электрической цепи // Физика Земли. 2008. №10. С.8-18.
2. Анисимов С.В., Галиченко С.В., Шихова Н.М., Афиногенов К.В. Электричество конвективного атмосферного пограничного слоя: натурные наблюдения и численное моделирование // Физика атмосферы и океана. 2014. Т.50. № 4. С. 445–454.
3. Анисимов С.В., Афиногенов К.В., Гурьев А.В. Аппаратная платформа аэростатных аэроэлектрических наблюдений // Научное приборостроение. 2017. Т. 27. №1 С. 21-24.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО
НАМАГНИЧИВАНИЯ ТИТАНОМАГНЕТИТСОДЕРЖАЩИХ БАЗАЛЬТОВ НА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАЛЕОНАПРЯЖЕННОСТИ ПО МЕТОДИКЕ ТЕЛЬЕ-КОЭ:
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Афиногенова Наталья Александровна (инж.), Грибов С.К., Смирнов М.А.
*Лаборатория палеомагнетизма и физико-химических свойств горных пород, Геофизическая
обсерватория «Борок» ИФЗ РАН*
aphina312@mail.ru
(стендовый доклад)

Для оценки степени искажения палеомагнитной информации по изверженным породам с преобразованной *in situ* титаномагнетитовой (ТМ) фракцией проведено лабораторное моделирование образования термохимической остаточной намагниченности (TCRM) на толеитовых базальтах Красноморского рифта, содержащих ТМ с температурой Кюри около 200⁰С. TCRM создавалась в термомагнитометре при выполненных на воздухе непрерывных охлаждениях образцов базальтов со скоростью 1⁰С/час в интервале температур 570÷200⁰С в присутствии внешнего постоянного магнитного поля $B_{TCRM} = 50$ мкТ. Дополнительно проведено комплексное детальное изучение минералогических и магнитных характеристик как исходных, так и прогретых образцов-дублей с помощью сканирующей электронной микроскопии, рентгеноспектрального электронно-зондового анализа, порошковой рентгеновской дифрактометрии, а также термомагнитного анализа и измерения параметров петель магнитного гистерезиса, что позволило закрепить TCRM связать с возникновением обедненной титаном титаномагнетитовой фазы (близкой к магнетиту) как продукта высокотемпературного гетерофазного окисления исходного ТМ в ходе наложенного в лаборатории процесса медленного остывания базальтов от 570⁰С в воздушной среде. На образцах, содержащих TCRM, выполнены эксперименты по моделированию методики Телье-Коэ определения палеонапряженности геомагнитного поля [1,2]. По файлам полученных данных построены диаграммы Араи-Нагата [3] и на их основе проведена оценка достоверности определения напряженности B_{TCRM} . Показано, что применение данной методики дает заниженную на 6 % величину магнитного поля относительно истинного, действовавшего при образовании TCRM. С палеомагнитной точки зрения этот результат свидетельствует о незначительном влиянии стадии высокотемпературного гетерофазного окисления титаномагнетитовой фракции базальтов в течение первичного остывания породы на палеоинформативность их остаточной намагниченности.

Список литературы:

1. *Thellier E., Thellier O.* Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique // Ann. Geophys. 1959. V. 15. P. 285-376.
2. *Coe R.S.* The determination of paleointensities of the Earth's magnetic field with special emphasize on mechanisms which could cause nonideal behavior in Thellier method // J. Geomag. Geoelectr. 1967. V. 19. N 3. P. 157-179.
3. *Nagata T., Arai Y., Momose K.* Secular variation of the geomagnetic total force during the last 5000 years // J. Geophys. Res. 1963. V. 68. N 18. P. 5277-5281.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ ТЕРМОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ

Афиногенова Наталья Александровна (инж.), Жидков Г. В., Щербаков В. П., Смирнов М. А.

Лаборатория палеомагнетизма и физико-химических свойств горных пород

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН

grigor@borok.yar.ru

(стендовый доклад)

Для определения величины палеонапряженности геомагнитного поля обычно используются методы, основанные на методе Телье, в котором идет сравнение естественной древней термоостаточной намагниченности и лабораторной термоостаточной намагниченности. При этом принимается, что величина термоостаточной намагниченности имеет линейную зависимость от внешнего магнитного поля, действующего во время остывания горной породы и образования термоостаточной намагниченности. Однако, время остывания образцов в лабораторных условиях в зависимости от конструктивных особенностей приборов может отличаться приблизительно от 20 минут до 2-3 часов. Иначе говоря, средняя скорость остывания в различные моменты эксперимента может быть примерно от 2-4 до 0.06 град./сек. В данной работе проведены исследования величины парциальной термоостаточной намагниченности созданной при разных скоростях охлаждения на образце содержащем псевдооднородные зерна титаномагнетита. В результате получено, что величина парциальной намагниченности, образованной при медленном охлаждении (0.5-0.2 град./с) систематически выше, чем при быстром охлаждении (3-1 град./с) примерно на 2-10%. Кроме того, величина термоостаточной намагниченности, созданной при медленном охлаждении после нагрева от комнатной температуры до верхнего температурного интервала рTRM («рTRM снизу»), может приближаться по величине к термоостаточной намагниченности, созданной при быстром охлаждении после нагрева до точки Кюри («рTRM сверху»).

ПОИСК ОЧАГОВ ВОЗМОЖНЫХ МАРСОТЯСЕНИЙ

Батов Алексей Владимирович

н.с., ИПУ РАН;

инж., Лаборатория происхождения, внутреннего строения и динамики Земли и планет (102)

ИФЗ РАН

batov@ipu.ru

(устный доклад)

Проведен анализ негидростатических напряжений в недрах Марса для двух типов реологических моделей: модели с литосферой и модели с литосферой и возможными областями подплавления в ней. Численное моделирование системы уравнений упругого равновесия гравитирующей планеты проведено с шагом 1x1 градус по широте и долготе до глубины 1000 км. Граничными условиями задачи служат данные топографии и гравитационного поля планеты, определяемые по отношению к референсной поверхности, за которую принимается равновесный референсный сфероид. В качестве критерия выбора возможных эпицентров марсотрясений приняты большие значения напряжений сдвига на фоне существенных растягивающих напряжений. Независимо от типа реологической модели, зоны высоких сдвиговых и растягивающих напряжений в коре и мантии выявлены под ударными бассейнами Эллада и Аргир, равнинами Ацидальское море, Аркадия и долиной Маринера.

Особое внимание уделено области посадки миссии InSight. Напряжения сдвига на глубине 5 км в этой области для модели с литосферой и возможной зоной подплавления на глубине 100-150 км составляют 8-10 МПа, а напряжения растяжения достигают 20 МПа. Тем самым можно надеяться, что, если в этом районе имеется некоторая сейсмическая активность, это будет зарегистрировано сейсмической станцией.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-32-00875)

Список литературы:

1. Banerdt W.B., Phillips R.J., Sleep N.H. et al. Thick shell tectonics on one plate planets: application to Mars // JGR. 1982. V.87. B12. P.9723-9734.
2. Panning M.P., Lognonne Ph., Banerdt W.B., et al. Planned products of the Mars structure service for the InSight mission to Mars // Space Science Rev. 2017. DOI 10.1007/s11214-016-0317-5
3. Марченков К.И., Любимов В.М., Жарков В.Н. Расчет нагрузочных коэффициентов для заглубленных аномалий плотности // Докл. АН СССР. 1984. Т.15. № 2. С.583-586.
4. Жарков В.Н., Марченков К.И. О корреляции касательных напряжениях в литосфере Венеры с поверхностными структурами // Астрон. вестн. 1987. Т.21. №2. С.170-175.
5. Жарков В.Н., Марченков К.И., Любимов В.М. О длинноволновых касательных напряжениях в литосфере и мантии Венеры // Астрон. вестн. 1986. Т.20. №3. С.202-211.
6. Марченков К.И., Жарков В.Н. О рельефе границы кора-мантия и напряжениях растяжения – сжатия в коре Венеры // Письма в Астрон. журн. 1989. Т.15. № 2. С.182-190.
7. Konopliv A.S., Asmar S.W., Folkner W.M., et al. Mars high resolution gravity fields from MRO, Mars seasonal gravity, and other dynamical parameters // Icarus. 2011. V.211. pp.401-428.
8. Жарков В.Н., Гудкова Т.В. О модельной структуре гравитационного поля Марса // Астрон. Вестн. 2016. Т.50. С.250-267.

К ВОПРОСУ О СКЛАДЧАТЫХ И РАЗРЫВНЫХ СТРУКТУРАХ, КОНТРОЛИРУЮЩИХ ГРЯЗЕВОЙ ВУЛКАНИЗМ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Белобородов Денис Евгеньевич¹, Тверитинова Т.Ю.²

н.с., асп., Лаборатория физики землетрясений и неустойчивости горных пород (301) ИФЗ РАН

доц., Геологический факультет МГУ

DenBeloborodov@gmail.com, tvertat@yandex.ru

(устный доклад)

Для грязевого вулканизма распространённого на территории Керченского полуострова характерно «развитие складчатости со сложным многоярусным строением, с частым несовпадением структурных планов разных структурных этажей, наличием мощных толщ глинистых отложений – майкопских и меловых, самым широким развитием разрывной тектоники разных уровней – от глубинных и региональных разломов до мелких разрывных дислокаций, с определёнными системами складчатости в верхнем структурном этаже, широким развитием диапиризма» [1]. Предложенная нами схема разнопорядковых тектонических структур значительно отличается от существующих представлений о взаимосвязи грязевого вулканизма и тектонических структур региона.

В распределении грязевых вулканов Керченско-Таманской межпериклинальной зоны главную роль играют узловые структуры пересечения субширотных и поперечных (северо-восточного, северо-западного и субмеридионального простирания) флексурно-разрывных зон различного порядка. Можно наметить несколько порядков узловых структур. Первый порядок – межпериклинальная зона в целом, второй – системы широтных антиклинальных зон в поперечных блоках с различным эрозионно-денудационным срезом, третий – отдельные диапировые антиклинали, четвертый – сами грязевые вулканы, отражающие перекрестный структурный план расположения отдельных грязевулканических центров.

Распределение грязевых вулканов на Керченском п-ове определяется в основном пересечениями структур субширотного и северо-восточного простирания. Выраженность их различная – в пределах Юго-Западной равнины более четко выделяются складчатые структуры СВ ориентировки, во Внепарпачской области – широтные. Вместе с тем, распределение грязевых вулканов Юго-Западной равнины отражает влияние субширотного структурного направления, а Внепарпачской области – северо-восточного, что говорит о сходных условиях формирования структур, с которыми связан грязевой вулканизм в пределах всего Керченского п-ова.

Различная выраженность структурных планов широтного и северо-восточного простирания на наш взгляд связана с двумя главными причинами. Первая: структуры северо-восточного простирания являются более древними, по-видимому, позднекиммерийскими, тогда как широтные сформированы только в позднем кайнозое и лучше всего выражены в кайнозойском комплексе. Вторая: Внепарпачская область характеризуется развитием разнофациальных, в том числе карбонатных, надмайкопских отложений, в которых формирующаяся складчатая структура хорошо выражена и может длительно сохраняться. Юго-Западная равнина – область выхода на поверхность глинистой майкопской серии, лишенной «жесткой крыши». Формирующиеся здесь складчатые структуры не выражены, так как быстро денудированы.

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 межпериклинальной зоны, контролирующие грязевой вулканизм // Материалы I Тектонического совещания ПРОБЛЕМЫ ТЕКТониКИ И ГЕОДИНАМИКИ ЗЕМНОЙ КОРЫ И МАНТИИ. Т. 2. Москва, ГЕОС, 2018. С. 237–241.

АНАЛИЗ УПРУГИХ СВОЙСТВ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

Березина Ирина Александровна (асп.)¹, Краснова М.А.¹, Патонин А.В.²

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

² Геофизическая обсерватория “Борок” ИФЗ РАН

iberezina@ifz.ru

(стендовый доклад)

Одним из возможных путей повышения безопасности и эффективности бурения в ходе разработки месторождений нефти и газа является создание геомеханических моделей среды. Эти модели строятся с учетом моделей механических свойств породы. Они в свою очередь включает статические модули упругости и прочностные параметры. Наиболее часто используемый и «экономный» способ получения статических модулей состоит в пересчете данных акустического каротажа через зависимости «статические модули – динамические модули». В данной работе сделана попытка исследования связи статических и динамических свойств карбонатных пород.

В ходе работы были изучены 15 образцов карбонатных пород, принадлежащих к различным типам известняков: водорослевый, микритовый, органогенно-обломочный и оолитовый.

Комплекс исследований включал в себя: 1) ультразвуковую (УЗ) томографию [1] образцов стандартного размера (30х60 мм), в том числе измерения скоростей в направлениях под углом к оси керна при нормальных условиях; 2) измерения скорости продольной волны и деформационно-прочностных характеристик при трехосных испытаниях в условиях, имитирующие пластовые; 3) изучение микроструктуры породы с помощью оптического и электронного микроскопа, а также микрозондовые исследования составов минералов; 4) определение плотности, минерального состава и фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС).

По данным измерений скоростей упругих волн при нормальных условиях был определен полный тензор упругости породы и динамические модули упругости. Статические модули упругости (модуль Юнга и коэффициент Пуассона) определены на основе анализа кривых “напряжение – осевая деформация” и “напряжение – радиальная деформация”.

На основании комплекса исследований было выявлено, что все образцы изотропны с разной степенью неоднородности. Был произведен анализ упругих и коллекторских свойств известняков, из которого следует, что отличия оолитового известняка в микроструктуре закономерно обособили этот тип породы по свойствам. Остальные типы известняка группируются по свойствам и могут быть описаны единой эмпирической зависимостью между динамическим модулем Юнга и пористостью. Подтверждено, что наличие глинистых минералов и большой пористости сказывается в уменьшении значений упругих модулей. Связь статических и динамических модулей может быть аппроксимирована линейной зависимостью. Отношение статического модуля Юнга к динамическому варьируется от 1,08 до 1,74. Наибольшее значение соответствует наибольшей степени неоднородности образца, оолитовому типу.

Список литературы:

1. Петров В.А., Насимов Р.М. Способ определения неоднородностей упругих и фильтрационных свойств горных пород. Патент RU 2 515 332. 2012.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫТЕСНЕНИЯ В ТРЕЩИНОВАТЫХ СРЕДАХ С КАВЕРНАМИ

Блонский Артём Вадимович (асп.), Савенков Е.Б., Митрушкин Д.А.
МФТИ, Инжиниринговый центр МФТИ по трудноизвлекаемым полезным ископаемым
blonsky.av@cet-mipt.ru
(устный доклад)

В работе представлена физико-математическая модель двухфазного течения жидкости в дискретной трехмерной системе пересекающихся трещин (Discrete Fracture Network, DFN) [1], учитывающая наличие каверн на пересечениях трещин, через которые может протекать жидкость. Модель учитывает переменное раскрытие трещин, переменный диаметр сечения каверн, гравитационные и капиллярные силы. В рамках данной работы разработаны вычислительные алгоритмы, применяемые для моделирования однофазных и двухфазных течений в дискретных системах трещин с кавернами [2, 3]. Вычислительные алгоритмы основаны на методе Петрова-Галёркина [4] с кусочно-линейными базисными функциями и кусочно-постоянными пробными.

Методами численного моделирования проведены два исследования процессов вытеснения в трещиноватых средах с кавернами. В рамках первого исследования проанализировано влияние капиллярных сил, смачиваемости породы и геометрии проводящих каналов на процесс вытеснения в трещинах. В рамках второго исследования проанализировано влияние течения в кавернах на процесс вытеснения нефти водой в трещиновато-кавернозной среде при различных типах смачиваемости породы.

По результатам выполненных исследований показано, что капиллярные силы и геометрия каналов в трещине могут играть решающую роль в процессе вытеснения нефти водой, наличие каверн на пересечениях трещин может в определенных условиях оказать существенное влияние на показатели вытеснения.

Список литературы:

1. Блонский А.В., Митрушкин Д.А., Савенков Е.Б., Моделирование течений в дискретной системе трещин: физико-математическая модель // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2017. № 65. - 27 с. doi:10.20948/prepr-2017-65.
2. Блонский А. В., Савенков Е. Б., Математическая модель и алгоритм расчета течения в дискретной системе трещин с кавернами // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2017. № 133. - 18 с. doi:10.20948/prepr-2017-133.
3. Блонский А.В., Митрушкин Д.А., Савенков Е.Б., Моделирование течений в дискретной системе трещин: вычислительные алгоритмы // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2017. № 66. - 30 с. doi:10.20948/prepr-2017-66.
4. Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырский П.И./ Вычислительные методы. Том II. М.: Наука, 1977 - 400 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СИСТЕМАХ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ КА

Боев Иван Алексеевич

вед.инж., асп.. Лаборатория спутниковых методов изучения геофизических процессов (203)

ИФЗ РАН

bdfy9@yandex.ru

(устный доклад)

Как прибор получения первичной инерциальной информации, акселерометр напрямую влияет на ключевые параметры инерциальной навигационной системы (ИНС). Среди них: точность определения координат, ошибки ИНС и дрейф датчиков. Также, на характеристики ИНС влияет тип кинематических параметров уравнения ориентации. Чаще всего используются направляющие косинусы или кватернионы.

Для полноценной оценки технических характеристик ИНС используется математическое моделирование системы. Математическая модель системы основана на уравнении ориентации и математических моделях приборов ИНС (акселерометры и гироскопы).

Среди используемых в настоящее время в космической отрасли датчиков ускорения, можно выделить несколько типов акселерометров: микромеханические, кварцевые и электростатические. Основываясь на реальных измерениях приборов, их математических моделях, а также на их влиянии на работу ИНС, сформулированы требования к акселерометрам.

На данном этапе работы проводится сравнительный анализ разных типов акселерометров отечественного и зарубежного производства, формируются критерии выбора прибора для успешной работы в системах инерциальной навигации.

Список литературы:

1. Андреев О.Н., Дубовской В.Б., Калинин И.И. и др. Космические исследования: гравиинерциальные инструменты // Наука и технологические разработки. 2016. Т.95. № 4. С. 26-30.
2. Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем. М.: Наука, 1992.
3. Touboul P., Metris G., Selig H. et al. Gravitation and Geodesy with Inertial Sensors, from Ground to Space // Testing in Aerospace Research. 2016 pp. 1-16.

ДИНАМИКА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ ФЛЮИДА В НАГРУЖЕННОМ ОБРАЗЦЕ ГОРНОЙ ПОРОДЫ

Бондаренко Никита Борисович

Магистрант 1 г.о., Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

nb.bondarenko@physics.msu.ru

(устный доклад)

Проведение анализа процесса подготовки и развития землетрясения с учетом влияния присутствующей в геологической среде жидкости в естественных условиях сейсмоактивного района затруднительно, так как не известна степень насыщения флюидом области будущего очага. С другой стороны, природа наведенной сейсмичности связывается большинством исследователей с увеличением порового давления под действием дополнительных напряжений, возникающих при заполнении водохранилищ, или с диффузией порового давления. Поэтому лабораторное моделирование процесса фильтрации флюида в образце горной породы представляет значительный интерес.

Методика эксперимента заключалась в регистрации акустической эмиссии, вызванной увеличением порового давления. Исследование проводилось на образцах песчаника и гранитах. Для гранитов характерны крайне невысокие фильтрационно-емкостные свойства (пористость: $(0,05 \div 0,1) \%$, проницаемость: $(0,002 \div 0,005)$ мДа), что создает значительные трудности для проведения экспериментов с фильтрацией флюида. Чтобы преодолеть эту проблему были выполнены подготовительные эксперименты с термическим воздействием на образцы горных пород для увеличения степени разрушенности.

В результате было обнаружено следующее:

- скачок порового давления вызывает отклик акустической активности.
- разрушение развивается вместе с диффузией фронта обводнения: «облако» источников акустической эмиссии мигрирует от грани инъекции воды вдоль оси образца.
- обнаружен эффект задержки максимума акустического отклика относительно момента подачи порового давления (задержка активизации процесса разрушения при флюидной инициации в случае распространении флюида в сухой среде в несколько раз больше, чем при распространении фронта диффузии порового давления в насыщенной среде).
- использование термостимуляции позволило на порядок увеличить фильтрационно-емкостные свойства образцов горной породы.

Список литературы:

1. Потанина М.Г. и др. Особенности акустической эмиссии при флюидной инициации разрушения по данным лабораторного моделирования // Физика Земли. 2015. №2. С. 126-138
2. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Динамика разрушения моделей геологической среды при триггерном влиянии жидкости // Физика Земли. 2011. №10. С. 48-63
3. Шкуратник В.Л., Вознесенский А.С., Винников В.А. Термостимулированная акустическая эмиссия в геоматериалах. М.: Горная книга, 2015. -241с.
4. Lockner D.A. The role of acoustic emission in the study of rock fracture // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics. 1993. Vol.30. Iss.7. pp. 883-899
5. Shapiro S.A. Fluid-Induced Seismicity. Cambridge university press, 2015. – 289 p.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ХИБИНСКОГО МАССИВА ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ ДЕФОРМАЦИЙ

Бондарь Иван Владимирович (асп., вед.инж.), Маринин А.В.
Лаборатория фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики (204)

ИФЗ РАН

bond@ifz.ru

(устный доклад)

Район исследования расположен в пределах Хибинского щелочного массива и его обрамления. В Хибинском массиве уже почти 90 лет идет добыча апатит-нефелиновых руд. Месторождения разрабатываются как открытым, так и подземным способами, при этом происходит изменение напряженного состояния массива горных пород. В этом случае избыточные напряжения горизонтального сжатия представляют наибольшую опасность для горных выработок.

Обработка данных полевых замеров геологических стресс-индикаторов, собранных 2009-2016 гг. сотрудниками лаборатории тектонофизики ИФЗ РАН совместно с Д.В. Жировым (КНИЦ РАН), проводилась с помощью метода катакластического анализа Ю.Л. Ребецкого [2]. Для реконструкции напряженно-деформированного состояния использовалась программа *STRESSgeol*. Метод катакластического анализа позволяет определить количественные характеристики реконструируемых локальных стресс-состояний: положение осей главных напряжений/деформаций и коэффициент Лодэ-Надаи. При анализе систем тектонической трещиноватости разных кинематических типов с их объединением в устойчивые структурные ассоциации (парагенезы) применен структурно-парагенетический метод Л.М. Расцветаева [1]. Малые разрывные нарушения, зеркала скольжения, отрывы, жилы и другие используемые в данном методе геологические стресс-индикаторы несут информацию о разных этапах деформирования.

В пределах Хибинского массива существенно преобладают обстановки горизонтального сжатия, тогда как на остальной территории Кольского полуострова преимущественными являются обстановки горизонтального сдвига. Наиболее проявлено запад – северо-западное направление максимального сжатия, которое обуславливает и хорошо выраженную систему взбросовых зеркал скольжения и мелких разрывов север – северо-восточного простирания. Разнообразие ориентации осей главных напряжений и типов напряженного состояния может свидетельствовать о наличии внутренних источников тектонических напряжений. Для более тщательного анализа палеонапряжений и систем тектонической трещиноватости Хибинского массива необходимо получение дополнительной полевой тектонофизической информации по другим частям массива.

Список литературы:

1. Расцветаев Л.М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений. Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. Ч.2. М.: ГИН АН СССР, 1987.- С. 173-235.
2. Ребецкий Ю.Л. Тектонические напряжения и прочность горных массивов. М.: Наука, 2007. - 406 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ СВАЕЙ,
ЗАДЕЛАННОЙ В СКАЛЬНЫЙ МАССИВ,
НА ДНО СКВАЖИНЫ В УСЛОВИЯХ СЖАТИЯ

*Власов Даниил Александрович (студ.), Зерцалов М.Г.,
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет»
vlasov.daniil1994@gmail.com
(устный доклад)*

Обсуждены способы определения механических характеристик скального массива, используемые в рассматриваемом методе исследования взаимодействия буронабивных свай со скальным грунтом. Исследовался вопрос определения доли, сжимающий нагрузки, передаваемой свайей на скальные массивы средней прочности. Исследования проводились с использованием численного моделирования (МКЭ) совместно с методом планирования эксперимента. На основе результатов проведенных исследований было получено уравнение регрессии, позволяющие определить отношение нагрузки, приложенной к голове сваи к нагрузке под концом сваи Q_b/Q_t с заданными независимыми факторами: E_c/E_m – отношение модуля упругости бетона к модулю упругости скального массива и L/D – отношение длины сваи к её диаметру. На основании уравнения построены номограммы.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА В ВЕРТИКАЛЬНО-СЛОИСТОЙ УПРУГОЙ СРЕДЕ

Галаев Владимир Евгеньевич¹, Рок В.Е.²

¹ аспирант, ИФЗ РАН

² Отделение геоинформатики «ВНИИГеосистем», ФГБУ «ВНИГНИ»

vl.galaev@gmail.com, vladimir.rok@gmail.com

(устный доклад)

В работе рассмотрена задача о рассеянии сейсмического импульса в виде плоской волны с передним фронтом на вертикально-слоистую «пачку» идеально-упругих однородных изотропных слоев с параллельными плоскими границами. Построено точное решение задачи переходного (нестационарного) рассеяния сейсмического сигнала на «пачке» слоев при острых углах падения, чувствительное к порядку расположения различных слоёв внутри «пачки», и найдены выражения для рассеянных в сторону дневной поверхности продольных и поперечных компонент сейсмического поля. Данное решение может использоваться как эффективная модель тонкослоистой «пачки» при компьютерном моделировании распространения сейсмического импульса. Также полученные результаты могут быть использованы для определения эффективных законов временной и пространственной дисперсии, например, в тонкослоистой «пачке» с близкими по упругим свойствам слоями горных пород с плоскими параллельными границами. При решении уравнений движения упругих сред учитывались продольные и поперечные волны. В качестве источника упругих волн была выбрана плоская продольная волна с резким передним фронтом, падающая на «пачку» горизонтальных слоев из бесконечности для ограниченных углов падения начального импульса. При нахождении точного обобщённого решения использовался матричный метод описания упругого поля, предложенный В. Томсоном и Н. Хаскелом, Л.А. Молотковым и другими авторами.

Работа выполнена в рамках темы «Разработка программно-аппаратных комплексов для поиска, разведки, геофизического и геохимического мониторинга разработки месторождений углеводородов, в том числе в труднодоступных регионах и сложных природно-климатических условиях» при финансовой поддержке Минобрнауки России с использованием оборудования, приобретенного по Программе развития МГУ имени М.В. Ломоносова (Соглашение № 14.607.21.0187 о предоставлении субсидии от 26 сентября 2017. Уникальный идентификатор соглашения RFMEFI60717X0187)

Список литературы:

1. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. М.: Наука, 1973 - 343 с.
2. Thomson W. T., Transmission of Elastic Waves through a Stratified Solid Media // Journal of Applied Physics. 1950. Vol. 21. № 1. pp. 89-93
3. Молотков Л. А., Матричный метод в теории распространения волн в слоистых упругих и жидких средах. Ленинград: Наука, 1984. - 201 с.
4. Петрашень Г.И., Молотков Л.А., Крауклис П.В., Волны в слоисто-однородных изотропных упругих средах. Ленинград: Наука, 1982. - 288 с.
5. Wu Ru-Shan Multiple scattering and energy transfer of seismic waves – separation of scattering effect from intrinsic attenuation – I. Theoretical modelling. // Geophys. J. R. Astr. Soc. 1985. Vol. 82. pp.57-85

ВЛИЯНИЕ ДЕКЛАСТЕРИЗАЦИИ КАТАЛОГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ОЦЕНКУ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Галина Н.А.

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

студ., Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

na.galina@physics.msu.ru

(устный доклад)

Изучаются особенности различных методов предварительной обработки каталогов землетрясений в задачах оценки сейсмической опасности. Исследовалось влияние декластеризации – удаления из них зависимых событий – и выбора представительной магнитуды. Для анализа использовались каталоги регионов Камчатки и Кавказа, поскольку синтетические каталоги могут не отражать реальных особенностей региональной сейсмичности. Влияние декластеризации каталогов на расчеты сейсмической опасности иллюстрируется на примере Камчатки и Кавказа, где были выбраны пробные площадки. Рассмотрено три метода декластеризации: после их применения в каталогах остается разное количество событий. Построенные кривые опасности говорят о сложном «взаимодействии» декластеризации каталога с выбором представительной магнитуды, поскольку и то, и другое влияет на величину b , и не всегда можно заранее предсказать приведет ли это к увеличению или к уменьшению оценки b . Метод декластеризации, который оставляет в каталоге больше всего событий, не всегда дает наиболее высокую оценку опасности. В связи с этим стоит еще раз отметить, декластеризация каталогов требует определенной осторожности и внимательности, т.к. в противном случае эта процедура может непредсказуемо повлиять на конечный результат.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ДЛЯ ОЦЕНКИ СТАТИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ

Гасеми Мохаммадфарид (асп.), Баяк И.О

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

Mfgh_110@mail.ru

(устный доклад)

Методы теории эффективных сред позволяют учесть систему анизотропии включающихся компонентов среды и систему анизотропии включающей среды. На основе этих методов можно определить одни физические свойства через другие, что играет большую роль в случае невозможности экспериментального измерения некоторых из них. Целью настоящей работы является построение петроупругой модели породы-коллектора в сантиметровом масштабе, т.е. в масштабе образцов, которые обычно испытываются в лабораторных условиях. Эффективные упругие свойства определяются по характеристикам составляющих, имеющим размер в несколько микрометров. Характеристики этих составляющих включают объемные концентрации компонентов, параметры, характеризующие упругие свойства составляющих (модули упругости), их морфологические характеристики (форму, ориентацию, степень связности). В качестве уравнений, связывающих параметры модели и эффективные упругие свойства, взяты формулы метода обобщенного сингулярного приближения (ОСП) [1,2]. Данный метод хорошо зарекомендовал себя при применении к породам, которые являются коллекторами углеводородов, поскольку позволяет учитывать степень связности компонент, и, в частности, пустотного пространства. Как и большинство методов теории эффективных сред, данный метод основан на классическом решении, полученном Эшелби для упругих полей напряжений и деформаций в системе, состоящей из произвольной анизотропной матрицы и содержащей эллипсоидальное включение произвольной формы и ориентации. Включение имеет, в общем случае, анизотропные упругие свойства, но отличные от свойств матрицы [3]. Именно эллипсоидальность формы включения позволяет получить решение в аналитической форме.

На основе анализа микроструктуры породы, в разных масштабах представленного в первой части этой работы были построены параметрические математические модели упругих свойств исследуемых образцов. Основу такого моделирования составляет теория эффективных сред, которая позволяет в математической форме связать измеряемые физические свойства породы с параметрами ее микроструктуры.

Параметрами микроструктуры могут быть форма пустот (пор и трещин) и других включений, степень их связности, характеристики ориентации трещин, пор и других включений, емкость трещин [4]. Для построения моделей пород, представленных образцами керна С1, С2, С4, С5, была использована модель двойной пористости ("Модель 1"). Предполагалось, что пустотное пространство представлено пустотами двух видов – порами и трещинами. Форма пор и трещин аппроксимировалась эллипсоидами вращения, которые характеризуются аспектным отношением – аналогом относительной раскрытия пустот. Оба типа пустот имеют хаотическую ориентацию. Степень связности пустот описывается специальным параметром связности, который принимает значения от 0 до 1. Вследствие этого упругие свойства матрицы считались неизвестными, но изменяющимися в известных пределах относительно свойств, определенных по минеральному составу. Для выражения связи между эффективным тензором упругости и параметрами внутреннего строения среды использовался метод обобщенного сингулярного приближения [1,4]. Параметрами модели с двойной пористостью являлись: аспектное отношение пор, аспектное отношение трещин, параметр связности пустот, трещинная пористость. Под матрицей понимается вещество, не участвующее в возможном движении флюида, т.е. минеральные зерна, органическое вещество, кероген, связанная вода. Параметр связности в некоторой степени учитывает также извилистость пустотного пространства.

Для оолитового известняка, представленного керном С6, на основании анализа микроструктуры была построена математическая модель ("Модель II"), в основу которой положена иная модельная среда. Считалось, что модельная среда представлена двумя материалами: 1) трещиновато-пористой карбонатной вмещающей матрицей и 2) высокопористыми оолитами. Вторая среда (оолиты) в виде квази-изометричных включений находится в первой среде. Параметр связности двух сред аналогичен. Поры внутри оолитовой средой, поры и трещины карбонатной вмещающей матрицей хаотически ориентированы. Смотря на разницу между внутренней текстурой оолитовых зерен и карбонатного межзернистого цемента, предполагается что прочностные свойства пористых зерен оолитов и карбонатного цемента разные, которое в свою очередь свидетельствует о возможном

отличии микроморфологических свойств порового пространства внутри оолитов и межкристаллического порового пространства в карбонатном цементе.

Параметры второй модели являются: Доля оолитовой пористости, аспектное отношение пор карбонатной вмещающей матрицей и оолитовых пор, аспектное отношение трещин карбонатной вмещающей матрицей, и коэффициент связности.

Параметры моделей определяются методами нелинейной оптимизации с ограничениями по скоростям упругих волн, полученными усреднением значений скоростей, измеренных на стандартных цилиндрических образцах для каждой породы (обратная задача). В процессе работы программы нелинейной оптимизации наборы параметров, обеспечивающих приемлемое расхождение между усредненными экспериментальными значениями скоростей и их теоретическими значениями, запоминается. В качестве приемлемого расхождения можно выбрать стандартное отклонение скоростей соответствующего типа волн (продольных или поперечных) для каждого образца.

В общем случае число неизвестных параметров модели больше, чем известных параметров, на основе которых решается обратная задача. Так как увеличение числа неизвестных параметров приводит к повышению неопределенности в полученных результатах, проводится анализ чувствительности, который заключается в оценке влияния изменения исходных параметров модели на его конечные характеристики. Анализ чувствительности позволяет оптимизировать число неизвестных путем уменьшения количества не влияющих параметров.

Для геотехнических и инженерных целей необходимо оценить модули упругости геологических формаций. Оценка модулей упругости на основе акустических измерений является наиболее доступным и экономически эффективным методом. Однако экспериментальные и полевые наблюдения показывают, что косвенно измеренные величины модулей упругости (динамические модули) на основе акустических методов отличаются от измеренных в лаборатории в результате проведения одноосных и всесторонних испытаний на выбуренных образцах. Общепринятой практикой является оценка статических модулей упругости по динамическим модулям упругости на основе имеющихся эмпирических корреляций.

Поскольку структурные и минералогические параметры являются основными факторами, контролирующими механическое поведение пород, мы посвятили эту работу изучению влияния микроструктурных параметров на модули упругости. На основе определенных характеристик порового пространства исследуемых образцов, значение коэффициента трещиноватости и форма трещин являются наиболее влияющими параметрами на упругие свойства горных пород. Увеличение значения коэффициента трещиноватости и аспектного отношения трещин приводят к уменьшению величин упругих модулей и к увеличению значения K .

Форма пор в меньшей степени влияет на упругие свойства исследуемых образцов в рамках этой работы. Для образцов, содержащих поры со значением аспектного отношения пор, близким к единице (>0.7), величины динамических и статических модулей упругости выше, чем образцы, у которых значения аспектного отношения пор меньше 0.3.

Степень связности порового пространства (параметр f) имеет наименьшее влияние относительно значений коэффициента трещиноватости, аспектного отношения пор и трещин на упругие свойства исследуемых карбонатных образцов. Увеличение степени связности порового пространства приводит к уменьшению значению скоростей и, следовательно, снижению величин упругих модулей и повышению значению K .

Упругие свойства карбонатных образцов исследованных в данной работе имеют прямую связь с объемной долей микрита. Для образцов, у которых объемная доля микрита больше, значения скоростей упругих волн и величины динамических и статических упругих модулей больше.

Значения скоростей упругих волн и величины динамических и статических модулей упругости прямо пропорциональны размеру крупных кристаллов. Для образцов, у которых средний размер крупных кристаллов больше, прочностные свойства выше.

Список литературы:

1. Шермергор Т.Д., Теория упругости микroneоднородных сред. Ленинград: Наука, 1977. – 400 с.
2. Баяк И.О. Основные принципы математического моделирования макроскопических физических свойств коллекторов углеводородов // Технологии сейсморазведки. 2013. № 04. С.5-18.
3. Eshelby J.D. The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems // Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences. 1957. 241(1226). С.376-396
4. Баяк И.О. Теоретические основы определения эффективных физических свойств коллекторов углеводородов // Акустика неоднородных сред. Ежегодник РАО. 2011. № 12. С.107-120

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ В ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

Горбатов Евгений Сергеевич (с.н.с., к.г.-м.н.), Сорокин А.А. (н.с.)
Лаборатория палеосейсмологии и палеогеодинамики (304) ИФЗ РАН
e.s.gor@mail.ru, aas@ifz.ru
(устный доклад)

Цель работы – типизация нарушений слоистости в рыхлых отложениях региона и оценка их палеосейсмологической значимости. Наши исследования ленточных глин Хибин не подтвердили сейсмический генезис выявленных в них складчатых деформаций [1]. В продолжение этих работ летом 2017 г. вдоль автотрассы «Санкт-Петербург - Мурманск» от 60.7 до 67.5° с.ш. было осмотрено 17 карьеров, в 9 из которых обнаружены гляциодислокации, кластические дайки и конволюции, причем первые два типа нарушений характерны для моренных и флювиогляциальных, а третий тип – для лимногляциальных осадков.

К гляциодислокациям отнесены интенсивные разрывные нарушения в песчано-алевритовых толщах, залегающих во фронте морены, в районе оз. Нильмоозеро и у поворота на ж/д-станцию «Полярный Круг». Инъекционные дайки неясной природы обнаружены в морене близ пос. Чупа и в песках к югу от пос. Малиновая Варакка. Мелкие (5-7 см) конволюций (текстуры пламени, овоиды), имеющие седиментационную природу, обнаружены в песчано-алевритовых осадках близ ст. «Полярный Круг». Более крупные (10-60 см), но нерегулярные структуры внедрения на верхней границе слоя алевритов, перекрытых песками, выявлены в песчаном карьере у д. Половина близ г. Петрозаводск.

Обнажение длиной 70 м с крупными и регулярными конволюциями (знаками нагрузки), схожими с сейсмитами, описано в южном борту песчано-гравийного карьера в районе пос. Лоухи. Здесь под линзой гравийно-галечных отложений установлен мульдобразный слой алевритов, перекрытых мелкозернистыми песками с образованием горизонта конволюций мощностью 0,5-1 м и протяженностью до 6 м, заключенного между ненарушенными осадками. Конволюции состоят из узких антиформных складок восходящего внедрения амплитудой 10-40 см, разделенных широкими синформными складками, и весьма схожи с деформациями типа центрального проседания [2], которые возникают при конвективной неустойчивости в двухслойной среде с инверсией плотностей. В кровле конволлютного горизонта выявлены также псевдонодули в виде подушек и капель поперечником до 40 см, образовавшихся в результате проваливания фрагментов более тяжелых песчаных отложений в разжиженные алевриты.

Установлены главные закономерности формирования конволюций: 1) эти структуры возникают в системе «пески на алевритах»; 2) морфология складок указывает на меньшую вязкость песков по сравнению с алевритами в ходе деформации разжиженных осадков; 3) размер складок находится в прямой зависимости от мощности слоев, на границе которых они формируются. Выявленные крупные систематические конволюции, на наш взгляд, могут быть результатом не только сейсмического разжижения, но и медленного постседиментационного перераспределения слабоконсолидированных озерных осадков. Поэтому для выяснения генезиса этих нарушений потребуются провести дополнительные исследования условий осадконакопления комплексными литологическими методами.

Список литературы:

1. Горбатов Е.С., Колесников С.Ф. Деформационные текстуры в озерно-ледниковых отложениях Хибин и оценка их сейсмогенности // Вопросы инженерной сейсмологии. 2016. Т. 44. № 3. С. 5-17.
2. Артюшков Е.В. Основные формы конвективных структур в осадочных породах // Докл. АН СССР. 1963. Т. 153. № 2. С. 412-415.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕОТЕКТОНИКИ И ГЕОДИНАМИКИ СЕВЕРО-ВОСТОКА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ЗА ПЕРИОД 2014-2018 ГГ

Гордеев Никита Александрович

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

ИФЗ РАН

gord@ifz.ru

(устный доклад)

В данной работе приведен краткий обзор по имеющимся результатам на конец первого квартала 2018 года. Работу можно разделить на три этапа.

Первым этапом (2014-2015 гг.) работ (в том числе полевых) стало изучение Келимьяр-Оленекского междуречья на предмет наличия разных типов россыпных и коренных месторождений, по окончании которых были выявлены места локализации и характер перемещения россыпных алмазов, построены схемы неотектоники и проанализирован керновый материал [1]. Второй этап (2015-2017 гг.) заключался в покрытии территории Лено-Оленекского междуречья (ЛОМ) схемами неотектоники и геодинамики масштабом 1:500 000, установлении взаимосвязи древних и новейших структур. Впервые были построены схемы, установлена взаимосвязь древних и новейших структур, детально изучена история развития рельефа [2]. Третий этап (2017 г.-продолжается). На настоящий момент готова схема геодинамики масштаба 1:1 000 000, установлены условия формирования новейших структур ЛОМ, выявлены главные современные и новейшие источники структурообразования, такие как Оленекский свод и Верхоянский хребет. Прослежено влияние Арктического спрединга. Формирование современного Оленекского свода связано с внутриплатформенными источниками напряжения.

Помимо геологических исследований создается программное обеспечение [3] по определению сдвиговых тектонических напряжений [4] при помощи алгоритмов компьютерного зрения. На конец первого квартала 2018г. создана основа программного кода на языке Python с использованием пакета OpenCV.

Проведенные геологические, неотектонические, геодинамические исследования, создающие основу под детальные геологоразведочные работы. Планируются разномасштабные исследования: мелкомасштабное изучение - для выявления характера влияния Арктического спрединга на район работ и крупномасштабное - для поиска перспективных нефтегазоносных месторождений и россыпных месторождений, а также создание полностью или частично автоматизированного ПО для определения сдвиговых тектонических напряжений.

Автор выражает искреннюю благодарность за помощь в работе Сим Лидии Андреевне (ИФЗ РАН), Сухановой Татьяне Владимировне (МГУ), Молчанову Алексею Борисовичу (МГУ), Зайцеву Владимиру Александровичу (МГУ), Маринину Антону Витальевичу (ИФЗ РАН), Бондарю Ивану Владимировичу (ИФЗ РАН), Голубеву Сергею Юрьевичу (ФГУП ЦНИГРИ), Орлову Михаилу Викторовичу (ФГУП ЦНИГРИ).

Список литературы:

1. Гордеев Н.А., Бондарь И.В. Связь россыпей алмазов с линеamentами на северо-востоке Оленекского поднятия (Восточная Сибирь) // Четвертая молодежная тектонофизическая школа-семинар. Москва, ИФЗ РАН, 5-9 октября 2015 г. Т1. с.74-79.
2. Гордеев Н.А. Взаимосвязь неотектоники и геодинамики древних платформ на примере Оленекского поднятия и его южного обрамления // Ферсмановская научная сессия 2-3 апреля 2018 г.
3. Гордеев Н.А., Молчанов А.Б. Решение задачи определения неотектонических напряжений в пределах разрывных структур при помощи алгоритмов компьютерного зрения // Материалы международного научного форума «Ломоносов 2018», 9-13 апреля 2018г.
4. Сим Л.А. Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации) // Изв. вузов. геол. и разв. 1991. №10. С. 3-22.

СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКОЙ И ТЕРМОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТЕЙ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ОКИСЛЕНИЯ ТИТАНОМАГНЕТИТА

Грачев Роман Александрович (студ.), Целебровский Алексей Николаевич²
Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова
rushtoday@yandex.ru
(устный доклад)

Целью настоящего исследования являлось сравнение свойств CRM и TRM на различных стадиях окисления титаномагнетита (ТМ) при лабораторных нагревах.

Соответствующие намагниченности были образованы в ходе лабораторного моделирования: образцы базальтов Красного моря №72-2, 72-4 с температурами Кюри $T_c = (220-265)^\circ\text{C}$ отжигались при температурах $T = (290-535)^\circ\text{C}$, т.е. выше температуры Кюри исходной фазы в течение $t = (4.5-110)$ ч. в воздухе, в слабом магнитном поле $H = 0.1$ мТ. Согласно рентгеноспектральному микроанализу содержание Ti в ТМ зернах образцов в NRM состоянии варьировалось в пределах 6.8 - 7.5 вес. % (обр. №72-4), 6.9 - 8.38 вес. %. (обр. №72-2). В результате отжига образовывалась новая магнитная фаза с $T_c = (400-550)^\circ\text{C}$, обладающая CRM. Полученные состояния исследовались современными магнитоминералогическими методами. Рентгеноструктурный анализ образца №72-4 показал уменьшение постоянной решетки с $a = 8.4545 \text{ \AA}$ (состояние NRM) до $a = 8.4169 \text{ \AA}$ (после отжига $T_{отж} = 350^\circ\text{C}$ $t = 110$ час.). Результаты просвечивающей электронной микроскопии обр. №72-4 не позволили выделить неоднородности элементного состава по зерну до и после отжига.

Изменение гистерезисных характеристик после отжига (рост отношения H_{cr}/H_c , уменьшение отношения I_{rs}/I_s), согласно критерию Дея, свидетельствует о росте числа доменов в зернах минерала. Эксперименты по размагничиванию переменным полем CRM (обр. №72-4) в интервале $h = (1-100)$ мТ показали, что максимум коэрцитивного спектра смещается в область меньших величин поля, что согласуется с уменьшением коэрцитивной силы с ростом времени отжига.

В ходе проведения экспериментов Телье при температурах ниже $T_{отж}$ было обнаружено разрушение CRM на 7 - 10 %. Выдвинуто предположение, что такое поведение намагниченности связано с многодоменным состоянием ТМ зерен, которое приводит к несовпадению температур блокирования и разблокирования магнитных моментов доменов. Вероятно, этим можно объяснить завышение расчетного значения поля (до 30%), полученное по CRM + pTRM в температурном интервале ниже $T_{отж}$, по сравнению с полем образования pTRM. Величина же поля, определенного по CRM выше $T_{отж}$ оказывается заниженной в два-три раза. Эксперименты также показали, что кривые терморазмагничивания CRM и TRM, измеренные при повышенных температурах $T > T_{отж}$, оказываются весьма близки, однако с увеличением времени отжига корреляция между кривыми уменьшается. Размагничивание CRM и pTRM (500 - 350°C) переменным полем показало, что коэрцитивные спектры отличаются незначительно, а максимумы совпадают.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-05-00144а)

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕТРОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОКЛИМАТА НА ПРИМЕРЕ ТАКЫРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОГО ТУРКМЕНИСТАНА

Дегтярева Елена Борисовна

асп., вед. инж., Лаборатория главного геомагнитного поля и петромагнетизма (105)

ИФЗ РАН

Elen.degtyarev@gmail.com

(устный доклад)

Целью данного исследования является выяснение перспективности петромагнитных характеристик осадочных разрезов для восстановления истории изменения климата на примере такырных отложений Средней Азии (Туркменистан) в течение последних тысячелетий. Изменения климата могут приводить к изменениям в магнитных свойствах изучаемого материала. В последние десятилетия петромагнитные методы показали себя эффективным инструментом для анализа проблем, связанных с изменением климата и окружающей среды [1].

Одним из наиболее обещающих методов исследований, при этом, представляется метод изучения эволюции коэрцитивных спектров и разделение петромагнитного сигнала на составные части, отвечающие различным ферромагнитным компонентам, и прослеживание относительной роли этих компонент на протяжении времени формирования исследуемых разрезов в контексте климатических изменений [1,2]. Непосредственным дополнением этого метода является прослеживание эволюции других петромагнитных параметров (например, различных видов магнитной восприимчивости) вдоль разрезов.

Исследуемый объект представляет собой пятиметровую толщу такырных отложений позднего голоцена Западной Туркмении, опробованных нами в районе Данатинского коридора (предгорье Копетдага, Туркмения). Уникальной особенностью этого разреза является наличие в нем годовой слоистости (варв), который позволяют с высокой степенью уверенности датировать его различные стратиграфические уровни [3]. Предполагаемый возраст объекта наиболее древних опробованных уровней, по данным проведенного анализа варв составляет ~5000 лет. Получены первые данные ОСЛ-датирования для выборки образцов. Они позволяют уточнить время формирования разреза, а также подтвердить данные варвохронологии.

Выполнены первичные палеомагнитные измерения образцов. По анализу петромагнитных кривых стабильно выделяются две ферромагнитные компоненты. Определен вклад парамагнитной и ферромагнитной восприимчивости в общий сигнал вдоль. Анализ этого разделения отражает изменения привноса материала, образование аутигенных минералов. По вариативности восприимчивости магнитных компонент сделаны предположения об условиях осадконакопления, а также прослежена корреляция петромагнитных характеристик образцов с варвовой хронологией разреза. При сопоставлении всех петромагнитных данных с хронологией и геологией разреза сделаны предварительные о климатических условиях в момент формирования разреза.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-35-0059\18)

Список литературы:

1. Liu Q., Roberts A.P. et al. Environmental Magnetism: Principles And Applications // Rev. Geophys. 2012. Vol.50. RG4002. doi:10.1029/2012RG000393
2. Косарева Л.Р. и др. Разделение ферромагнитных компонент на основе анализа петель гистерезиса остаточной намагниченности // Физика Земли. 2015. №5. с. 80-99
3. Трубихин В.М. Палеомагнетизм и хронология климатических событий позднего голоцена Западной Туркмении // Геохронология четвертичного периода. Тезисы докладов всесоюзного совещания, 1989. - с. 66

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ «БИРЮЛЁВО» ИФЗ РАН

Демидкова Анастасия Николаевна
н.с., Лаборатория гравитационных измерений (601)
ИФЗ РАН
demidkovaa@gmail.com
(устный доклад)

Наблюдения за сейсмическим фоном в Геофизической обсерватории (ГО) «Бирюлёво» ИФЗ РАН ведутся с 1980 года. Результаты исследований 80-х и 90-х годов показали, что амплитудно-временные характеристики сейсмического шума техногенного происхождения на протяжении двадцати лет не изменялись. Также было показано, что мегаполис оказывает влияние на параметры сейсмических шумов в основном в полосе частот от 1 до 5 Гц, а их уровень зависит от времени суток. В настоящее время в ГО «Бирюлёво», которая располагается на расстоянии 1 км от МКАД в пос. Измайлово Московской области, ведутся режимные сейсмические наблюдения в диапазоне 0,01...20 Гц. Измерения линейных колебаний осуществляются на гравиметрическом постаменте - в подвале трёхкомпонентным сейсмоприёмником ТС-3.1, и в уличном павильоне - сейсмометром СМ-3 в диапазоне 0,5...30 Гц с частотой опроса 100 Гц. С 2017 года текущие данные собираются на сервере ИФЗ РАН и имеют выход в интернет для оперативного использования потребителями <http://data.ifz.ru/dashboard/db/seismostantsiia-go-ifz-ran-biriulevo>. Короткопериодная трехкомпонентная сейсмостанция установлена в павильоне с гравиметрическим знаком ГУГК №1627.

Изучение характеристик сейсмических шумов и их динамики необходимо для определения пороговой чувствительности аппаратуры в точных научных экспериментах, а в производстве – для создания прецизионной контрольной аппаратуры, а также как сигнал, несущий информацию о геофизической среде. [1, 2]

В продолжение работ по исследованию сейсмического шума в окрестности московского мегаполиса в данном исследовании проанализированы данные измерений линейных колебаний вертикальной составляющей за последние годы. Результаты подтвердили существование зависимости уровня сейсмического шума от времени суток, которая прослеживается для всех времен года. Сопоставление среднеквадратичного отклонения амплитуды микроколебаний подтвердило наличие сезонных закономерностей. Исследованные зависимости оценены качественно и количественно.

Список литературы:

1. Волосов С.Г., Коридалин В.Е., Осика В.И., Пчелинцев В.А. Результаты исследований сейсмического фона в геофизической обсерватории «Бирюлево» ИФЗ РАН // Физика Земли. 2001. №2. С.93-100.
2. Коридалин В.Е., Кузьмина Н.В., Осика В.И., Попов Е.И., Токмаков В.А. Сейсмические шумы индустриального города // Доклады АН СССР. 1985. Т. 280. №5. С.1094-1097.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТУХАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ ГОРНЫХ ПОРОД МЕТОДОМ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Егоров Николай Александрович

инж., Центр петрофизических и геомеханических исследований ИФЗ РАН

nikolay.egorov@ifz.ru

(устный доклад)

Кроме скоростей распространения упругих волн, которыми определяется кинематика волн, важным сейсмическим свойством горных пород является затухание в них сейсмической энергии, которая определяет динамические характеристики волн, и прежде всего их интенсивность и дальность распространения. Затухание происходит из-за ряда причин. Основными из них являются: геометрическое расхождение ультразвуковой волны, рассеяние на неоднородностях среды и поглощение.

Выполнена серия испытаний по многоуровневому ультразвуковому сканированию [1] образцов горных пород различного литологического состава. Использованы датчики с собственной частотой 1 МГц и 5 МГц.

С помощью метода спектральных отношений [2] рассчитан декремент затухания продольных волн с применением сглаживающих функций Хемминга, Хеннинга, Бартлетта, Карре, Лапласа-Гаусса и нормированным прямоугольным окном. Проведено сравнение результатов величины полученного декремента затухания в зависимости от собственной частоты сигнала, выбора сглаживающей функции и ширины расчетного окна.

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 керна в ЦПГИ ИФЗ РАН // Наука и технологические разработки. 2017. Т.96. № 2. С.17–32
2. Spectral analysis in geophysics. Developments in Solid Earth Geophysics (ed.: Bath M.). Vol.7. Elsevier Science Publishing Co., 1974.

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА РЕЗУЛЬТАТЫ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И УЧЕТ ВЫЗВАННЫХ ИМ ИСКАЖЕНИЙ

Жостков Руслан Александрович

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

shageraxcom@yandex.ru

(устный доклад)

Разработанный в ИФЗ РАН метод микросейсмического зондирования [1], основывающийся на анализе амплитудных вариаций микросейсмического поля, хорошо зарекомендовал себя в многочисленных натурных исследованиях, например, [2, 3] и продолжает совершенствоваться [4, 5]. В настоящей работе с помощью двумерного численного моделирования [6] показано, что даже небольшой по сравнению с длиной зондирующей волны рельеф может вносить заметные искажения в получаемые результаты, и в ряде случаев эти ошибки становятся принципиальными – неверно определяется тип и геометрия контрастных включений. Предложенный алгоритм поправки на рельеф позволяет в линейном приближении исключить эти неточности.

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

Список литературы:

1. Горбатилов А.В. Патент РФ № 2271554. Бюллетень изобретений. 2006. № 7.
2. Лиходеев Д.В., Дударов З.И., Жостков Р.А., Преснов Д.А., Долов С.М., Данилов К.Б. Исследование глубинного строения вулкана Эльбрус методом микросейсмического зондирования // Вулканология и сейсмология. 2017. № 6. С. 28–32.
3. Горбенко В.И., Жостков Р.А., Лиходеев Д.В., Преснов Д.А., Собисевич А.Л. Вопросы применимости молекулярно-электронных сейсмоприемников в пассивной сейсморазведке на примере изучения глубинного строения Калужской кольцевой структуры по данным анализа поверхностных волн // Сейсмические приборы. 2016. Т. 52. № 3. С. 5–19.
4. Горбатилов А.В., Цуканов А.А. Моделирование волн Рэлея вблизи рассеивающих скоростных неоднородностей. Исследование возможностей метода микросейсмического зондирования // Физика Земли. 2011. № 4. С. 96–112.
5. Жостков Р.А., Преснов Д.А., Собисевич А.Л. Развитие метода микросейсмического зондирования // Вестник КРАУНЦ. Серия «Науки о Земле». 2015. Т. 2. № 26. С. 11–19.
6. COMSOL Multiphysics 5.3a. Лицензия № 9600341.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ АНАЛИЗА КАРОТАЖНЫХ ДАННЫХ

Захаров Олег Владимирович (вед.инж.), Дубиня Н. В

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

Oleg_zv@list.ru ; Dubinya.NV@gmail.com

(устный доклад)

Работа посвящена применению разработанного алгоритма использования искусственной нейронной сети для анализа каротажных данных с целью выявления кривых, в наибольшей степени влияющих на механические свойства горных пород (динамические упругие модули, прочностные свойства), а также на поровое давление. Представлено описание расчётных действий алгоритма искусственной нейронной сети. Показано, что искусственные нейронные сети благодаря своим возможностям действительно могут быть использованы для решения задач, связанных с интерпретацией скважинных данных.

Полезность искусственных нейронных сетей объясняется их способностью обрабатывать большой объем данных, работать с нелинейными взаимосвязями, приспосабливаться к изменяющимся условиям, обобщать и др. При этом самым важным их свойством является способность обучаться на разных входных данных и в результате обучения повышать свою производительность [1]. Повышение производительности происходит со временем в соответствии с определёнными правилами. Обучение искусственной нейронной сети происходит посредством интерактивного процесса корректировки синаптических весов и порогов. Это обучение проводится до тех пор, пока изменения синаптических весов не станут незначительными [2], а величина ошибки не сведётся к нулю.

При выполнении расчётов в данной работе в качестве входных данных были использованы каротажные кривые. Чтобы настроить входные данные для корректной работы искусственной нейронной сети потребовалось 3 итерации: в результате сеть оперировала входными данными по всему интервалу глубин с помощью подстроенных весов. По значениям обновлённых весов были выявлены те кривые, которые напрямую или косвенно влияют на эти параметры.

Алгоритм был успешно применен для выявления каротажных кривых, наиболее сильно влияющих на коэффициент Пуассона. В результате использования данной искусственной нейронной сети для выполнения аналогичной задачи для модуля Юнга, прочности на одноосное сжатие, угла внутреннего трения и порового давления было установлено, что для каждого параметра необходима отдельная, «своя» модель, поскольку величина ошибок сети, разработанной для коэффициента Пуассона и применённой для поиска кривых, влияющих на другой искомый параметр, имеющий отличный диапазон данных, была огромной и с увеличением итераций практически не изменялась.

Результаты работы могут быть использованы для создания алгоритма анализа каротажных кривых с целью решения практически важных задач, возникающих при разработке и освоении углеводородных месторождений, в частности для прогнозирования осложнений и аварий во время бурения скважин.

Список литературы:

1. Хайкин, Саймон Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. (Пер. с англ.) М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 89 с.
2. Iyer R., Menon V., Buice M., Koch C., Mihalas S. The Influence of Synaptic Weight Distribution on Neuronal Population Dynamics // PLoS Comput Biol. 2013. Vol. 9 (10) e1003248. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003248>

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЦЕНТРОМ АГРЕГАЦИИ ДАННЫХ ИФЗ РАН

*Иванов Станислав Дмитриевич (н.с., к.т.н.), Алешин И.М., Холодков К.И., Передерин Ф.В.
Лаборатория геоинформатики (501) ИФЗ РАН
f0ta@ifz.ru
(устный доклад)*

На сегодняшний день центр агрегации данных ИФЗ РАН собирает и публикует данные сейсмостанций на экспериментальной базе ИФЗ РАН в геофизической обсерватории «Бирюлёво», в Координационно-прогностическом центре ИФЗ РАН в пос. Мосрентген; комплекса деформометров и наклономеров СНМК «Страж» [1], наклономеров НШ [2], установленных в здании ИФЗ; базовых станций GNSS. Кроме этого, Центр осуществляет ретрансляцию данных спутника Электро-Л №2 по протоколу SeedLink [3]. Планируется подключение еще нескольких источников геофизических данных. Работа Центра связана с выполнением набора стандартных операций с данными: получение по сетям общего пользования, архивация, публикация архивов и оперативная публикация. Помимо этого, Центр осуществляет визуализацию данных в реальном времени и мониторинг процесса их получения и состояния инфраструктуры.

По мере увеличения количества каналов, встает задача автоматизации управления конфигурацией как служб центра, выполняющих эти операции, так и устройств сбора данных, в частности, регистраторов на базе одноплатных компьютеров [2].

В лаборатории 501 ведется разработка единой системы управления конфигурацией с использованием инструмента Ansible [4]. В ней информация о процессах сбора и обработки данных будет храниться централизованно. Система позволит управлять локальными и удаленными системами сбора и передачи данных, построенными на базе протокола SeedLink, а также конфигурациям и базы данных InfluxDB [5] и инструмента мониторинга Shinken [6]. Система предоставит общий интерфейс для управления каналами сбора данных, повысит надежность Центра и обеспечит возможность горизонтального масштабирования.

Список литературы:

1. 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.
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. IRIS: SeedLink // IRIS, 2017. URL: <http://ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/services/seedlink/> [электронный ресурс] (дата обращения: 09.04.2018).
4. Hall D. Ansible Configuration Management. (Second Edition). Birmingham, UK: Packt Publishing, 2015. - 122 p.
5. InfluxDB: Introduction // InfluxData, 2017. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/v1.5/introduction/> [электронный ресурс] (дата обращения: 05.04.2017).
6. Shinken's documentation // SAS_SHINKEN_Solutions, 2014. URL: <http://shinken.readthedocs.io/en/latest/> [электронный ресурс] (дата обращения: 05.04.2017).

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ АКСЕЛЕРОГРАММ ПРИ ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Иноземцев Максим Александрович

магистрант 1 г.о., Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

ma.inozemtcev@physics.msu.ru

(устный доклад)

Расчет ускорений движения грунта на свободной поверхности (акселерограмм), вызванного сейсмическим воздействием, является обязательным при оценке сейсмической опасности площадок под строительство особо ответственных объектов. В общем случае необходимо определить изменение параметров исходного сейсмического воздействия, вызванное влиянием грунтовой толщи. Исходное воздействие рассчитывается на основе уравнений ожидаемого движения грунта для отдельных спектральных периодов, вследствие чего его можно описать спектром реакции. Такой спектр, рассчитанный для скального основания, со скоростью поперечных волн V_{S30} не менее 700 м/с, называют целевым. Для расчета воздействий на поверхности грунтовой толщи, перекрывающей скальное основание, используют акселерограммы, спектр реакции которых удовлетворяет целевому спектру с учетом определенного набора требований. Для статистической обеспеченности расчетных воздействий требуется, как правило, определенное количество (ансамбль) исходных акселерограмм.

В данной работе использованы два метода построения исходных акселерограмм – масштабирование амплитуд естественных записей с сохранением исходного фазового спектра на основе вейвлет-анализа (программа RspMatchEDT), и построение синтетических на основе гармонических сигналов, амплитуды которых соответствуют целевому спектру, а фазы задаются случайным образом. По двум наборам акселерограмм проведены оценки влияния грунтовых условий на сейсмическое воздействие для четырех сейсмогеологических моделей, каждая из которых характеризует определенный тип геологических условий формирования осадочного чехла. В результате сделан вывод о целесообразности применения двух подходов в процессе оценки сейсмической опасности, или же можно ограничиться применением одного из них.

Список литературы:

1. *Acevedo Jaramillo A.B.* Seismological criteria for selecting and scaling real accelerograms for use in engineering analysis and design. Dissertation for the Master Degree in Earthquake Engineering European School of advanced studies in reduction of seismic risk «Rose School» - 182 p.
2. *Mukherjee S., Gupta V.K.* Wavelet-based generation of spectrum-compatible time-histories // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2002. V.22. pp.799–804.
3. *Калинина А.В., Аммосов С.М., Быкова В.В., Татевосян Р.Э.* О применимости стандартного спектра реакции для оценки ожидаемых сейсмических воздействий // Вопросы инженерной сейсмологии. 2017. Т. 44. №2. С. 61-74.

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА СОБЫТИЙ ТЕРМОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Казначеев Павел Александрович (н.с., к.т.н)¹, Майбук З.-Ю.Я.¹, Пономарев А.В.¹, Смирнов В.Б.^{1,2},
Бондаренко Н.Б.^{1,2}

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

² Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

p_a_k@mail.ru

(устный доклад)

Определение параметров событий термически стимулированной акустической эмиссии (ТАЭ) затруднено ввиду сложности организации полноценной системы их локации. Температуры в зоне нагрева образцов могут достигать 1000°C, что не позволяет поместить датчики АЭ непосредственно вблизи образцов. Альтернативные способы локации требуют сложной технической конструкции и приводят к сильным потерям энергии импульсов при распространении до датчика АЭ. В то же время вывод акустического сигнала от образца с одной или двух сторон вполне возможен [1], что позволяет получить статистические параметры потока *импульсов* ТАЭ. При этом возникает задача оценки статистических параметров потока *событий* ТАЭ.

В работе показано, как влияет исходное распределение потока событий ТАЭ по энергиям на распределение потока импульсов ТАЭ. Из факторов эксперимента наибольшее влияние оказывает изменение поглощения упругих волн в образцах горных пород. Предложен способ оценки b-value исходного распределения событий по зарегистрированным данным о распределении импульсов, использующий анализ распределения импульсов в нескольких поддиапазонах амплитуд.

Работа выполнена при поддержке совместного гранта РНФ-DST India (грант РНФ № 16-47-02003, грант DST India № INT/RUS/RSF/P-13)

Список литературы:

1. Burlini L., Vinciguerra S., Di Toro G., De Natale G., Meredith P., Burg J.-P. Seismicity preceding volcanic eruptions: New experimental insights // *Geology*. 2007. V. 35 (2). p. 183-186.

ВАРИАЦИИ УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНАХ В ОБЛАСТИ НАВЕДЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ КОЙНА-ВАРНА, ЗАПАДНАЯ ИНДИЯ

Карташов Иван Максимович

магистрант 1 г.о., Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова

kartashovim95@gmail.com

(устный доклад)

В работе рассматривается изменение уровня воды в скважинах как способ наблюдения за напряженным состоянием сейсмогенной среды в области водохранилищ Койна и Варна в Западной Индии [1-3]. Изучается изменение приливных компонент в вариации уровня воды.

На основе сопоставления амплитуд основных приливных гармоник (M2 и O1), оцененных спектральным методом по временным рядам уровней воды в скважинах, с расчетными значениями объемной деформации, для скважин получены отношения амплитуд наблюдаемых и теоретических приливных волн [4]. Эти калибровочные коэффициенты характеризуют тензочувствительность скважин на периодах выбранных приливных волн.

В результате работы было обнаружено:

- Средние за все время наблюдений калибровочные коэффициенты различны для волн M2 и O1 и изменяются в пространстве в диапазоне от 0,3 до 4,1 мм/nstrain.
- В северных скважинах не выявлены систематические компоненты во временных вариациях приливного "отклика". Это согласуется с отсутствием отклика сейсмичности на сезонные колебания уровня воды в водохранилищах.
- Скважина, расположенная к востоку от Варны, продемонстрировала увеличение тензочувствительности перед единственным в этом районе землетрясением M 4.6. Увеличение тензочувствительности перед землетрясениями является характерным и объясняется приближением среды в очаговой зоне к неустойчивому состоянию.

Работа выполнена при поддержке совместного гранта РНФ-DST India (грант РНФ № 16-47-02003, грант DST India № INT/RUS/RSF/P-13).

Список литературы:

1. *Gupta H.* A review of recent studies of triggered earthquakes by artificial water reservoirs with special emphasis on earthquakes in Koyna, India // *Earth-Science Reviews*. 2002. V. 58. P. 279–310.
2. *Simpson D.W., Leith W.S., Scholz C.H.* Two types of reservoir-induced seismicity // *Bull. Seism. Soc. Am.* 1988. V.78. pp.2025–2050.
3. *Смирнов В.Б., Шринагеш Д., Пономарев А.В., Чадда Р., Михайлов В.О., Потанина М.Г., Карташов И.М., Строганова С.М.* Режим сезонных вариаций наведенной сейсмичности в области водохранилищ Койна-Варна, Западная Индия. // *Физика Земли*. 2017. № 4. С. 49–59
4. *Мельхиор П.* Земные приливы // *Мир*. 1968. - с. 41-42, с. 282-290

ПАРАМЕТРЫ САМОПОДОБИЯ АФТЕРШОКОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Карцева Татьяна Игоревна

инж., Лаборатория физики землетрясений и неустойчивости горных пород (301) ИФЗ РАН
магистрант 1 г.о., Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

ti.kartceva@physics.msu.ru

(устный доклад)

Данная работа посвящена исследованию двух параметров афтершоковых последовательностей. Первый из них – b -value – наклон графика повторяемости землетрясений – является энергетической характеристикой. Второй параметр – p -value – показатель в степенном законе Омори-Утсу, который описывает спад афтершоковой активности со временем.

Результатами исследования являются p - b диаграммы, по которым можно будет судить о наличии и виде связи между параметрами или о ее отсутствии вообще. Вид этой связи подскажет возможный механизм релаксации крупных землетрясений в исследуемом регионе в рамках гипотезы Шольца [4].

Известны публикации [1,2], в которых рассматриваются диаграммы p - b , но статистическая значимость полученных там результатов невелика. В настоящей же работе используются современные каталоги и методики определения параметров b -value (метод максимального правдоподобия) и p -value [3], проведен тщательный анализ устойчивости p - b диаграмм, разработана методика их построения.

Получены диаграммы для нескольких районов тихоокеанской зоны субдукции (Япония, Курильские острова и п-ов Камчатка), для трансформного разлома Сан-Андреас в Калифорнии и районов наведенной сейсмичности (область водохранилищ Койна и Варна в западной Индии и район Нурекского водохранилища в Таджикистане).

Работа выполнена при поддержке совместного гранта РФФИ-DST India (грант РФФИ № 16-47-02003, грант DST India № INT/RUS/RSF/P-13).

Список литературы

1. *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. T. 63. pp.162-171.
2. *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. T. 156. №. 1-2. pp.41-58.
3. *Holschneider M. et al.* Bayesian analysis of the modified Omori law // *Journal of Geophys. Res: Solid Earth*. 2012. T.117. B06317. doi:10.1029/2011JB009054
4. *Scholz C.* Microfractures, aftershocks, and seismicity // *Bull.Seismol.Soc.Am.* 1968. V. 58. p. 1117-1130.

ВАРИАЦИИ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В ПЕРИОД ТАЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Климанова Екатерина Вадимовна (инж), Анисимов С.В.

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН

klimanova@borok.yar.ru

(стендовый доклад)

Длительные измерения вариаций атмосферного радона играют важную роль в изучении процессов, происходящих в верхней земной коре, климатических изменений, атмосферного транспорта и ионизации тропосферы. Изотопы радона, образующиеся в литосферных породах вследствие цепи радиоактивных распадов урана и тория, эмигрируют в трещины и поры грунта, затем проникают в атмосферу, где участвуют в ионизации воздуха, порождая в процессе своего распада последовательность радиоактивных дочерних продуктов [1-3].

В докладе представлены результаты полевых натурных наблюдений объемной активности радона в период таяния снежного покрова. Исследованы статистические закономерности суточных рядов объемной активности радона и корреляционные связи с параметрами, характеризующими турбулентное и термодинамическое состояние приземной атмосферы.

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

Список литературы:

1. Botha R., Labuschagne C., Williams A.G., Brunke E-G., Bosman G., Rossouw A., Lindsay R. Characterising fifteen years of continuous atmospheric radon activity observations at Cape Point (South Africa) // Atmospheric Environment. 2018. Vol.176. pp. 30–39.
2. Galmarini S. One year of ^{222}Rn concentration in the atmospheric surface layer // Atmospheric Chemistry and Physics. 2006. № 6(10). pp. 2865–2886.
3. 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 // Физика Земли. 2017. № 1. С. 155–170.

ОЦЕНКА ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ ТОРОНА ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ РАДОНОВОЙ СТАНЦИИ

Козьмина Алина Сергеевна, Дмитриев Э.М.

м.н.с., Лаборатория геофизического мониторинга ГО «Борок» ИФЗ РАН

alina@borok.yar.ru

(устный доклад)

Вклад торона (^{220}Rn) в ионизацию приземной атмосферы может быть сравнимым и даже превышать вклад радона (^{222}Rn) и его дочерних продуктов [1]. Однако, ввиду малого времени жизни ^{220}Rn (1,3 мин) измерить его объёмную активность (ОА) значительно труднее, чем ОА ^{222}Rn (время жизни — 5,5 суток).

Сейсмическая радоновая станция СРС-05 предназначена для мониторинга ОА ^{222}Rn в почвенном воздухе, увеличение которой служит одним из предвестников землетрясений. Рабочий цикл СРС-05 включает отбор пробы воздуха в измерительную камеру (2 мин) и проведение измерений (20 мин). Измерение ОА ^{222}Rn основано на электростатическом осаждении ионов его дочернего продукта ^{218}Po , образующихся в измерительной камере, на полупроводниковый детектор (ППД). ОА ^{222}Rn определяется по числу зарегистрированных ППД альфа-частиц, образующихся при распаде ^{218}Po . Заявленная производителем (ООО «НТМ-Защита») чувствительность СРС-05 по отношению к ОА ^{222}Rn составляет 3 имп./мин на 1 кБк/м³ при диапазоне измерений от 20 Бк/м³ до 50 кБк/м³ [2]. ППД регистрирует также альфа-частицы, образующиеся при распаде ^{216}Po , дочернего продукта ^{220}Rn , что, в принципе, позволяет оценить ОА ^{220}Rn по регистрируемому альфа-спектру.

При разработке методики оценки ОА ^{220}Rn по данным измерений СРС-05 были решены следующие задачи: 1) выделение в регистрируемом прибором альфа-спектре спектральной линии, соответствующей распадам ^{216}Po ; 2) построение модели изменений активности ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{220}Rn и ^{216}Po в измерительной камере на протяжении рабочего цикла; 3) определение по результатам измерений ОА ^{222}Rn чувствительности ППД на основе построенной модели; 4) расчет ОА ^{220}Rn по числу зарегистрированных распадов ^{216}Po . По данным наблюдений в земляном подвале измерительного павильона ГО «Борок» ИФЗ РАН (октябрь–ноябрь 2016 г.) получена оценка характерных значений ОА ^{220}Rn .

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант № 16-17-10209).

Список литературы:

1. Анисимов С.В., Галиченко С.В., Афиногенов К.В., Макрушин А.П. Шихова Н.М. Объёмная активность радона и ионообразование в невозмущенной нижней атмосфере: наземные наблюдения и численное моделирование // Физика Земли. 2017. № 1. С. 155–170.
2. 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

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ БАЗАЛЬТОВЫХ ПОРФИРИТОВ, ОТОБРАННЫХ В РАЙОНЕ ЗАЛИВА КОКСА (МИНУСИНСКАЯ ВПАДИНА)

Корзинова Анастасия Сергеевна (м.н.с.)¹, Афиногенова Н.А.¹, Жидков Г.В.¹, Шацко А.В.²

¹Лаборатория палеомагнетизма и физико-химических свойств горных пород,
Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН

²Лаборатория археомагнетизма и эволюции магнитного поля (106), ИФЗ РАН
korzinova-nasty@yandex.ru
(устный доклад)

В ходе работ были изучены образцы, отобранные из 20 перекрывающих друг друга потоков вулканитов основного состава, расположенных севере Минусинского прогиба. Ранее разрез был датирован ранним и средним девоном [1].

Верхние 3 потока имеют четкий палеомагнитный сигнал, а рассчитанные направления имеют удовлетворительную сходимость в объеме сайтов. В этих сайтах выявлены две характеристические компоненты: низкотемпературная 100-370 °С (близкая к современной), высокотемпературная 470-660 °С (вероятно, девонская).

В образцах семнадцати нижних потоках можно было выделить только современную компоненту.

При выполнении экспериментов Телье по определению палеонапряженности древнего магнитного поля ($B_{др.}$) на базальтовых порфиритах наблюдается резкий спад естественной остаточной намагниченности, и диаграммы Араи-Нагата имеют L – образный вид, что делает невозможным корректную оценку величины $B_{др.}$ [2,3].

По данным рентгенофазового анализа носителями намагниченности в базальтовых порфиритах верхних трех потоков является титаномагнетит, маггемит, гематит. Зерна носителей псевдооднородные [4].

Нижние 17 потоков, в отличие от вышележащих, имеют вторичные изменения. Кроме реликтовых минералов в них присутствуют вторичные минералы: хлорит, альбит, минералы группы цеолита. Носителями намагниченности в этих образцах служат зерна гематита, титаномагнетита. Зерна также являются псевдооднородными. Содержание магнитной фракции более, чем в 2 раза уменьшилось по сравнению с содержанием магнитной фракции в верхних потоках. Можно сделать вывод, что в процессе преобразования нижних потоков основные носители древней компоненты частично разрушились, некоторые из них приобрели намагниченность близкую к современной.

Список литературы:

1. Шацко А.В., Федюкин И.В., Павлов В.Э. Палеомагнетизм позднего девона – раннего карбона Минусинских впадин и проблема разработки среднепозднепалеозойского сегмента КМП Сибирской платформы // Материалы международной школы-семинара "Проблемы палеомагнетизма и магнетизма горных пород". СПб.: СОЛЮ. 2012. с.270-277.
2. Thellier E., Thellier O. Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique // Ann. Geophys. 1959. Vol. 15. pp. 285-376.
3. Nagata T., Arai Y., Momose K. Secular variation of the geomagnetic total force during the last 5000 years // J.Geophys.Res. 1963. Vol. 68. № 18. pp. 5277-5281.
4. Day R., Fuller M., Schmidt V.A. Hysteresis properties of titanomagnetites grain-size and compositional dependence // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 1977. Vol.13. pp. 260-267.

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНОГО РОДА ИСТОЧНИКОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ, НЕ ТРЕБУЮЩИХ СПЕЦБОРУДОВАНИЯ

*Котов Андрей Николаевич (асп.), Нумалов Артём Сергеевич (асп.), Преснов Д.А., Жостков Р.А.
Лаборатория фундаментальных проблем экологической геофизики и вулканологии (703)*

ИФЗРАН

and250195@yandex.ru, nartems@bk.ru

(стендовый доклад)

Проведено исследование сигналов от различных источников колебаний: удары кувалдой, броски гири, взрывы баллона малого давления, взрывы пуль, выстрелы из пистолета, шаги вдоль профиля, а также сигналов, полученных от проезжающих неподалёку поездов и электричек. Целью проводимых исследований было сравнение сигналов, соответствующих различным источникам, и выявление в них каких-либо специфических особенностей. Сигналы зарегистрированы на различных удалениях от источника. Построены спектры для всех полученных сигналов и спектрограммы, соответствующие сериям геоакустических сигналов. При анализе спектров выявлены частотные диапазоны сигналов, а также пиковые частоты с соответствующими значениями амплитуд.

Наиболее эффективным источником является бросок гири. При этом он же является и наиболее трудоёмким, поэтому для малых удалений более целесообразно использовать удар кувалдой. Взрыв баллона практически не различим на фоне помех, поэтому, пока не будет решён вопрос обхода разрушения баллона и контакта с воздушной средой, его использовать нецелесообразно.

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

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТРЕХСЛОЙНОЙ МАНТИИ ЛУНЫ, ПОЛУЧЕННЫЙ НА ОСНОВЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Кронрод Екатерина Викторовна

м.н.с., ГЕОХИ РАН

e.kronrod@gmail.com

(устный доклад)

Рассматривается модель дифференцированной в результате частичного плавления первоначально однородной Луны - модель магматического океана (lunar magma ocean, LMO) [1]. На основе инверсии гравитационных [2] и сейсмических [3] данных построены внутренне согласованные модели химического состава, минералогии и скоростей P -, S -волн трехслойной мантии Луны. Моделирование фазового состава и физических свойств мантии проведено с помощью метода минимизации свободной энергии Гиббса в рамках системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{CaO}-\text{FeO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ (NaTiCFMAS) и уравнений состояния минералов в приближении Ми-Грюнайзена-Дебая на основе программного комплекса THERMOSEISM с учетом фазовых превращений и ангармонизма [4].

В терминах «холодных» и «горячих» моделей получены ограничения на химический состав и физические свойства в трех зонах мантии. Значения скоростей P -волн в нижней мантии (~ 8 км/с) выше, чем в верхней мантии (~ 7.7 км/с). Скорости S -волн ведут себя консервативно и находятся в интервале 4.40-4.45 км/с во всех зонах мантии. Обнаружено, что вне зависимости от распределения температуры, наиболее вероятные концентрации $\text{FeO} \sim 11-14\%$ и $\text{MgO} \sim 28-31$ мас.%, а также значения магнезиального числа $\text{MG\#}$ 80-83 примерно одинаковы в верхней и нижней мантии Луны, но резко отличаются от таковых для валового состава силикатной Земли (Bulk Silicate Earth, BSE, $\text{FeO} \sim 8\%$ и $\text{MG\#}$ 89). Напротив, концентрации Al_2O_3 в мантии довольно заметно зависят от термального состояния. Выявлена тенденция постепенного повышения содержания Al_2O_3 с глубиной - от верхней мантии к нижней вплоть до 4-7 мас. % с более высоким содержанием граната. Результаты моделирования предполагают, что мантия Луны стратифицирована по химическому составу. Для рассмотренных моделей термального состояния мантия Луны обогащена SiO_2 , FeO и обеднена MgO по отношению к примитивной мантии Земли, что указывает на существенные различия в составах Земли и ее спутника.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (17-35-50099 мол_нр)

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. Vol. 47. pp. 711-730.
2. Wieczorek M.A., Neumann G.A., Nimmo F., Kiefer W.S., Taylor G.J., Melosh H.J., Phillips R.J., Solomon S.C., Andrews-Hanna J.C., Asmar S.W., Konopliv A.S., Lemoine F.G., Smith D.E., Watkins M.M., Williams J.G., Zuber M.T. The crust of the Moon as seen by GRAIL // *Science*. 2013. Vol. 339 (6120). pp. 671-675.
3. 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. Vol. 159. pp. 140-166.
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. Vol. 235. pp. 84-95.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ГРИНА ДЛЯ СИНТЕЗА АКСЕЛЕРОГРАММ В РАМКАХ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ НА ПЛОЩАДКАХ

Крылов Артём Александрович

н.с., Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН

artyomkrlyv@ocean.ru

(стендовый доклад)

В отсутствие записей сильных движений на площадках будущего строительства для оценки исходных сейсмических колебаний грунта используются различные теоретические и полуэмпирические методы. Если существуют записи слабых землетрясений на площадке, а также известны параметры разлома, генерирующего расчетное землетрясение, то возможно применение метода эмпирической функции Грина [1].

Изначально метод Ирикуры [2] применялся для моделирования записей главного толчка по его афтершокам при следующих условиях: магнитуда слабого события лишь на 1-2 меньше, чем магнитуда главного толчка, очаг слабого события локализован в очаговой области сильного события, хорошо известен механизм очага, причем он должен быть одинаковым для обоих событий.

Продолжительность инструментальных, особенно морских, исследований весьма ограничена, поэтому, как правило, регистрируются лишь землетрясения малых энергий. Магнитуда наблюдаемых микроземлетрясений намного меньше магнитуды моделируемого события (больше, чем на 2).

Чтобы проверить, можно ли применять метод эмпирической функции Грина в таких условиях, были рассчитаны акселерограммы главного толчка землетрясения в Л'Акуила (6.04.09) с магнитудой $M_w = 6,3$, когда в качестве эмпирической функции Грина принято землетрясение, произошедшее 21.05.11 в эпицентральной зоне моделируемого события, имеющее магнитуду $M_L = 3,3$ ($h_{глуб.} = 8,6$ км) и неизвестный механизм очага. Записи слабого и моделируемого событий получены с сейсмографа АЗК ($F_d = 200$ Гц, $\Delta F_{фильтр.} = 0,1 - 40$ Гц) [3].

Сделан вывод, что эмпирическая функция Грина нуждается в предварительной обработке, в качестве которой выбрано сглаживание комплексного спектра Фурье функции Грина методом, скользящего среднего. После сглаживания с помощью обратного преобразования Фурье рассчитывается новая функция Грина. Таким образом сглаживается не только амплитудный спектр, но и фазовый. После такой предварительной обработки спектры рассчитанных акселерограмм и записей соответствуют намного лучше. Расчеты демонстрируют хорошие результаты в диапазоне частот 0,1-10 Гц. Этот частотный диапазон, в основном, и рассматривается в инженерных сейсмологических работах для строительства.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-35-00474 мол_а)

Список литературы:

1. РБ-006-98. Определение исходных сейсмических колебаний грунта для проектных основ. – М.: Росатомнадзор. 2000. - 77 с.
2. Irikura K. Semi-Empirical Estimation of Strong Ground Motions During Large Earthquakes // Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ. 1983. Vol. 33. Part 2. № 298. pp. 63-104.
3. ITACA. Italian Accelerometric Archive // URL: <http://itaca.mi.ingv.it>.

ВЫЯВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ НА ШЕЛЬФЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

*Ксенофонтова Марина Александровна (асп.)¹, Старовойтов Анатолий Васильевич²,
Росляков Александр Геннадьевич², Терехина Яна Евгеньевна²*

¹ИФЗ РАН, ²МГУ им. М.В.Ломоносова

m.ksenofontova@sc-lmsu.com

(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 мало изученными из них являются арктические шельфы. Проектирование и установка инженерных сооружений связаны с некоторыми геологическими рисками, поэтому важным этапом геологоразведочных работ являются инженерно-геологические изыскания.

Одной из главных задач инженерных изысканий является выделение и изучение инженерно-геологических опасностей. Опасные геологические явления можно определить, как результат деятельности геологических процессов, возникающих в земной коре под действием различных природных или антропогенных факторов, которые имеют потенциальную возможность стать опасными и причинить вред человеку, окружающей среде или сооружениям [1-3]

Детальное картирование геологических опасностей и их корректное выделение обуславливает безопасность будущего строительства. Для перехода к количественным параметрам среды и более точной идентификации объектов, кроме визуального и стратиграфического анализа используются различные методики динамического анализа.

Динамический анализ и посчитанные динамические атрибуты могут давать информацию о пористости, трещиноватости, водонасыщенности и литологии горных пород. В данной работе динамический анализ был использован в рамках выявления и идентификации зон распространения мерзлых и газонасыщенных грунтов на шельфе моря Лаптевых.

В итоге апробации данной методики, была составлена таблица динамических признаков и их значений для идентификации опасных геологических процессов в верхней части разреза для гляциальных шельфов и были сделаны выводы об использовании таковой для других районов арктических шельфов.

Работа выполнена при поддержке компании ООО «Центр Анализа Сейсмических данных» на примере материалов, полученных во время региональной съемки на шельфе моря Лаптевых 2015 года”

Список литературы:

1. Колюбакин А.А., Миронюк С.Г., Росляков А.Г. и др. Применение комплекса геофизических методов для выявления опасных геологических процессов и явлений на шельфе моря Лаптевых // Инженерные изыскания. 2016. № 10-11. С. 38–52;
2. 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;
3. Kvalstad T.J. Geohazards from seafloor instability and mass flow. Norwegian Geotechnical Institute, 2009

О ВОЗДЕЙСТВИИ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НА ВАРИАЦИИ ТИПОВ МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Лавров Иван Павлович (асп.), Зотов О.Д.
Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН
lavrvania@mail.ru
(устный доклад)

Исследование посвящено проблеме влияния техносферы на литосферу. Цель работы заключается в попытке ответить на вопрос: существует ли воздействие индустриальной активности на вариации типов механизмов землетрясений? Для анализа был использован каталог японского Национального научно-исследовательского института наук о Земле и предупреждению стихийных бедствий (NIED, http://www.bosai.go.jp/kotai/kanto/kanto-tokai/index_e.html), который содержит информацию о механизмах 54355 землетрясений, зарегистрированных с 1980 по 2002 годы.

Будем рассматривать грубое разделение механизмов на три типа – сдвиг, сброс и взброс, то есть все промежуточные типы механизмов будут отнесены к тому или иному из вышеуказанных. Для исследования используем метод синхронного детектирования и статистический анализ распределений некоторых характеристик механизмов, которые приведены в каталогах.

Японские острова принадлежат к системе островных дуг Западно-Тихоокеанского подвижного пояса. С точки зрения изучения техногенного влияния на литосферу сейсмическая зона Японии представляется особенно интересной. Она сформирована в результате взаимодействия четырех литосферных плит: Евразийской, Тихоокеанской, Филиппинской и Охотоморской (Северо-Американской). Две из них континентальные (Евразийская и Охотоморская), а две – океанические (Тихоокеанская и Филиппинская). Вся техносфера Японии располагается на континентальных плитах. Логично предположить, что и влияние техносферы на сейсмичность будет наиболее ярко проявляться при анализе землетрясений, которые принадлежат континентальным плитам, то есть мелкофокусным землетрясениям.

Показано, что в динамике относительного числа механизмов типа сброс и взброс для мелкофокусных землетрясений наблюдается семидневная вариация с экстремумами в воскресенье. Напротив, для глубокофокусных землетрясений такая периодичность отсутствует. Также показано статистически значимое различие распределений характеристик механизмов землетрясений, происходящих в выходные и в рабочие дни.

Полученные результаты позволяют предположить, что в динамике типов механизмов землетрясений присутствует недельная вариация с экстремумом в воскресенье. Другими словами, обнаружен классический эффект выходных дней. Этот эффект является еще одним свидетельством того, что существует воздействие индустриальной активности на естественные процессы в геосферах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-00096)

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ УГЛОВ ПОГРУЖЕНИЯ ПЛОСКОСТЕЙ РАЗЛОМОВ ПО ДАННЫМ О РЕЛЬЕФЕ НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

Лермонтова Анастасия Сергеевна

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

alermontova@mail.ru

(устный доклад)

Знание расположения в пространстве плоскостей разломов – азимутов и углов погружения отдельных участков - необходимо для задач тектонофизического районирования. Сопоставление ориентации плоскости с локальным тензором напряжений позволяет оценить степень опасности разлома на заданной глубине [1]. При этом в геологической литературе данные о приповерхностных углах погружения участков разломов, во-первых, крайне скудны из-за недостатка геофизических данных, во-вторых, часто противоречивы в силу субъективности существующих геологических методов определения.

Очевидно, что в областях, имеющих резко выраженный рельеф, выход одного и того же разлома на поверхность на разных участках, как правило, фиксируется на разных топографических высотах. Этот факт используется в структурной геологии для локального определения углов погружения плоскостей разломов. В настоящей работе для решения практических задач тектонофизического районирования разломов предложен программный алгоритм, основанный на предположении, что точки выхода разлома на поверхность на некотором его участке приблизительно принадлежат одной плоскости. Разработанный автоматизированный алгоритм позволяет на основании данных полевых измерений координат точек выхода разлома на поверхность и данных о рельефе выделять сегменты разломов, для которых существуют плоскости, хорошо приближающие наборы точек этих сегментов. Такое сегментирование даёт возможность отслеживать постепенное изменение угла погружения вдоль простирания разлома, а также выявлять ситуации, когда разные разломы с различными плоскостями смещений оказались при картировании объединены в один из-за того, что концы их выходов на поверхность оказались рядом.

В работе представлены результаты применения описанного метода к данным о 103 разломах Северного Тянь-Шаня. Показано, что среди них много как очень пологих (менее 10°) надвигов, так и разломов с крутыми (70° - 88°) углами погружения. В некоторых случаях чётко видна граница плоскостей с существенно разными углами погружения. Очень длинные разломы (Иссык-Атинский, Шамсинский, Чонкурчакский) на своём протяжении могут несколько раз менять угол наклона. В большинстве случаев полученные результаты более-менее согласуются с литературными данными об углах погружения изученных разломов [1-5]. Однако для нескольких разломов наблюдается заметное расхождение с измеренными данными [1,5], его причины ещё предстоит выяснить.

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., Джумабаева А.Б. Сегментация Иссык-Атинского разлома (Северный Тянь-Шань) // Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2014. №1(3). С. 24-30.
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. 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.
5. Омуралиева А., Омуралиев М., Джумабаева А. Локальная скоростная 3D неоднородность зоны Южно-Кочкорского разлома, ее сейсмичность и Кочкорское землетрясение Тянь-Шаня 2006 г. // Известия НАН КР. 2009. №2. С. 32-46.

МАССИВ МТ/МВ ЗОНДИРОВАНИЙ KIROVOGRAD: ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНОМАЛИЙ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ НА МТ/МВ ДАННЫЕ

*Лозовский Илья Николаевич, н.с.; Варенцов И.М., директор
Центр геоэлектromагнитных исследований Института физики Земли РАН, Москва, Троицк
i.n.lozovsky@yandex.ru
(стендовый доклад)*

По данным регионального площадного массива синхронных магнитотеллурических (МТ) и магнитовариационных (МВ) зондирований KIROVOGRAD на западном склоне Воронежского массива в нижней коре были устойчиво локализованы яркие аномалии электропроводности, ассоциированные с древними платформенными шовными зонами и областями современной активизации [1,2].

Нижнекоровые аномалии электропроводности в плане хорошо коррелируются с хорошо известными Курской и Баятинской магнитными аномалиями [3]. Источниками интенсивных магнитных аномалий являются массивы железистых кварцитов, магнитная проницаемость которых значительно превышает проницаемость вакуума, традиционно используемую для всей исследуемой среды при решении прямых и обратных задач магнитотеллурики.

Для изучения влияния аномалий магнитной проницаемости на данные МТ/МВ зондирований и оценки возможных интерпретационных искажений методом конечных элементов было выполнено двумерное моделирование ЭМ поля [4] с учетом аномальной магнитной проницаемости ($1.5 \cdot \mu_0$, $3 \cdot \mu_0$, $5 \cdot \mu_0$.) отдельных элементов модели, имитирующей результаты 2D+ инверсии МТ/МВ данных на профиле ЖИЗДРА [5]. По результатам моделирования было изучено влияние аномалий магнитной проницаемости на компоненты электромагнитного поля и основные МТ/МВ передаточные функции.

Для минимизации искажений на этапе инверсии следует в области интенсивных магнитных аномалий придавать больший вес данным Н-поляризации ЭМ поля. Для устранения влияния аномальной магнитной проницаемости необходима разработка новых алгоритмов инверсии и/или процедур коррекции МТ/МВ данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-35-00529_мол_а.)

Список литературы:

1. Алексанова Е.Д., Варенцов Ив.М., Куликов В.А. и др. Глубинные аномалии электропроводности в северной части Воронежской антеклизы // Геофизика. 2013. №2. С. 32-38.
2. Варенцов Ив.М., Ковачикова С., Лозовский И.Н. Развитие методики квази-3D инверсии МВ данных // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: Материалы 44-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского. М: ИФЗ РАН. 2017. С. 84-89.
3. Варенцов Ив.М., Лозовский И.Н. Сопоставление глубинных геоэлектрических моделей Воронежского массива с данными потенциальных полей // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: Материалы 44-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского. М: ИФЗ РАН. 2017. С. 94-98. РИНЦ.
4. Franke A., Börner R.-U., Spitzer K. Adaptive unstructured grid finite element simulation of 2D MT fields for arbitrary surface and seafloor topography // Geophys. J. Int. 2007. Vol. 171(1). pp. 71-86.
5. Варенцов Ив.М., Иванов П.В., Лозовский И.Н., Рабочая группа KIROVOGRAD. Массив МТ/МВ зондирований KIROVOGRAD: От 2D+ к 3D инверсии на профиле ЖИЗДРА // Вопросы естествознания. 2016. № 4(12). С. 53-57. РИНЦ.
6. Доброхотова И.А., Юдин М.Н. О влиянии магнитной проницаемости на результаты работ, проводимых методами МТ поля // Изв. ВУЗов, сер. Геология и разведка. 1981. № 6. С. 99-106.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БЕТОНА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ В ОСНОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ЭСТАКАДЫ МЕЖСКВАЖИННЫМ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ

Лозовский Илья Николаевич¹, Чуркин А.А.²

¹ н.с., Центр геоэлектромагнитных исследований ИФЗ РАН; зав.лаб., ООО «ЭГЕОС»;

² инженер-геофизик, ООО «ЭГЕОС»; асп., кафедра сейсмометрии и геоакустики,
Геологический факультет МГУ им. Ломоносова

i.n.lozovsky@yandex.ru

(устный доклад)

На этапе сооружения фундаментов автомобильной эстакады в Московской области был проведен неразрушающий контроль качества бетона буронабивных свай межскважинным ультразвуковым методом [1,2]. В пяти испытуемых сваях в верхней части конструкций были выделены зоны аномально низких значений скорости распространения ультразвуковых волн (до 2500 м/с).

Анализ керна, отобранного из ствола свай, и испытания образцов керна разрушающим методом не подтвердили снижения качества бетона.

Для уточнения геометрических размеров, местоположения и физических свойств аномальных зон были проведены дополнительные ультразвуковые исследования по методике двумерной межскважинной сейсмической томографии [3,4]. На полученной в результате решения обратной задачи карте распределения значений скорости распространения ультразвуковых волн была локализована узкая низкоскоростная аномальная зона, примыкающая к одной из труб доступа.

На основании совместного анализа результатов томографии и собранной информации о технологии изготовления свай было сделано предположение, что причина возникновения аномальных зон заключается в нарушении контакта между бетоном свай и трубами доступа в результате укладки бетона повышенной жесткости. Было предложено скорректировать технологию бетонирования и при последующем изготовлении свай применить виброуплотнение бетона на глубину не менее 3 метров.

После внесения изменений в технологию бетонирования, аномальных зон в верхней части свай (более 60 шт.) по результатам испытаний ультразвуковым методом зарегистрировано не было.

Для уточнения методики сбора данных и подходов к решению обратной задачи межскважинной сейсмической томографии на буронабивных сваях предварительно был выполнен комплекс опытно-методических работ, включающий математическое моделирование и ультразвуковые измерения на физической модели свай с двумя заложенными дефектами.

Список литературы:

1. ASTM D6760-16, Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing, ASTM International, West Conshohocken, PA – 2016 – www.astm.org.
2. СТО ЭГЕОС 1-1.1-001-2018. Стандарт организации. Применение неразрушающего контроля сплошности свай ультразвуковым методом, 2018. 23 с.
3. Болгаров А.Г., Рослов Ю.В. Межскважинная сейсмическая томография для решения инженерно-геологических задач // Технологии сейсморазведки. 2009. №1. С. 105-112.
4. Шишкина М.А., Фокин И.В., Тихоцкий С.А. К вопросу о разрешающей способности межскважинной лучевой сейсмической томографии // Технологии сейсморазведки. 2015. №1. С. 5-21.
5. Amir J.M. Integrity Testing (2nd edition) 2015. - 100 с.
URL: <http://www.piletest.com/show.asp?id=Engineer> [Электронный ресурс].

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕЧНЫХ ВОДАХ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Малыгин Евгений Вячеславович

аспирант., Кафедра геохимии ландшафтов и географии почв

Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

malygin.ev@gmail.com

(устный доклад)

Моделирование различных процессов в задачах наук о Земле требует достаточно полного и точного описания, построения сложных аналоговых моделей, зачастую с большим количеством параметров. Методы машинного обучения позволяют строить модели, основываясь только на признаковом описании изучаемого процесса.

В работе предложен поход к моделированию потоков тяжёлых металлов для рек Крымского полуострова с использованием методов машинного обучения.

Решение задачи моделирования требует сформировать базу данных по выбранной проблематике. В базу данных вошли результаты гидролого-геохимических исследований на реках Салгир, Альма, Кача, Бельбек, проведенных Географическим факультетом МГУ имени М.В. Ломоносова в разные сезоны 2015 – 2016 гг., а также информация о природных и антропогенных характеристиках водосборов. Характеристики землепользования получены путем сегментации космических снимков при помощи методов глубокого обучения и сверточных нейронных сетей [1]. В базу данных вошла информация об орографическом положении водосборов и гидрометеорологических условиях формирования стока.

Для моделирования внутригодового хода концентраций тяжелых металлов использована модель Случайного Леса (Random Forest) для решения задачи регрессии [2]. Оценка качества модели проведена с использованием полной (leave-one-out) кросс-валидации путем осреднения абсолютной ошибки.

Применение методов машинного обучения позволило смоделировать внутригодовой ход концентраций Cu, Co, Ni, Sr, Pb. На основе данной модели рассчитаны потоки тяжелых металлов. Анализ внутригодового распределения показывает, что в 2015 г. около 90% стока тяжелых металлов прошло в многоводный период: 50% в зимне-весенний паводковый период (январь – май) и 40% во время ливневого летнего паводка. Используемый подход позволяет исследовать влияние признаков на итоговый результат моделирования.

Работа выполнена под руководством к.г.н. Лычагина М.Ю. и при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-05-01037).

Список литературы:

1. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. 2001. Vol. 45. №1. pp. 5–32
2. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation // International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention. Springer International Publishing, 2015.

ВЕРИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ЛЕДОВЫХ ЗАТОРОВ НА СЕВЕРНОЙ ДВИНЕ

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

В докладе представлены результаты верификации экспертной системы для прогнозирования мощности ледового заторообразования на участке р. Северная Двина [1]. Исходными данными для прогнозирования являются гидрологические и метеорологические наблюдения за промежутком времени с 1991 по 2016 гг. Анализ и обработка данных осуществляется методами, разработанными в теории машинного обучения и смежных областях математики [2,3]. Отсутствие комплексной математической модели процесса заторообразования и малая временная глубина доступных данных наблюдений не позволяют использовать классические статистические методы.

Экспертная система была разработана ранее в 2012 г., при ее настройке и обучении использовались данные гидрологических постов и метеостанций для сезонов 1991-2010 гг. В предлагаемой работе к исходным данным был добавлен новый временной период 2011-2016 гг., что позволило провести повторное обучение системы и оценить ее качество. Проведенная валидация показала работоспособность экспертной системы: прогнозы, рассчитанные с ее помощью, совпали с наблюдениями для всех шести вновь добавленных сезонов. При этом точность прогнозирования, оцененная на всей совокупности данных, осталась практически неизменной и составила 85%.

Программная реализация является кроссплатформенной, система реализована на языке программирования C++ в виде консольного приложения и может быть адаптирована для использования в оперативной службе мониторинга гидрологической обстановки участка Сев.Двины.

Список литературы:

1. *Малыгин И.В.* Методика прогноза образования ледовых заторов на реках на основе теории распознавания образов // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2014. №3. С.43–47
2. *Журавлёв Ю.И., Никифоров В.В.* Алгоритмы распознавания, основанные на вычислении оценок // Кибернетика. 1971. №3. С. 1–11.
3. *Константинов Р.М., Королева З.Е., Кудрявцев В.Б.* Комбинаторно-логический подход к задачам прогноза рудоносности. // Проблемы кибернетики. Вып. 31. Москва. Наука. 1976. С. 5 – 38.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА ДЛЯ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ПОЛЕЙ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ ГНСС-НАБЛЮДЕНИЙ

Маневич Александр Ильич²

¹ н.с., Лаборатория геодинамики, Геофизический центр РАН
² асп., кафедра «Безопасность и экология горного производства»,
Горный институт НИТУ «МИСиС»

ai.manevich@yandex.ru

(устный доклад)

Использование наиболее достоверной информации о смещениях земной поверхности крайне важно при исследовании экзогенной и эндогенной геодинамической активности района. Различные данные о полях смещений земной поверхности и расчетных характеристик из них получаемых (деформации, скорости смещений и деформаций, дилатация) позволяют получать как фундаментальные знания о геодинамическом режиме исследуемого региона или локальной области, так и служат обоснованием безопасности эксплуатации различных природных и природно-технических объектов (склоны, нефте- и газопроводы, объекты строительства и т.д.).

Основной целью настоящего исследования является повышение достоверности интерпретации данных ГНСС наблюдений за современными движениями земной коры и деформациями земной поверхности с использованием спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС. В работе представлена структура искусственной нейронной сети, возможности использования которой и будут рассмотрены. Использование нейросетевых методов позволяет использовать преимущества «интеллектуального» анализа данных в сравнении со статистическими методами. Можно выделить три основных отличия: обучаемость – система получает новые наборы данных и использует их для корректировки своих внутренних алгоритмов; универсальность входящих данных – использование разной по свойствам информации (статическая и динамическая, качественная и количественная); детерминированность – распознавание фундаментальных особенностей геологической среды и их влияние на кинематику смещений земной поверхности.

Для оценки перспектив использования нейросетевых методов для интерполяции полей смещений земной поверхности, был запрограммирован алгоритм. Результаты интерполяции искусственной нейронной сетью сравнивались с результатами интерполяции методами кригинга и метода обратных расстояний на синтетических тестах и реальном объекте, посредством оценок абсолютных ошибок. Рассмотрены основные направления дальнейшего развития нейросетевого подхода для задач интерполяции полей смещений земной поверхности.

Список литературы:

1. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс (2-е изд. Пер. с англ.) М.: Издательский дом "Вильямс". 2006. 1104 с.
2. Miljanović M., Ninkov T., Sušić Z., Tucikesic S. Forecasting geodetic measurements using finite impulse response artificial neural networks // Indian journal of geo-marine sciences. 2017. Vol. 46. Iss. 9. pp. 1743-1750.
3. Reiterer A. et al. A 3D optical deformation measurement system supported by knowledge-based and learning techniques // Journal of Applied Geodesy. 2009. Vol. 3. №. 1. pp. 1-13.
4. Tatarinov V., Kaftan V., Tatarinova T., Manevich A. Modern Geodynamics of South Yenisei Ridge to Result of the GPS/GLONASS Observations // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 95. DOI: 10.1088/1755-1315/95/3/032024.

ПРОЦЕССЫ ПЛАВЛЕНИЯ В ЗОНЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОДВИЖКИ

Матвеев Максим Алексеевич, Морозов Ю.А., Кулаковский А.Л., Смутьская А.И.

н.с., Лаборатория тектоники и геодинамики (103), ИФЗ РАН

mta@ifz.ru

(устный доклад)

Изучение псевдотрахитов (ПТХ) проводилось нами для описания и характеристики процессов потери прочности в разломе в связи с раздроблением и измельчением породы и ее фрикционным расплавлением. Ранее были исследованы две разновидности ПТХ по гранитоидам из рифейского комплекса Баренцевоморского побережья (п-ов Рыбачий) и по метапсаммитам палеопротерозойского комплекса Северного Приладожья, которые оказались двух разных генетических и морфологических типов: за счет механического измельчения породы и процессов частичного плавления, соответственно. Вновь полученные данные относятся к ПТХ Северного Приладожья, маркирующим процессы наложенных хрупких деформаций орогенного этапа развития региона, и касаются условий формирования расплава в зоне предполагаемой сейсмической подвижки.

С помощью методов термобарометрии (TWQ) и минерально-парагенетического анализа равновесных ассоциаций Bi-Mus-Pl-Kfs-Q во вмещающих ПТХ гнейсах получены оценки параметров регионального метаморфизма и бластокатаклаза на начальной стадии формирования разломной зоны: $T = 670 - 680\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 4 - 5\text{ кбар}$, что соответствует глубинам порядка 12-15 км. С учетом экспериментальных данных по частичному плавлению пород, близких по составу к аркозовым метапесчаникам [1] температура в зоне подвижки при фрикционном разогреве достигала, как минимум, $800-850\text{ }^{\circ}\text{C}$, вполне достаточная для расплавления, в первую очередь, слюдяных минералов. Это согласуется с установленными нами фактами: мусковит – единственный минерал, который полностью выплавляется из вмещающих, а иллит-сметиты – единственная фаза, которая кристаллизуется в стекле. С учетом того, что температурный диапазон устойчивости смешаннослойных иллит-сметитов находится в интервале $40 - 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2], можно предположить достаточно быстрое выведение к поверхности (около 3 км) рассматриваемых пород по разлому. Сходная и взаимосвязанная тенденция в изменении условий прослеживается по тренду вариаций состава слюд в ПТХ и во вмещающих породах (возрастание степени их гидратации), а также по изменению составов плагиоклазов - плагиоклазы удаленных от ПТХ вмещающих гнейсов более натриевые, чем плагиоклазы бластокатаклазитов на контакте с ПТХ. Реликты плагиоклазов внутри ПТХ еще более обеднены Na, но заметно обогащены Ca, отражая повышенную испаряемость первого из расплава [3], и одновременное накопление второго в нем.

Таким образом, гнейсы, бластокатаклазиты и ПТХ эволюцией своих составов отражают разные уровни глубинности, через которые прошла порода, а ПТХ являются продуктом ее фрикционного расплавления при быстром выведении к поверхности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-05-01012).

Список литературы:

1. Castro A., Patino Douce A.E., Corretge L.G. et al. Origin of peraluminous granites and granodiorites, Iberian massif, Spain: an experimental test of granite petrogenesis // Contrib. Mineral. Petrol. 1999. Vol. 135. pp. 255-276.
2. Lin A. Fossil Earthquakes: The Formation and Preservation of Pseudotachylytes // Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 2008. - 348 p.
3. Горностаева Т.А. Микро- и нанонеоднородность земных и лунных импактных стёкол // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук. М., 2017. - 25 с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЛАТЕРАЛЬНОГО НОРМАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ЗА СЧЁТ ДЕНУДАЦИИ

Мяжков Дмитрий Сергеевич

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

ИФЗ РАН

dsm@ifz.ru

(устный доклад)

В данной работе представлены численные модели формирования избыточных напряжений горизонтального сжатия, объяснение наличия которых в Земной коре является важной проблемой тектоники. Её обсуждение ведётся практически с начала второй половины XX века и имеет прикладное значение, т.к. данные напряжения нередко являются одной из серьёзнейших проблем при разработке рудных месторождений [1], в том числе на российской территории (Кольский полуостров). Механизмы генерации повышенного уровня горизонтального напряжения рассматривались, в том числе, как результат вертикального поднятия вещества коры [2]. Такое поднятие в регионах с активным сносом осадочного материала может быть, в первую очередь, происходить за счёт денудационных процессов.

В текущем исследовании представлены две численные упругопластические модели формирования дополнительных «денудационных» горизонтальных напряжений. Целью работы было количественно исследовать данный эффект для моделей, значительная часть которых находится в закритическом состоянии и показать, как он формируется, в том числе, при различных прочностных свойствах среды и для различного вида задаваемого закона пластичности. Первая модель более простая: горизонтально слоистая среда, для которой задаётся только процесс денудации, нахождение области осадконакопления предполагается за пределами модели. Вторая модель – латерально неоднородная, рассматривается зона субдукции региона Северного Хонсю. Если для первой, «одномерной» модели ставилась задача описать изучаемый механизм непосредственно (в том числе для сопоставления с аналитическими моделями), то во второй была предпринята попытка показать его влияние на напряжённое состояние реальной геологической структуры.

Применялась явная конечно-разностная схема, разработанная Уилкинсом для исследования упругопластических тел и усовершенствованная Стефановым [3] для применения в геомеханике. В её рамках среда рассматривается как упрочняющееся упругопластическое тело, используется неассоциированный закон пластического течения Друккера-Прагера-Николаевского.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-05-01115).

Список литературы:

1. Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Козырев А.А. О возможном механизме генерации избыточного горизонтального сжатия рудных узлов Кольского полуострова (Хибины, Ловозеро, Ковдор) // Геология рудных месторождений. 2017. Т. 59. № 4. С. 263–280.
2. Ребецкий Ю.Л. О возможном механизме генерации в земной коре горизонтальных сжимающих напряжений // ДАН. 2008. Т. 423. № 4. С. 538–542.
3. Стефанов Ю.П. Некоторые особенности численного моделирования поведения упруго-хрупкопластичных материалов // Физ. мезомех. 2005. Т.8, №3. С. 129–142.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИЙ ГРИНА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ СЕЙСМОГРАММ (НА ПРИМЕРЕ ГЛАВНОГО СОБЫТИЯ ИЗ РОЯ 31 ИЮЛЯ 2010 ГОДА ВБЛИЗИ ОСТРОВА ВАЛААМ)

Никитина Маргарита Александровна¹, Вальков А.Ю.²

¹н.с., Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН

²проф. кафедры Высшей математики СПбПУ

margaritnikitina@yandex.ru

(устный доклад)

В Ладожском регионе происходит множество микроземлетрясений на фоне нескольких землетрясений в год [1]. В регионе располагается единственная сейсмостанция (мыс Никоновский, о.Валаам) и это сильно осложняет локализацию источника землетрясений.

В данном докладе предлагается новый метод построения синтетической сейсмограммы и нахождения механизма очага. Этот метод будет проиллюстрирован на основном землетрясении из роя, который был зарегистрирован 31.07.10 вблизи Валаам [2]. Мы используем малые события для проверки качества построения синтетической сейсмограммы, так как источники располагаются внутри габбродиабазов [3].

Наш подход для построения синтетических сейсмограмм основан на методе функции Грина [4]. Для описания источника используются три модели: диполь без момента, двойной диполь без момента и сферический источник. Для учета конечности реальных источников мы используем дельта-функциональные последовательности, основанные на ядрах двух типов: Дирихле и Лоренца.

Параметры модели (их количество варьируется от 2 до 5 в зависимости от типа источника) определяются минимизацией разности между реальной и синтетической сейсмограммами методом наименьших квадратов. Для события 31.07.10 мы получили отличное согласие между синтетической и реальной сейсмограммами. И что еще важнее, полученный предложенным методом наклон плоскости разлома в механизме очага отличается только на несколько градусов от известного наклона тектонических линий в этом регионе [1]. Это дает основания рассматривать наш метод как весьма перспективный для использования в случае аналогичных событий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-35-00335)

Список литературы:

1. Ассиновская Б.А., Овсов М.К., Карпинский В.В., Мехрюшев Д.Ю. Сейсмические события на Ладоге // Геориск. 2009. Т. 3. С. 6-12.
2. Ассиновская Б.А., Карпинский В.В., Недошвин А.С. Необычное землетрясения 31 июля 2010 года на Ладожском озере // Геориск. 2011. Т.1. С.58-62.
3. Nikitina M.A., Val'kov A. Yu. Modeling of local seismic events in the area of Valaam's island <https://arxiv.org/abs/1711.09448>
4. Val'kov A., Kuzmin V., Romanov V., Nikitina M., Kozhevnikov S., Meglinski I. Field of a point source in a semi-infinite elastic medium // Waves in a Random and Complex Media. 2012. Vol. 22. pp. 423–424.

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛА ГРАФИКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Павленко Василий Александрович

н.с., Лаборатория сейсмической опасности (302) ИФЗ РАН

pavlenko.vasily@gmail.com

(устный доклад)

В работе рассматривается проблема возникновения нереалистично высоких оценок параметров колебаний грунта, которые возникают в случаях применения метода вероятностного анализа сейсмической опасности Корнелла-Мак Гуайра [1, 2] для оценки сейсмической опасности, имеющей очень малую годовую вероятность реализации [3-6]. Эта проблема связана с использованием нормального распределения для моделирования неопределённости параметров колебаний грунта [7]. В работе по данным сетей сильных движений Японии (K-NET и KiK-net) изучаются выборочные распределения логарифма пикового ускорения (PGA) при фиксированных значениях магнитуды и гипоцентрального расстояния. В качестве гипотетических моделей распределения вероятностей использованы нормальное распределение и обобщённое распределение экстремальных значений (GEVD), предпочтительная модель выбирается на основе статистических критериев согласия. Результаты анализа показывают превосходство GEVD в одиннадцати из двенадцати изученных выборок. Кроме того, для каждой изученной выборки были получены отрицательные оценки параметра формы GEVD, что указывает на наличие конечного верхнего предела распределений $\ln(\text{PGA})$. Таким образом GEVD представляет более реалистичную модель для описания разброса значений $\ln(\text{PGA})$, которая позволяет учитывать ограниченность параметров колебаний, вызванных заданным сценарным землетрясением. Применение GEVD является логичной альтернативой обычной практике использования усечённого нормального распределения [8] и позволяет получить ограниченный график сейсмической опасности.

Список литературы:

1. *Cornell C.A.* Engineering seismic risk analysis // *Bull. Seismol. Soc. Am.* 1968. Vol.58(5), pp. 1583–1606
2. *McGuire R.K.* Fortran program for seismic risk analysis. U.S. Geological Survey. 1976 Open-File Report 76-67.
3. *Abrahamson N.A.* Statistical properties of peak ground accelerations recorded by the SMART 1 array // *Bull. Seismol. Soc. Am.* 1988. Vol.78(1). pp.26–41.
4. *Stipp J.C., Wong I., Whitney J., Quitemeyer R., Abrahamson N., Toro G., Youngs R., Coppersmith K., Savy J., Sullivan T., Yucca Mountain PSHA project members.* Probabilistic seismic hazard analyses for ground motions and fault displacements at Yucca Mountain, Nevada. *Earthq. Spectra.* 2001. Vol. 17(1). pp. 113–151. doi:10.1193/1.1586169.
5. *Corradini M.L.* Letter from chairman of the U.S. Nuclear Waste Technical Review Board to the Director of the Office of Civilian Radioactive Waste Management. 2003. Available at <http://www.nwtrb.gov/corr/mlc010.pdf>.
6. *Stamatakis J.A.* Review by the Office of Nuclear Material Safety and Safeguards of the U.S. Department of Energy's responses to key technical issue agreements SDS.2.01 and SDS.2.02 for a potential Geologic Repository at Yucca Mountain, Nevada, Project No: WM-011. U.S. Nuclear Regulatory Commission Contract NRC-02-02-012. 2004. Available at <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ml0428/ml042870242.pdf>.
7. *Klügel J.-U.* Problems in the application of the SSHAC probability method for assessing earthquake hazards at Swiss nuclear power plants // *Eng. Geol.* 2005. Vol. 78(3-4) pp. 285–307. doi:10.1016/j.enggeo.2005.01.007.
8. *Strasser F.O., Bommer J.J., Abrahamson N.A.* Truncation of the distribution of ground-motion residuals // *J. Seismol.* 2008. Vol. 12(1). pp. 79–105. doi:10.1007/s10950-007-9073-z

ПОЛОЖЕНИЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В РИФЕЕ ПО ПАЛЕОМАГНИТНЫМ ДАННЫМ

Пасенко Александр Михайлович

асп., вед.инж., Лаборатории Главного геомагнитного поля и Петромагнетизма (105), ИФЗ РАН

Pasenkoal@ya.ru

(устный доклад)

Рифейское время является одним из ключевых этапов в геологической истории Земли. Известно, что в начале рифея начинается распад суперконтинента Колумбия (Нуна). В среднем рифее образуется суперконтинент Родиния, а уже во время позднего рифея начинается его распад.

Получение новой палеомагнитной информации о рифейских породах Земного шара поможет уточнить многие вопросы геодинамики распада и формирования суперконтинентов, а также выявить следствия таких глобальных событий.

Ядром Колумбии, а впоследствии Родинии, являлся кратон Лаврентия. Однако есть мнение, что с момента формирования Колумбии до момента распада Родинии существовал мегаконтинент в состав которого входили Сибирский кратон, Лаврентия и Балтика [1], при этом своей южной частью (в современных координатах) Сибирский кратон соединялся с северной частью Лаврентии [3].

Основной целью данной работы являлось получение новой палеомагнитной информации о рифее Сибирской платформы для тестирования гипотезы о существовании трансдокембрийского мегаконтинента (Сибирь + Лаврентия + Балтика). Путем сравнения траектории кажущейся миграции полюсов Сибири и Лаврентии будет возможно определить перемещались ли исследуемые блоки в рифее в составе единой литосферной плиты, или же вели себя как отдельные структурные единицы [2].

На территории Сибирской платформы рифейские породы с ненарушенным залеганием и неметаморфизованные присутствуют на территории Уджинского, Анабарского и Оленекского поднятий. На Уджинском и Анабарском поднятиях также отмечено существование магматических тел ниже-среднерифейского возраста.

В данной работе будут представлены последние данные детальных палеомагнитных исследований нижнерифейских пород Уджинского поднятия Сибирской платформы, а также приведено сопоставление траектории миграции Сибири и Лаврентии на изучаемом временном промежутке.

Полученные палеомагнитные полюсы позволяют уточнить время формирования изучаемых осадочных толщ, а также понять динамику Сибирской платформы в рифее.

Согласно сравнению траектории миграции Лаврентии и Сибири, а также сопоставлению их средних скоростей перемещения можно говорить о возможном перемещении в рифейское время Лаврентии и Сибири в пределах одной литосферной плиты.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-17-10097)

Список литературы:

1. *Condie K.C.* Episodic continental growth models: afterthoughts and extensions // *Tectonophysics*, 2000, 322, 153–162.
2. *McElhinny M.W.* Palaeomagnetism and Plate Tectonics // Cambridge University Press, 1973, pp. 358.
3. *Павлов В.Э., Галле И., Петров П.Ю., Журавлев Д.З., Шаццло А.В.* Уйская серия и позднерифейские силлы Учуро-Майского района: изотопные, палеомагнитные данные и проблема суперконтинента Родиния // *Геотектоника*. 2002. № 4. С. 26-41.

МОБИЛЬНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ГНСС-СИГНАЛОВ С ВЫСОКОЙ ЧАСТОТОЙ ОПРОСА

Передерин Фёдор Викторович (асп., н.с.)¹, Алёшин И.М.^{1,2}, Погорелов В.В., Холодков К.И.¹

¹ Лаборатория геоинформатики (501) ИФЗ РАН

² ФИЦКИА РАН, Архангельск

crash@ifz.ru

(устный доклад)

При выполнении работ по уточнению траектории движения быстро перемещающихся объектов (например, самолета-лаборатории) на протяженных профилях [1] аппаратная часть необслуживаемых базовых станций была доработана для их использования на автомобиле [2]. Летом 2017 года был выполнен эксперимент по оценке точности позиционирования подвижного приемника, установленного на автомобиле. Измерения производились в ходе передвижения автомобиля по европейской части России в меридиональном направлении от Архангельска до Севастополя. Одновременно с этим на временной базовой станции в г. Архангельске данные регистрировались необслуживаемым оборудованием, аналогичным оборудованию в составе подвижной регистрирующей системы автомобиля.

Основу технического решения составляет одноплатный компьютер на базе процессора с архитектурой ARM. Для проведения исследований по позиционированию автомобиля ранее созданное регистрирующее энергоэффективное оборудование [3,4] было доработано: повышена его автономность, проверена возможность контроля рабочего состояния и экспресс-передачи данных по каналам мобильной связи в условиях с различным качеством сигнала сотовой сети.

Список литературы:

1. Конешов В.Н., Передерин Ф.В., Погорелов В.В., Спесивцев А.А., Холодков К.И., Соловьев В.Н. О возможности использования необслуживаемых и постояннодействующих наземных ГНСС-станций при выполнении аэрогравиметрических наблюдений на протяженных профилях // Сборник тезисов докладов "XIV Всероссийская Открытая конференция современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". ИКИ РАН. 2016. С. 317.
2. Алёшин И.М., Холодков К.И., Передерин Ф.В., Погорелов В.В. Совершенствование систем регистрации данных ГНСС с высокой частотой опроса // Шестая научно-техническая конференция «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России», 1-7 октября 2017 г., г. Петропавловск-Камчатский. Материалы Конференции. – с. 325 – 328. <http://emsd.ru/conf2017lib/mlib6.html>
3. Алёшин 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. № 3. Т. 53. С. 31—41.
4. Передерин Ф.В., Алёшин И.М., Холодков К.И., Бургучев С.С., Соловьев А.А. Программная реализация удалённого управления процессами регистрации и оперативной передачи геомагнитных измерений // Сейсмические приборы. 2016. № 4. Т. 52. С. 76—82.

НЕЛИНЕЙНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГАРМОНИК ДИНАМО-ВОЛН

Попова Елена Петровна

к.ф.-м.н., в.н.с., Лаборатория геоэлектродинамики (403) ИФЗ РАН

popovaep@ifz.ru

(устный доклад)

Генерация магнитного поля в звездах и планетах (в частности, в Солнце и Земле) связана с наличием механизма динамо, который основан на совместной работе альфа-эффекта и дифференциального вращения в недрах небесного тела, в результате которой возникают волны магнитного поля, так называемые динамо-волны. Существующие модели динамо способны воспроизводить основные черты поведения магнитного поля небесных тел. Однако, остается ряд нерешенных вопросов. Чтобы описать конечный рост магнитного поля и учесть его влияние на характер течений вещества в модели динамо вводят нелинейность. При этом принято считать, что самым чувствительным для механизма солнечного и земного динамо к нелинейности является альфа-эффект. В данной работе рассматривается нелинейное взаимодействие гармоник динамо-волн для однослойной среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 28

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОРИЕНТАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА, ОСНАЩЕННОГО ПАРУСОМ, ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА

Попова Елена Петровна

к.ф.-м.н., в.н.с., Лаборатория геоэлектродинамики (403) ИФЗ РАН

popovaep@ifz.ru

(стендовый доклад)

Breakthrough Starshot - научно-исследовательский и инженерный проект, направленный на разработку космических аппаратов (КА), оснащенных световым парусом. В данной работе мы исследуем устойчивость ориентации такого КА при малых ее возмущениях в течении времени действия интенсивного лазерного луча с плоским и гауссовым профилем. В такой постановке задачи КА чувствителен к крутящим моментам и поперечным силам, которые влияют на ориентацию. Движение КА под действием лазерного луча мы описали с помощью уравнений Эйлера и второго закона Ньютона. Полученную систему уравнений мы исследовали на устойчивость аналитически в линейном приближении и численно, что позволило построить траектории движения КА. Мы показали, что КА с плоским парусом быстро выходит из зоны действия луча, не успев получить необходимое ускорение. Ориентация паруса конической и сферической формы (часть сферы, с радиусом кривизны много большим, чем радиус паруса) является стабильной, если расстояние от центра паруса до центра масс больше, чем радиус кривизны паруса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 28

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Преснов Дмитрий Александрович

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

presnov@physics.msu.ru

(устный доклад)

Анализируются экспериментальные данные, полученные в рамках полевого эксперимента в заливе Найсмери Ладожского озера на полигоне концерна АО “Океанприбор” в апреле 2018 года. Схема эксперимента подразумевала установку пяти автономных гео-гидроакустических буев ледового класса [1] на ледовом покрове в вершинах правильного пятиугольника со стороной 300 м. В качестве референсных приборов использовались установленный на берегу велосиметр СМЗ-ОС и трехкомпонентный велосиметр Guralp CMG-3ESPCD, который также был заморожен в лёд. Сейсмоакустические измерения охватывали диапазон частот 0,03-50 Гц, при этом предполагалось выполнить два эксперимента: активный и пассивный. В пассивном режиме шумовой сигнал регистрировался всеми приборами на ледовом покрове в течении 96 часов. В активной фазе эксперимента были использованы специализированные морские сейсмические источники – электроискровой источник (спаркер) мощностью 1,5 кДж и источник взрывного типа (сейсморужье) мощностью 2,7 кДж разработки ООО «ГЕОДЕВАЙС» [2].

Изучается возможность выделения в полном принимаемом волновом поле различных модовых составляющих, включая донные поверхностные волны, гидроакустические моды и изгибные колебания ледового покрова. Оценивается возможность реализации томографической схемы реконструкции параметров среды распространения по данным о временных задержках сигналов, прошедших через исследуемую область дна, акватории и ледового покрова.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-29-02046).

Список литературы:

1. 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.
2. <https://geodevice.ru>

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ АТМОСФЕРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ

Прохорчук Александр Андреевич (м.н.с.), Галиченко С.В., Анисимов С.В.

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН

alexprok@borok.yar.ru

(устный доклад)

Электродинамика атмосферного пограничного слоя (АПС) – одно из наиболее интенсивно развивающихся направлений в исследовании глобальной электрической цепи [1]. Модели турбулентности, использующие метод транспортируемой функции плотности вероятности, служат эффективным инструментом для исследования статистики турбулентных полей [2], формирующих электрическое состояние АПС.

На основе модели [3] выполнены оценки влияния системы атмосферных электрических токов на формирование электрической проводимости. Результаты численного моделирования показывают, что увеличение времени корреляции вертикальной скорости движения воздушных масс (увеличение доли транспорта, осуществляемого структурированной турбулентностью) и увеличение электрической проводимости воздуха, приводят к уменьшению вклада плотности турбулентного тока и увеличению вклада плотности тока проводимости в плотность полного вертикального атмосферного электрического тока. Установлено, что в невозмущенных неоднородно распределенными источниками аэрозольных частиц условиях, областями максимальной короткопериодной вариабельности электрической проводимости являются приземный слой и область турбулентного вовлечения конвективного АПС.

Выявлена асимметрия турбулентных токов, создаваемых переносом противоположно заряженных ионных фракций. Проверка гипотез о равенстве полярных проводимостей в электродном слое при наличии турбулентного перемешивания и о независимости их высотных профилей от плотности тока проводимости показала невыполнение первой из гипотез и приближенное выполнение второй в условиях невозмущенной атмосферы. Для ночного устойчиво-стратифицированного и дневного конвективного АПС выполнена параметризация рассчитанных по модели высотных профилей электрической проводимости.

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

Список литературы:

1. Williams E., Mareev E. Recent progress on the global electrical circuit // Atmos. Res. 2014. Т. 135-136. pp. 208–227.
2. Pope S.B. Lagrangian PDF methods for turbulent flows // Ann. Rev. Fluid Mech. 1994. Т. 26. № 1. pp. 23–63.
3. Anisimov S.V. Galichenko S.V., Aphinogenov K.V., Prokhorchuk A.A. Evaluation of the Atmospheric Boundary-Layer Electrical Variability // Boundary-Layer Meteorol. 2018. Т. 167. №. 2. pp. 327–348.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ СТАТИЧЕСКИМИ И ДИНАМИЧЕСКИМИ УПРУГИМИ ПАРАМЕТРАМИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

Равилов Николай Шавкатович.

аспирант, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

ravilov_n@bk.ru

(устный доклад)

Различными авторами проводились исследования зависимости статического модуля упругости от динамического как для продуктивных нефтегазоносных пород, так и для бетонов и грунтов, используемых при строительстве. На практике, для определения упругих свойств пород используются статические или динамические методы, отличающиеся скоростью и амплитудой нагружения [1,2].

Расхождение между упругими модулями, определенными статическим и динамическим путем, может объясняться следующими причинами:

1. Величины напряжения и деформации, возникающие при распространении ультразвуковых волн при динамическом исследовании, чрезвычайно малы по сравнению со стрессом и деформацией, связанными со статическими методами испытаний.

2. При статической деформации также возникают неупругие компоненты (например, смещение поверхностей микротрещин и границ зерен). В то же время, ультразвуковые (и сейсмические) измерения в основном зависят от упругого отклика [2,3].

Выполненные в данной работе исследования и анализ результатов работ других авторов позволили установить зависимость статических и динамических упругих свойств горных пород от петрофизических параметров. Отмечено, что различие между статическим и динамическим модулями Юнга возрастает в породах с низким модулем упругости и высокой пористостью. Как установлено экспериментами, динамический модуль упругости может превышать статический в несколько раз (вплоть до 50 раз) для слабо консолидированных пористых горных пород, а их отношение может стремиться к единице только для низко пористых магматических пород при очень высоких давлениях обжима.

В результате проведенных исследований показано, что соотношение статических и динамических упругих модулей определяется величиной коэффициента пористости и степенью литификации горных пород. По мере уплотнения грунтов и их преобразования из рыхлых слабо консолидированных осадков в твердые горные породы уменьшается как общая пористость пород, так и коэффициент сжимаемости порового пространства, что приводит к постепенному сглаживанию различий между динамическими и статическими упругими модулями пород. При стремлении пористости к нулю упругие характеристики пород стремятся к идеально упругим.

Список литературы:

1. King M.S. Static and dynamic elastic properties of rocks from the Canadian Shield // Intern. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. 1983. 20 (5) pp.237-241 p.
2. Schon J.H., Physical Properties of Rocks. Handbook of petroleum exploration and production, Volume 8, Elsevier, 2011.
3. Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J. The Rock Physics Handbook (Second Edition). Cambridge university press, 2009.

НЕОБХОДИМОСТЬ СИНХРОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Родина Татьяна Андреевна

аспирант, Центр геоэлектромагнитных исследований ИФЗ РАН

whittakeresq@gmail.com

(устный доклад)

В последнее время все большее распространение получили исследования в области электромагнитного мониторинга. Такие проекты направлены на получение информации об изменениях в геоэлектрической структуре, вызванных геодинамическими процессами как естественного, так и техногенного происхождения [1, 5]. Результаты разных авторов значительно расходятся, так как подобные исследования требуют применения тонких процедур. При проведении мониторинговых исследований, значительно повышается риск наблюдения шумов [2,3].

Геодинамические процессы, представляющие наибольший интерес, проявляются значительно слабее, чем промышленные помехи и искажения, вызванные неоднородностью электромагнитного возбуждения проводящей Земли [3]. Поэтому наиболее существенной проблемой электромагнитного мониторинга является выделение целевых эффектов меньшей интенсивности. Основное средство борьбы с помехами – проведение синхронных наблюдений. Эта методика позволяет удалить регулярные эффекты. В качестве иллюстрации представлено сравнение частных оценок передаточных операторов, полученных на материале мониторинговых наблюдений с помощью метода магнитотеллурического зондирования в окрестности Камбаратинского промышленного взрыва в Киргизии.

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

Список литературы:

1. Баталева Е.А., Баталев В.Ю., Рыбин А.К. К вопросу о взаимосвязи вариаций электропроводности земной коры и геодинамических процессов // Физика Земли. 2013. № 3. С. 105–113
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. Варенцов Ив.М., Соколова Е.Ю., Рабочая группа проекта BEAR. Диагностика и подавление авроральных искажений передаточных операторов ЭМ поля в эксперименте BEAR // Физика Земли. 2003. № 4. С. 21-48.
4. Варенцов Ив.М., Лозовский И.Н., Родина Т.А. Динамика оценок МТ/МВ передаточных операторов по наблюдениям в период Камбаратинского промышленного взрыва // Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Тезисы докладов 7-го Международного симпозиума. 2017. М.: НС РАН. С. 405-408.
5. Peacock J.R., Thiel S., Reid P., Heinson G. MT monitoring of an enhanced geothermal system fluid injection: Example from an enhanced geothermal system // Geophys. Res. Lett. 2012. Vol. 39. L18403. doi:10.1029/2012GL053080.

ЦИКЛОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛОПАТИНСКОЙ СВИТЫ: К ВОПРОСУ О ГИПЕРАКТИВНОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПОЗДНЕМ ДОКЕМБРИИ

Рудько Дмитрий Владимирович (инж.)¹, Рудько С. В.², Шацилло А. В.¹, Кузнецов Н. Б.²
Лаборатория главного геомагнитного поля и петромагнетизма (105) ИФЗ РАН

²Геологический институт РАН, Москва

mythos2@yandex.ru

(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. При этом, данная оценка является минимальной, поскольку была получена при отборе образцов с шагом 20 см и более, а послыйный отбор 40-сантиметрового интервала из нижней части разреза выявил наличие 8 зон магнитной полярности (авторские неопубликованные данные). В связи с этим интерес вызывает длительность формирования рассматриваемой толщи, что позволит определить частоту смен магнитных зон. Это можно сделать с помощью определения обстановок формирования пород и нахождения наиболее близких современных аналогов таких обстановок, для которых известны скорости седиментации. Этот метод дает приблизительную оценку. Другим методом является анализ изменчивости климатозависимых параметров в разрезе и их сопоставление с орбитальными циклами (циклостратиграфический метод).

Согласно седиментологическим данным отложения лопатинской свиты накапливались в континентальной обстановке под действием временных водотоков. Наиболее близкой актуалистической моделью являются «вади» - слабо врезанные каналы, которые распространены в современных пустынях. Немногочисленные определения скорости аккумуляции для «вади» варьируют в широких пределах: от 0.2 м/1000 до 1.5 м/1000 лет [2].

Для оценки длительности формирования рассматриваемой толщи циклостратиграфическим методом выполнены полевые определения магнитной восприимчивости (МВ) вдоль разреза с шагом не более 0.2 м., что, согласно седиментологической оценке, обеспечивает необходимую разрешающую способность для обнаружения наиболее коротких орбитальных прецессионных циклов. Измеренные вариации МВ были подвергнуты спектральному анализу по алгоритму Multi-taper.

На периодограмме отчетливо выделяются пики, соответствующие периодам 29.3, 7.1, 1.8, 1.3, 1.0, 0.8 м, которые соотносятся между собой в пропорции близкой к таковой для орбитальных циклов эксцентриситета (400, 125, 93 тыс. лет), циклов наклона Земной оси к плоскости эклиптики (36-27 тыс. лет) и прецессии (22-15 тыс. лет) [3]. Рассчитанное минимальное время формирования изученного разреза лопатинской свиты соответствует 1079 тыс. лет. При такой длительности формирования отложений средняя продолжительность одной зоны магнитной полярности в изученном разрезе составляет 18.6 тыс. лет. Учитывая, что минимальная мощность некоторых магнитных зон, выявленных при послыном изучении, составляет ~6 см их продолжительность может оказаться ~1000 лет, что почти на порядок меньше продолжительности известных переходных инверсионных зон (7 тыс лет) [4]. Полученная частота инверсий не имеет даже приблизительных аналогий в фанерозойской истории Земли, что, очевидно, указывает на совершенно иное «гиперактивное» поведение ГМП в позднем докембрии.

Исследование выполнено при поддержке проекта №0135-2018-0050 Программы Президиума РАН и гранта РФФИ 17-05-00021

Список литературы:

1. Шацилло 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 // ДАН. 2015. Т.465. №4. С.464-468
2. L. B., Øxnevad I. E. I., De Boer P. L. Climatic controls on ancient desert sedimentation: some late Palaeozoic and Mesozoic examples from NW Europe and the Western Interior of the USA // Orbital forcing and cyclic sequences. 1994. pp.439-457.
3. Waltham D. Milankovitch period uncertainties and their impact on cyclostratigraphy // Journal of Sedimentary Research. 2015. Т. 85. №. 8. pp. 990-998.
4. Clement B.M. Dependence of the duration of geomagnetic polarity reversals on site latitude // Nature. 2004. Vol. 428. pp.637-640

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ФЛЮИДОПРОВОДЯЩИХ ТРЕЩИН В ХОДЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Русина Оксана Алексеевна^{1,2}, Дубиня Н.В.³

¹аспирант 1 г.о., МГУ им. М. В. Ломоносова

² Лаборатория фундаментальных проблем нефтегазовой геофизики и геофизического мониторинга (202) ИФЗ РАН

Oksana.rus0204@gmail.com

(устный доклад)

В работе рассмотрено построение динамической модели трещиноватости по сейсмическим данным и результатам геомеханического и петроупругого моделирования.

На данный момент при разработке месторождений углеводородов часто используются дискретные модели трещиноватости, основанные преимущественно на сейсмических данных. Дополнение этих моделей результатами геомеханического и петроупругого моделирования позволяет расширить возможности таких моделей, в частности, появляется возможность выделения трещин, способных проводить флюид.

В основе выделения флюидопроводящих трещин лежит гипотеза о связи критически напряженных и флюидопроводящих трещин [1]. Согласно этой гипотезе, проверенной на большом количестве данных [2], трещина способна проводить флюид, если касательные напряжения, действующие на ее поверхности, оказываются больше, чем нормальные напряжения, домноженные на тангенс угла внутреннего трения.

Ранее авторами был разработан последовательный алгоритм построения модели трещиноватости с привлечением геомеханического и петроупругого моделирования для одного месторождения России [3]. В настоящей работе основной акцент сделан на анализе изменения свойств флюидопроводящих трещин в ходе разработки модельного участка месторождения. Была создана конечно-элементная модель, каждый элемент которой характеризовался плотностью, упруго-прочностными и фильтрационно-емкостными свойствами. Моделирование разработки месторождения выполнялось с помощью введенной скважины, на которой устанавливалось фиксированное давление флюида. Далее проводилось численное геомеханическое и гидродинамическое моделирование процесса извлечения нефти. В каждый момент времени определялся тензор напряжений, действующих в каждом элементе модели. Для каждого элемента модели определялась доля трещин, присутствующих в этом элементе и являющихся критически напряженными при текущем напряженном состоянии. В результате был выполнен анализ того, как доля флюидопроводящих трещин изменяется в ходе разработки месторождения.

Были проанализированы различные варианты разработки месторождения, в частности, варьировалось давление на скважине. Кроме того, были построены зависимости доли флюидопроводящих трещин от времени для различных граничных условий. Построенные зависимости могут быть использованы в качестве трендов при разработке месторождений, характеризующихся преобладающей ролью трещин в фильтрационных процессах.

Список литературы:

1. Barton C.A., Zoback M.D., Moos D. Fluid flow along potentially active faults in crystalline rocks // *Geology*. 1995. Vol.23. №8. pp.683-686.
2. Townend J., Zoback M.D. How faulting keeps the crust strong // *Geology*. 2000. Vol. 28. №5. pp. 399-402.
3. Баюк И.О., Дубиня Н.В., Русина О.А., Тихоцкий С.А. Определение параметров трещиноватости карбонатных коллекторов трещинного типа на основании результатов геомеханического и петроупругого моделирования // *Труды Международной геолого-геофизической конференции «ГеоЕвразия 2018. Современные технологии изучения и освоения недр Евразии»*. 2018. С. 439-442.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ОКОЛОСКВАЖИННОМ ПРОСТРАНСТВЕ НА ЗНАЧЕНИЯ УПРУГИХ МОДУЛЕЙ, РАССЧИТАННЫХ ПО ДАННЫМ ГИС

Рязанова Мария Валерьевна (инж.), Дубиня Н. В., Фокин И.В.

Центр петрофизических и геомеханических исследований РАН,

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

ryazanovamasha@yandex.ru

(устный доклад)

Горные породы, слагающие коллекторы углеводородов, находятся в напряженно-деформированном состоянии, обусловленном весом вышележащих пород, тектоническими процессами и влиянием насыщающего флюида. Однако напряженное состояние может измениться вследствие разработки месторождения: добыча флюида приводит к изменению порового давления, что, в соответствии с теорией Био [1], меняет эффективные напряжения, а бурение скважин приводит к возникновению эффекта концентрации напряжений. Данная работа в значительной степени направлена на изучение последнего эффекта.

Концентрация напряжений вокруг скважины может быть описана с помощью известного решения Кирша [2], полученного для описания напряжений вокруг кругового отверстия в сплошной среде, а впоследствии модифицированного для случая, когда отверстие соответствует круглому сечению скважины, вскрывающей флюидонасыщенный пласт [3]. Согласно этому решению, поля напряжений вокруг скважины могут быть найдены, если известны напряжения, действующие в породе на достаточном удалении от скважины, а также поровое давление и давление на стенке скважины.

Для оценки значений напряжений, действующих на удалении от скважины, используются статические модули упругости. Для их определения могут быть использованы корреляции модулей упругости, определенных на образцах керна в лабораторных условиях, и данные геофизических исследований скважин (ГИС). Важно понимать, что ГИС позволяет определить только динамические значения модулей упругости, в связи с чем для определения модулей упругости в масштабе ГИС необходимо использовать связи между статическими и динамическими моделями, определенными на керновом материале. Такие зависимости были получены авторами по данным исследований образцов горных пород с одного месторождения России.

Кроме того, задача определения статических модулей в масштабе ГИС осложняется тем, что модули упругости, рассчитанные из скоростей продольных и поперечных волн, полученных по акустическому каротажу, получены по данным о пробеге упругих волн в окрестности скважины, в том числе, и в зоне концентрации напряжений. Одной из целей работы является оценка влияния изменения напряжений в области 3-10 радиусов скважины (размер области, в которой происходит значительное изменение напряженного состояния) на значения упругих модулей, полученных по данным ГИС.

Для решения данной проблемы предложена серия экспериментов на керновом материале: измерение статических и динамических упругих модулей при различных напряженных состояниях, оценка модулей по данным испытаний толстостенных цилиндров, комбинация методов. Такие эксперименты позволят оценить вклад изменения напряжений на модули упругости.

Список литературы:

1. Biot M.A. Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media // Journal of Applied Physics. 1962. Vol. 33. № 4. pp. 1482–1498.
2. Kirsch E.G. Die Theorie der Elastizitat und die Bedürfnisse der Festigkeitslehre, Zeitschrift des Verlines Deutscher Ingenieure // Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1898. Vol. 42. pp. 797–807.
3. Jaeger J.C., Cook N.G.W. Fundamentals of Rock mechanics (2nd ed.) New York: Chapman and Hall, 1979. pp. 593.

ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ АРХЕОМАГНИТОЛОГИИ

Сальная Наталья Викторовна

н.с., Лаборатория археомагнетизма и эволюции геомагнитного поля (106) ИФЗ РАН

natasavi@inbox.ru

(устный доклад)

В данной работе рассмотрены возможности и основные проблемы применения археомагнитологии в различных областях знаний. Развитие археомагнитных исследований представляет интерес для геомагнетизма, который исследует поведение и происхождение геомагнитного поля. Восстановление эволюции геомагнитного поля исторического периода времени играет важную роль в понимании глубинных процессов, происходящих на границе, ядро-мантия, в вопросе о росте внутреннего ядра [1]. Создание планетарных моделей геомагнитного поля на основе археомагнитных баз данных играет важную роль для прогнозирования его изменений в будущем, что особенно важно в свете возможной приближающейся инверсии [2]. В современной литературе активно обсуждается связь геомагнитных вариаций с климатическими процессами [3], которая обусловлена ролью магнитного поля Земли в модуляции космических лучей и образовании космогенных радионуклидов [4]. Последнее дает основание для развития палеоклиматического приложения археомагнитологии. Реконструкция поведения геомагнитного поля в региональном масштабе способствует решению и ряда практических задач в археологии, таких как ограничение возраста археологических находок или восстановление их положения при обжиге.

Реконструкция геомагнитного поля остается трудной задачей, развитие моделей поля в региональном и глобальном масштабах невозможно без наращивания археомагнитных баз данных качественными результатами. В последние десятилетия большие временные ряды археомагнитных данных получены по Западной Европе, Средней Азии, Юго-Восточной Европе и Восточной Азии. Но все еще актуальным вопросом является получение новых качественных данных о напряженности геомагнитного поля по другим регионам, в том числе по Восточной Европе. В работе представлены результаты археомагнитных исследований, полученные в течение последних нескольких лет по территории Европейской части России.

Список литературы:

1. Roberts P.H., Glatzmaier G.A. The geodynamo, past, present and future // *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*. 2000. Vol. 94. pp. 47-84
2. Korte M., Constable C., Donadini F., Holme R. Reconstructing the Holocene geomagnetic field // *Earth and Planetary Science Letters*. 2011. Vol. 312. pp. 497-505.
3. Courtillot V., Gallet Y., Le Mouél J.-L., Fluteau F., Genevey A. Are there connections between the Earth's magnetic field and climate? // *Earth Planet Sci. Lett.* 2007. Vol. 253. P. 328–339.
4. Muscheler R., Joos F., Beer J., Muller S.A., Vonmoos M., Snowball I. Solar activity during the last 1000 yr inferred from radionuclide records // *Quaternary Science Reviews*. 2007. Vol.26. pp. 82–97

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИКИ РЕКОНСТРУКЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ М.-Л. ЗОВАК И МЕТОДА КАТАКЛАСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА Ю.Л.РЕБЕЦКОГО

Саввичев Павел Александрович

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

psavvichev@gmail.com

(устный доклад)

Цель работы – разбор используемого в геофизике метода М.-Л. Зобак построения $Sh_{\max}$ и $Sh_{\min}$.

В работах М.-Л. Зобак на карте WSM представлены данные об ориентации осей максимального горизонтального сжатия. Источником являются данные о механизмах очагов землетрясений, задаваемых осями Р и Т. Здесь возникает первая проблема методики М.-Л. Зобак, т.к. для определения ориентации осей максимального сжатия этого недостаточно. В методе М.-Л. Зобак при расчете ориентации осей напряжений максимального горизонтального сжатия постулируется, что вид тензора напряжений отвечает чистому сдвигу ($\mu_0=0$). Как показывают практические расчеты, такой режим напряженного состояния имеет место для активных континентальных окраин – в сейсмофокальных областях зон субдукции. В коре внутриконтинентальных орогенов присутствуют достаточно обширные участки, для которых наблюдаются существенные отклонения от вида тензора напряжений чистого сдвига. Таким образом, на примере коры Италии можно проверить результаты, полученные М.-Л. Зобак, в областях с критическими значениями Лоде-Надаи.

Список литературы:

1. Ребецкий Ю.Л. Обзор методов реконструкции тектонических напряжений и сеймотектонических деформаций // Тектонофизика сегодня. М.: Изд. ОИФЗ, 2002. С. 227-243.
2. Zobak M.L. First- and second modern pattern of stress in lithosphere: The World stress map project // J. Geophys. Res. 1992. Vol. 97. № B8. p.11703-11728.
3. Pondrelli, S., S. Salimbeni, G. Ekström, A. Morelli, P. Gasperini and G. Vannucci, 2006, The Italian CMT dataset from 1977 to the present // *Phys. Earth Planet. Int.*, Vol. 159(3-4) pp. 286-303. [doi:10.1016/j.pepi.2006.07.008](https://doi.org/10.1016/j.pepi.2006.07.008)

НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сенцов Алексей Андреевич (н.с.)¹, Зайцев В.А.², Агибалов А.О.²

Лаборатория сейсмотектоники и сейсмического микрорайонирования (701) ИФЗ РАН

alekssencov@yandex.ru

МГУ имени М.В. Ломоносова

(стендовый доклад)

Данный доклад посвящен проблеме определения новейшего напряженного состояния района Калининградской области и сопредельных территорий. Компьютерное моделирование с привлечением геологических, структурно-геоморфологических и сейсмологических данных – основной используемый метод в данной работе. В результате проведенных нами исследований было установлено, что в пределах рассматриваемой области в фундаменте на новейшем этапе реализуется сдвиговое поле напряжения с ориентировкой оси максимального сжатия в северо-западном направлении, а осадочный чехол испытывает растяжение с ориентировкой оси растяжения в 330°. Прикладным аспектом данной работы являются выделенные зоны возможных очагов землетрясений (ВОЗ).

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГРАММИРУЕМОГО ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО ТЕРМОМАГНИТОМЕТРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПАЛЕОМАГНЕТИЗМА И МАГНЕТИЗМА ГОРНЫХ ПОРОД

Смирнов Михаил Анатольевич (инж.-иссл.), Сычев А.Н.

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН

sma@borok.yar.ru

(устный доклад)

В настоящее время в ГО «Борок» ИФЗ РАН эксплуатируется программируемый трехкомпонентный термомангнитометр (далее - термомангнитометр), предназначенный для проведения геофизических исследований в области палеомангнетизма и мангнетизма горных пород. Цель работы - модернизация термомангнитометра, которая позволит при проведении палеомангнитных исследований использовать методику коррекции анизотропии остаточной намагниченности [1]. Данная методика актуальна в первую очередь при проведении археомангнитных исследований и исследований образцов горных пород с высокой мангнитной анизотропией.

Разработан и изготовлен модернизированный программируемый трехкомпонентный термомангнитометр для проведения геофизических исследований в области палеомангнетизма и мангнетизма горных пород с возможностью воздействия на исследуемый образец управляемым постоянным мангнитным полем в трех направлениях по осям X, Y и Z. Таким образом, прибор позволяет управлять величиной и направлением вектора мангнитного поля, действующего на образец. Модернизированный термомангнитометр обеспечивает определение направления естественной остаточной намагниченности NRM и термоостаточной намагниченности TRM в системе координат образца, установку заданного направления намагничивающего поля в системе координат образца, коррекцию анизотропии TRM.

Прибор управляется при помощи персонального компьютера и созданного авторами программного обеспечения [2,3], которое имеет удобный интерфейс и позволяет строить в процессе эксперимента, в реальном времени, следующие графики:

- диаграммы Зийдервельда;
- стереограмму с расчетными склонением, наклонением и модулем мангнитного момента;
- зависимость полного вектора мангнитного момента от температуры;
- зависимости компонент X, Y, Z мангнитного момента от температуры;
- диаграммы Арай-Нагата.

Работа выполнена при финансовой поддержке Мегагранта Минобрнауки России № 14.Z50.31.0017

Список литературы:

1. Le Goff M., Gallet Y. A new three-axis vibrating sample magnetometer for continuous hightemperature magnetization measurements: applications to paleo- and archeo-intensity determinations // Earth Planet. Sci. Lett. 2004. Vol. 229. pp.31-43.
2. Сычев А.Н., Смирнов М.А. Программа управления трехкомпонентным термомангнитометром. Свидетельство о государственной регистрации программы № 2016613879. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 11 апреля 2016 г. Правообладатель: ИФЗ РАН.
3. Сычев А.Н., Смирнов М.А. Программа связи и управления электронными модулями трехкомпонентного термомангнитометра. Свидетельство о государственной регистрации программы № 2017616707. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 18 апреля 2017 г. Правообладатель: ИФЗ РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ, ТЯНЬ-ШАНЬ

*Сорокин Андрей Андреевич (н.с.)¹, Абдиева С.В.², Корженков А.М.^{1,2}, Лужанский Д.²,
Рогожин Е.А.¹, Фортуна А.Б.²*

¹Лаборатория палеосейсмологии и палеогеодинамики (304) ИФЗ РАН

²Кыргызско-Российский Славянский университет, Бишкек, Кыргызстан

aas@ifz.ru

(устный доклад)

Представлены результаты предварительного исследования юго-восточной части Иссык-Кульской котловины на востоке Киргизии по результатам полевых работ 2017 г. По тектоническому строению верхней части земной коры региона проведен сравнительный анализ отечественных и зарубежных работ и получена уточняющая карта местоположений магистральных разломов в пределах Иссык-Кульской впадины. Проведена рекогносцировка местности на наличие палеосейсмических деформаций. Представлены результаты наших аэрофотосъемочных работ для создания детализированной картины рельефа, измененной местными сильными историческими и палеоземлетрясениями. Отмечены особо опасные участки на побережье озера в районах сельской местности, частичной городской застройки и стратегических объектов Российской Федерации на территории Киргизской республики – военно-морской базы близ поселка Койсара. Исследованы древние и современные ирригационные каналы (арыки), подвергшиеся деформациям вдоль так называемого «Иссык-Кульского» разлома – северной границы Предтерсейской разломной зоны, в районах сел Боз-Бешик и Бир-Баш. Показаны обработанные данные обнажений с наличием важнейших проявлений сейсмической активности в районе пос. Тосма. Представлены наглядные примеры сейсмических конволюций данных районов в песчаных, галечных и глинистых отложениях. Подтверждена модель строения Предтерсейского разлома, предложенная Р. Бургетте [Burgette, 2008], отдешифрованы следы активной деятельности ветвей указанного разлома, в местах их выхода на поверхность.

Приведенные материалы говорят о том, что в данном регионе. имели место неоднократные сильные палео- и исторические землетрясения, не известные до сих пор местным сейсмологам. Приведенные данные должны быть использованы при построение новой Карты сейсмического районирования Кыргызской Республики.

Список литературы:

1. *Burgette R.J.* Uplift in response to tectonic convergence: The Kyrgyz Tien Shan and Cascadia subduction zone. // University of Oregon. ProQuest Dissertations Publishing. 2008. 3335168.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ТОБЕЧИКСКОГО РАЗЛОМА (КЕРЧЕНСКИЙ П-ОВ, КРЫМ)

*Сысолин Александр Иванович (н.с.), Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Вакарчук Р.Н., Ларьков А.С.
Лаборатория методов прогноза землетрясений (702) ИФЗ РАН*

alsn@ifz.ru

(стендовый доклад)

Представлены результаты исследования активного Тобечикского разлома, обнаруженного на юго-восточной окраине Керченского п-ва, располагающийся в юго-западной части озера Тобечик. Работа приурочена к изучению сейсмической опасности вдоль будущих железнодорожных подходов к транспортному переходу через Керченский пролив.

Тобечикский разлом прослежен от мыса Такиль до южного берега озера Тобечик. В морфоструктурном отношении он ограничивает приподнятый блок на юго-востоке Керченского п-ова с опущенными участками современного осадконакопления оз. Тобечик и Керченского пролива. Молодые смещения были задокументированы в четырех местах на простирации разлома протяженностью около 11 км. В условиях Керченско-Таманского региона сеймотектонические подвижки в недрах на уровне сейсмогенерирующего слоя оказываются в значительной степени преобразованы толщей пластичных майкопских глин, что, в совокупности с преобладанием сдвиговой компоненты смещений по разломам, служит причиной большой изменчивости морфологии разрывов по простирацию.

Для восстановления магнитуды землетрясений в данном случае наиболее надежны данные о длине разрыва. Выполненные исследования позволили определить его минимальную длину – 11 км, т.к. юго-восточный фланг уходит в акваторию Черного моря. Основываясь на корреляционных связях между магнитудой землетрясения и протяженностью разрыва, при сбросо-сдвиговой кинематике смещений получаем $M_w=6.3$.

Участок у оз. Тобечик представляет собой классический случай молодых смещений по разлому, где можно наблюдать все основные признаки активного разлома (смещение молодых (рыхлых) отложений, выраженность в рельефе и т.д.), и это не вызывает никаких сомнений, что является редкостью в условиях региона с мощным осадочным чехлом, где тектонические подвижки в недрах в значительной мере преобразованы пластичной толщей майкопских глин в результате широкого развития диапиризма, структур течения, дисгармоничной складчатости, сдвигания разреза и других внутриформационных деформаций.

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

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ПЕРМО-ТРИАСОВЫХ ИНТРУЗИЙ НОРИЛЬСКОГО РЕГИОНА: ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ГЕНЕЗИСА РУДОНОСНЫХ ИНТРУЗИЙ

Ульяхина Полина Сергеевна^{1,2} Латышев А.В.^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,

²Лаборатория главного геомагнитного поля и петромагнетизма (105) ИФЗ РАН.

polinka_ulyahiana@mail.ru

(устный доклад)

Пермо-триасовые интрузии Норильского региона относятся к Сибирской трапповой магматической провинции и представляют исключительный интерес из-за наличия огромных Cu-Ni-ЭПГ месторождений. В настоящее время существует множество моделей генезиса рудоносных интрузий. Поскольку различные модели предполагают различную корреляцию рудоносных интрузий с туфо-лавовой толщей Сибирских траппов (например, [1,2]), достоверная информация о соотношении интрузивных комплексов с лавами важна для понимания генезиса Норильских месторождений.

Мы получили палеомагнитные направления для интрузий норильского, ергалахского, далдыканского и оганерского комплексов и сравнили их между собой и с направлениями по вулканогенной толще [3]. Силлы норильского и оганерского комплексов демонстрируют прямую полярность и очень близкие палеомагнитные направления и, скорее всего, формировались в течение одного этапа магматической активности. Кроме того, палеомагнитные данные свидетельствуют в пользу корреляции рудоносных норильских интрузий с моронговской - мокулаевской свитами средней части вулканического разреза норильских траппов.

Кроме того, мы обнаружили как обратную, так и прямую полярность в двух силлах ергалахского комплекса. Поскольку контактовые зоны этих интрузий имеют обратную полярность, а центральные части намагничены в прямой полярности, мы предполагаем, что образование этих силлов происходило во время геомагнитной инверсии. Этот факт позволяет точно привязать формирование ергалахских интрузий к пермо-триасовой границе и концу извержений лав ивакинской свиты. Поскольку ергалахский комплекс представляет собой начальный этап магматической активности сибирских траппов, этот результат важен для оценки общей продолжительности траппового магматизма. Более того, интрузии ергалахского комплекса могут быть использованы как уникальные объекты для исследования геомагнитного поля во время инверсии и для реконструкции тепловой истории интрузий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 16-35-60114, 17-05-01121, 15-05-09250) и Мегагранта Минобрнауки России № 14.Z50.31.0017

1. Радько В.А. Модель динамической дифференциации интрузивных траппов северо-запада Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1991. No 11. С. 19–27.
2. Naldrett A.J., Lightfoot P.S., 1994. The Ni-Cu-PGE ores of the Noril'sk region Siberia: A model for giant magmatic sulfide deposits associated with flood-basalt // Proceedings of Symposium on Giant Ore Deposits. Queen's University, May 1992, Society of Economic Geology Special Publication №. 2. pp. 81–123
3. Pavlov V.E., Fluteau F., Veselovsky R.V., Fetisova A.M., Latyshev A.V., Elkins-Tanton L., Sobolev A., Krivolutsкая N. Volcanic pulses in the Siberian traps as inferred from Permo-Triassic geomagnetic variations In: Volcanism and global environmental change. (Special volume. Ed. A.Schmidt.) Cambridge University Press. 2015. pp. 63-78.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ИМЕНИ Ю. КОРЧАГИНА

Фаттахов Евгений Альбертович

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

fea@ifz.ru

(устный доклад)

Цель работы заключалась в анализе результатов геодеформационного мониторинга на месторождении имени Ю. Корчагина на основе исследования рядов инклинометрических наблюдений, которые рассматриваются как горизонтальный градиент вертикальных смещений дна Каспийского моря в месте установки добывающей платформы [1,2]. Наклоны (крен и дифферент), фиксируемые с помощью инклинометров марки AGS 5 типа Инклин-2, обработаны с помощью специализированного программного обеспечения WinABD, разработанного в ИФЗ РАН [3]. В работе оценены амплитуды приливных и сейшевых воздействий, описана динамика изменения положения добывающей платформы во времени. Показано, что гравитационно-приливные эффекты не оказывают значимого воздействия на регистрируемые наклоны платформы.

Также в работе рассматривалась модель деформируемого пласта-коллектора, включающая два нефтенасыщенных пласта: неокомский надъярус и волжский ярус. Математическое моделирование оседания дна моря [4,5], обусловленного разработкой месторождения, было сопоставлено с результатами пространственно-временного анализа инклинометрических данных и показано, что крен может достигать $6 \cdot 10^{-8}$ (16 угловых миллисекунд), а дифферент – $8 \cdot 10^{-8}$ (12 угловых миллисекунд). Оба эти значения многократно меньше как разрешающей способности инклинометров, так и фактически наблюдаемых деформаций, что говорит о том, что наблюдаемые деформации не связаны с разработкой месторождения.

Список литературы:

1. 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. DOI: 10.21455/si2017.3-3.
2. Кузьмин Ю.О. Актуальные проблемы идентификации результатов наблюдений в современной геодинамике // Физика Земли. 2014. №5. С. 51 - 64.
3. Децерековский 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. Кузьмин Д.К., Кузьмин Ю.О., Фаттахов Е.А. Моделирование современных геодеформационных процессов в разломных зонах // В сборнике: Современная геодинамика недр и эколого-промышленная безопасность объектов нефтегазового комплекса Материалы Всероссийской конференции. М: Институт проблем нефти и газа, 2013. С. 90-99.
5. Хисамов Р.С., Гатиятуллин Н.С., Кузьмин Ю.О. и др. (Под ред. Хисамова Р.С. и Кузьмина Ю.О.) Современная геодинамика и сейсмичность Юго-Востока Татарстана. Казань: ФЭН, 2012. -240 с.

НАМАГНИЧЕННОСТЬ КРАСНОЦВЕТОВ НЕДУБРОВСКОЙ ПАЧКИ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ МАГНИТОСТРАТИГРАФИИ ПОГРАНИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕРМИ-ТРИАСА РУССКОЙ ПЛИТЫ

Фетисова Анна Михайловна^{1,2}

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, ассистент

² н.с., Лаборатория археомагнетизма и эволюции главного геомагнитного поля (106) ИФЗ РАН

anna-fetis@yandex.ru

(устный доклад)

Выделенная сравнительно недавно недубровская пачка [1] является предметом неутрачивающих споров в связи с неопределенностью возраста (терминальная пермь или нижний триас) слагающих ее красноцветных терригенных пород. Уникальность отложений недубровской пачки определяется также отсутствием известных возрастных аналогов в пределах Московской синеклизы.

В 2015-2017 гг. мы выполнили палеомагнитное переизучение разреза недубровской пачки в районе д. Недуброво с целью уточнения пермо-триасового палеомагнитного полюса Восточно-Европейской платформы и получения магнитостратиграфических данных для решения вопроса о возрасте этой пачки. Детальные температурные магнитные чистки выявили наличие монополярной стабильной компоненты ЕОН в большинстве изученных образцов, однако ее среднее направление значительно отличается от ожидаемых позднепермских или раннетриасовых направлений для данной территории ($N=107$, $D=244.8^\circ$, $I=-7.7^\circ$, $K=10.7$, $a_{95}=4.4^\circ$; VGP: $plat=15.7^\circ$, $plong=156.0^\circ$, $dp/dm=2.2^\circ/4.4^\circ$, $paleolat=3.9^\circ$). Отличие направления стабильной компоненты намагниченности не может быть объяснено локальной тектоникой, более поздним (пост-пермским) перемагничиванием, а также контаминацией другими, менее стабильными компонентами намагниченности. На данном этапе исследований мы предполагаем, что магнитная запись красноцветов недубровской пачки может отражать аномальное состояние магнитного поля Земли в период ее накопления вблизи границы пермского и триасового периодов и может являться важным магнитостратиграфическим маркером регионального или даже глобального значения. Запланированные на 2018 г. дополнительные высокоразрешающие магнитостратиграфические и изотопно-геохронологические исследования призваны решить вопрос о возрасте недубровской пачки и природе ее остаточной намагниченности.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (гранты №15-05-06843, №18-05-00593).

Список литературы:

1. Лозовский В.Р., Красилов В.А., Афонин С.А. и др. О выделении новой пачки в составе вохминской свиты нижнего триаса Московской синеклизы // Бюлл. Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. 2001. Вып. 3. С. 151–163.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ, ДОПУСКАЮЩИХ УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ТРЕЩИН

Фокин Илья Владимирович¹, Дубиня Н.В.², Иванов С.Д.³

¹ Центр петрофизических и геомеханических исследований ИФЗ РАН

² Лаборатория фундаментальных проблем нефтегазовой геофизики и геофизического мониторинга (202) ИФЗ РАН

³ Лаборатория геоинформатики (501) ИФЗ РАН

fokin@ifz.ru, dubinya.nv@gmail.com, f0ma@ifz.ru

(устный доклад)

Выполнена серия многостадийных псевдотрехосных испытаний [1] образцов горных пород различных типов.

Разработан набор программных инструментов для обработки и визуализации результатов испытаний, выполненных на сервогидравлической испытательной установке GCTS RTR 4500.

Отдельно исследована зависимость напряжений от деформаций, причём особое внимание было уделено участку кривой деформирования, на котором осевая деформация остаётся линейной, а объёмная проявляет нелинейный характер.

Разработан программный модуль для анализа зависимости осевого напряжения от объёмной деформации. В основе программного модуля использована теоретическая модель [2], связывающая упругий объёмный модуль с долей критически напряжённых трещин в образце горной породы.

Анализ результатов испытаний показал инвариантность зависимости объёмного упругого модуля от доли критически напряжённых трещин по отношению к радиальному напряжению в образце. Обнаружено, что на разных циклах нагружения кривые характеризующие эти зависимости накладываются друг на друга с высокой точностью. Также наблюдается незначительное (в пределах нескольких градусов) уменьшение угла внутреннего трения при увеличении радиального напряжения.

Результаты работы могут быть применены для оценки параметров напряжённого состояния горных пород околоскважинной зоны по данным скважинных исследований трещиноватости. Ранее такой подход был использован для изучения напряжённого состояния только по теоретической модели [3].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №18-35-00448)

Список литературы:

1. Kim M., Ko H. Multistage Triaxial Testing of Rocks // *Geotechnical Testing Journal*. 1979. Vol. 2. No. 2. pp. 98-105.
2. Dubinya N.V., Fokin I.V. Critically stressed fractures and their relation to elastic moduli // *Physical and Mathematical Modeling of Earth and Environment Processes (PMMEEP-2017)*. Springer Geology, 2018. pp. 35–44.
3. Дубиня Н.В. Изучение современного напряженного состояния региона желоба Нанкай на основании скважинных исследований естественной трещиноватости // *Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы пятой молодежной тектонофизической школы-семинара, ИФЗ РАН, Москва, 9-13 октября 2017 г.* М: ИФЗ РАН, 2017. С. 219–226

НЕУСТАРЕВАЮЩАЯ СРЕДА РАЗРАБОТКИ ДЛЯ МАНИПУЛЯЦИИ ДАННЫМИ В ФОРМАТЕ GREIS

*Холодков Кирилл Игоревич (к.т.н., н.с.)¹, Алешин И.М.¹, Бургучёв С.С.², Корягин В.Н.²,
Передерин Ф.В.¹*

¹ Лаборатория геоинформатики (501) ИФЗ РАН

² Lead Software Engineer, ApprovalMax, Розенхайм, ФРГ;

keir@ifz.ru

(устный доклад)

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) непрерывно эволюционируют. Это связано с обновлением операторами оборудования, запуском новых аппаратов, и вводом в эксплуатацию новых систем, что приводит к соответствующей адаптации приёмного оборудования, включая изменения в программной реализации интерфейса взаимодействия с приёмником и определяет необходимость внесения изменений в разработанные ранее программы. В процессе обновления программных продуктов [1-3], связанных с получением и манипуляцией ГНСС-измерений, для ускорения разработки и снижения риска внесения ошибок, мы воспользовались некоторыми приёмами из современных процессов создания и поддержки ПО, в частности, элементы концепции “неустаревающего ПО” (evergreen software [4]). На основе этой концепции создана среда разработки - фреймворк, которая позволяет существенно сократить время, необходимое для внесения изменений, связанных с обновлением программного обеспечения ГНСС-приёмников производителя JAVAD.

При таком подходе изменение спецификации приемного оборудования требует, в первую очередь, внесения изменений в саму среду разработки. Для этого была создана программа-генератор, в которой создание библиотеки C++, документации и схем БД происходит автоматически, непосредственно по публично-доступной спецификации Javad GREIS.

Список литературы:

1. *Холодков К.И.* Программные инструменты для манипуляции с файлами формата GREIS // Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН, 24-26 апреля 2017 г. Тезисы докладов и программа конференции. М.: ИФЗ РАН, 2017. С.78.
2. *Aleshin I.M., Burguchev S.S., Kholodkov K.I., Alpatov V.V., Vasiliev A.E.* Data Handling in GNSS Receiver Network and Ionosphere Monitoring Service Solution // 2014 International Conference on Engineering and Telecommunication, Moscow, 2014. doi: 10.1109/EnT.2014.32
3. *Алешин И.М., Холодков К.И., Передерин Ф.В., Погорелов В.В.* Совершенствование систем регистрации данных ГНСС с высокой частотой опроса // Шестая научно-техническая конференция «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России», 1-7 октября 2017 г., г. Петропавловск-Камчатский. Материалы Конференции. – с. 325 – 328. <http://emspd.ru/conf2017lib/mlib6.html>
4. *Abdullah Z.H., Yahaya J., Deraman A.* Towards anti-ageing model for the evergreen software system // 2015 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI), Denpasar, 2015. doi: 10.1109/ICEEI.2015.7352532

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ В ДЕВОНЕ ПО ОБРАЗЦАМ ДАЕК КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Чмерев Виктор Сергеевич (студ.)¹, Роман Витальевич^{1,2}

¹ Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

² Лаборатория Главного геомагнитного поля и Петромагнетизма (105) ИФЗ РАН

viktor9856@gmail.com

(устный доклад)

Намагниченность в горных породах возникает под воздействием магнитного поля Земли в момент их образования и сохраняется в виде вектора естественной остаточной намагниченности (ЕОН). Палеомагнитные исследования позволяют определить направление вектора ЕОН и его компонентный состав, а величина геомагнитного поля, при которой создавалась ЕОН, может быть оценена в ходе специальных петромагнитных испытаний и называется палеонапряженностью. Целью данной работы являлось выполнение оценки величины напряженности геомагнитного поля в девоне путем анализа имеющихся данных и получения новых экспериментальных данных по образцам девонских даек Кольского полуострова.

Все методы оценки абсолютной величины палеонапряженности базируются на следующем правиле: *величина термоостаточной намагниченности, возникшей в слабом магнитном поле порядка земного, пропорциональна напряженности этого поля*. Основным методом оценки палеонапряженности является метод Телье и его разновидность – метод Телье-Кое. В нем сравнивается значение естественной остаточной намагниченности и значение термоостаточной намагниченности, созданной на этом же образце в известном лабораторном поле. Это отношение показывает связь величины напряженности древнего и лабораторного поля.

Из анализа опубликованных оценок палеонапряженности для девонского периода следует, что напряженность магнитного поля 400-360 млн. лет назад была примерно на порядок меньше, чем в настоящее время [1,2]. Для проверки имеющихся оценок в Петромагнитной лаборатории МГУ были проведены исследования по методу Телье-Кое на образцах девонских даек Кольского полуострова. Кроме того, для некоторых образцов был выполнен метод Телье-Кое на трехкомпонентном термомагнитометре в геофизической обсерватории Борок (ИФЗ РАН). Полученные в работе оценки палеонапряженности согласуются с результатами предыдущих исследователей и дают основание полагать, что для девонского периода была характерна существенно (почти на порядок: ~2,9 мкТл) более низкая, чем сейчас, интенсивность магнитного поля.

Список литературы:

1. Бураков К.С., Диденко А.Н., Печерский Д.М. Оценка геомагнитного поля в среднем девоне по обожжённым кремнистым породам и габбро (Южные Мугоджары) // Изв.АН СССР. Физика Земли. 1984. N 8. С.45-59.
2. Kono M. Palaeomagnetism and palaeointensity studies of Scottish Devonian volcanic rocks // Geophysical Institute, University of Tokyo, 1978.- pp. 387-395.

ДИНАМИКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДО И ПОСЛЕ КРУПНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ МИРА 1985-2017 ГОДОВ

Щепалина Полина Денисовна (инж)^{1,2}, Кособков В.Г.², Некрасова А.К.²

1- РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина,

2- Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН

pollina95@mail.ru

(устный доклад)

Систематический статистический анализ последовательностей землетрясений вблизи мест всех крупнейших землетрясений (M_w 7.8 или выше) мира в 1985-2017 годы, показывает, что сейсмическая активность, в долгосрочной перспективе, находится на одном из довольно устойчивых уровней и может переключаться с одного уровня на другой; в среднесрочном масштабе времени, в периоды, связанные с возникновением катастрофических основных толчков; при этом, в краткосрочной перспективе, переход может реализовываться по различным сценариям.

Наблюдаемая изменчивость сейсмической динамики до и после 71 землетрясения характеризовалась нами несколькими скользящими средними, включая (i) частоту сейсмических событий, (ii) высвобожденное напряжение по Беньофу, (iii) время между событиями τ , (iv) наклон графика повторяемости b по Утсу и (v) контрольный параметр Общего закона подобия для землетрясений η (ОЗПЗ обобщает соотношение Гутенберга-Рихтера, учитывая скейлинг фрактального распределения эпицентров землетрясений и утверждая, что распределение промежутков времени τ зависит только от значения переменной η).

Статистически достигнутые результаты не подтверждают наличие универсальности в сбросе сейсмической энергии, накладывают фундаментальные ограничения для моделирования реалистичных сейсмических последовательностей и могут быть использованы для уточнения оперативных оценок сейсмической опасности и рисков.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ (грант № 16-17-00093).

Список литературы:

1. Bak P., Christensen K., Danon L., Scanlon T. Unified Scaling Law for Earthquakes // Phys. Rev. Lett. 2002. Vol. 88: 178501-178504
2. Benioff V.H. Global strain accumulation and release as revealed by great earthquakes // Geological Society of America Bulletin. Vol. 62 (4). pp. 331-338.
3. Frohlich C., Davis S.D. Teleseismic b values; or, much ado about 1.0 // J.Geophys.Res. 1993. Vol. 98. pp. 631–644
4. Gutenberg B., Richter C.F. Frequency of earthquakes in California // Bull. Seismol. Soc. Am. 1944. Vol.34. pp.185–188.
5. Gutenberg B., Richter C.F., Seismicity of the Earth (2nd ed.) Princeton University Press, Princeton, N.J. 1954. - 310 p.
6. Keilis-Borok V.I. The lithosphere of the Earth as a nonlinear system with implications for earthquake prediction // Rev. Geophys. 1990. Vol. 28. № 1. pp.19-34
7. Keilis-Borok V.I., Malinovskaya L.N. One regularity in the occurrence of strong earthquakes // J. Geophys. Res. 1964. Vol. 69. pp.3019-3024
8. Knopoff L., Kagan Y., Knopoff R. B-values for aftershocks in real and simulated earthquake sequences // Bull. Seismol. Soc. Am. 1982. Vol.72. pp.1663-1675.
9. Kossobokov V.G., Nekrasova A. Characterizing Aftershock Sequences of the Recent Strong Earthquakes in Central Italy // Pure Appl. Geophys. 2017. Vol.174. pp.3713–3723. doi: 10.1007/s00024-017-1624-9
10. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. New York: Freeman, 1982.-488 p.

11. *Mogi K.* Some discussions on aftershocks, foreshocks and earthquake swarms – the fracture of a semi-infinite body caused by an inner stress origin and its relation to the earthquake phenomena // Bull. Earthquake Res. Inst. 1963. Vol. 41. pp. 615-658
12. *Nekrasova, A., Kossobokov V., Peresan A., Aoudia A., Panza G.F.* A Multiscale Application of the Unified Scaling Law for Earthquakes in the Central Mediterranean Area and Alpine Region // Pure Appl. Geophys. 2011. Vol. 168. pp.297-327. doi:10.1007/s00024-010-0163-4
13. *Okubo P.G., Aki K.* Fractal geometry in the San Andreas Fault system // J.Geophys.Res. 1987. Vol. 92 (B1) pp. 345-356
14. *Richter C.F.* Discussion of paper by *V.I. Keylis-Borok and L.N. Malinovskaya* ‘One regularity in the occurrence of strong earthquakes’ // J. Geophys. Res. 1964. Vol. 69. p. 3025
15. *Utsu T.* A method for determining the value of b in the formula $\log n = a - bM$ showing the magnitude-frequency relation for earthquakes // Geophys. Bull. Hokkaido Univ. 196513. pp. 99–103 (in Japanese with English summary).
16. *Кейлис-Борок В.И., Кособоков В.Г., Мажкенов С.А.* О подобии в пространственном распределении сейсмичности. Теория и алгоритмы интерпретации геофизических данных. М.: Наука, 1989 – С.28-40. (Вычислительная сейсмология, Выпуск 22).
17. *Кособоков В.Г., Некрасова А.К.* Общий закон подобия для землетрясений: глобальная карта параметров. Анализ геодинамических и сейсмических процессов. М.: ГЕОС, 2004. С.160-175 (Вычислительная сейсмология, Выпуск 35).
18. *Некрасова А.К., Кособоков В.Г.* Временные вариации параметров Общего закона подобия для землетрясений на востоке острова Хонсю (Япония) // Доклады Академии наук. 2005. Т. 405. № 4. С. 529-532
19. *Ромашкова Л.Л., Кособоков В.Г.* Динамика сейсмической активности до и после сильнейших землетрясений мира, 1985-2000. Проблемы динамик литосферы и сейсмичности. М.: ГЕОС, 2001. С. 162-189 (Вычислительная сейсмология, Выпуск 32).
20. *Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф.,* 1982. О свойстве дискретности горных пород. Изв. АН СССР. Физика Земли, 12: 3-18
21. *Садовский М.А., Голубева Т.В., Писаренко В.Ф., Шнирман М.Г.* Характерные размеры горной породы и иерархические свойства сейсмичности // Известия АН СССР. Физика Земли. 1984. Т.20. С.87–96

НАКЛОНОМЕРНЫЕ И ДЕФОРМОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ГОК “ЛОВОЗЕРСКИЙ”

Юдочкин Никита Анатольевич

вед.инж, Лаборатория гравитационных измерений (601), ИФЗ РАН

rood818181@gmail.com

(устный доклад)

В работе дано описание контрольного пункта наклономерных и деформометрических измерений в окрестностях ГОК «Ловозерский», представлена методика и записи наклонов и линейных деформаций на расстояниях порядка сотен метров от выработки. Они позволяют существенно дополнить геодезические и сейсмические наблюдения, ведущиеся на руднике службой прогноза и предупреждения горных ударов.

Оглавление

<i>Оргкомитет Конференции</i>	5
<i>Программный комитет Конференции</i>	5
<i>Программа Научной конференции молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН-2018, 23-24 апреля 2018 г., ИФЗ РАН, Москва</i>	6
Тезисы докладов:	
<i>Алексеев М.В., Савенков Е.Б.</i> Математическое моделирование пиролиза керогена во вмещающей среде	14
<i>Алексеев Р.С.</i> Реконструкция напряженного состояния коры Гималаев до и после катастрофического землетрясения в Непале 25.04.15	15
<i>Андреева Н.В.</i> Корреляция геолого-геоморфологической выраженности и глубинного строения активных разломов на территории Керченско-Таманского региона	16
<i>Аносова М.Б., Латышев А.В., Хотылев А.О.</i> Палеомагнетизм, магнитные свойства и геохимические особенности рифейских интрузивных тел северной части Башкирского антиклинория (Южный Урал)	17
<i>Афиногенов К.В., Анисимов С.В., Гурьев А.В.</i> Аэроэлектронная платформа и наблюдения атмосферного электричества над поверхностью воды	18
<i>Афиногенова Н.А., Грибов С.К., Смирнов М.А.</i> Экспериментальное изучение влияния термохимического намагничивания титаномагнетитсодержащих базальтов на определения палеонапряженности по методике Телье-Коз: предварительные результаты.....	19
<i>Афиногенова Н.А., Жидков Г.В., Щербаков В.П., Смирнов М.А.</i> Влияние скорости охлаждения на величину термоостаточной намагниченности	20
<i>Батов А.В.</i> Поиск очагов возможных марсотрясений	21
<i>Белобородов Д.Е., Тверитинова Т.Ю.</i> К вопросу о складчатых и разрывных структурах, контролирующих грязевой вулканизм керченского полуострова	22
<i>Березина И.А., Краснова М.А., Патонин А.В.</i> Анализ упругих свойств карбонатных пород	23
<i>Блонский А.В., Савенков Е.Б., Митрушкин Д.А.</i> Моделирование процессов вытеснения в трещиноватых средах с кавернами.....	24
<i>Боев И.А.</i> Сравнительный анализ акселерометров, применяемых в системах инерциальной навигации КА.....	25
<i>Бондаренко Н.Б.</i> Динамика акустической эмиссии при фильтрации флюида в нагруженном образце горной породы.....	26
<i>Бондарь И.В., Маринин А.В.</i> Напряженное состояние южной части Хибинского массива по данным геологических индикаторов деформаций.....	27
<i>Власов Д.А., Зерцалов М.Г.</i> Определение нагрузки, передаваемой сваями, заделанным в скальный массив, на дно скважины в условиях сжатия.....	28
<i>Галаев В.Е., Рок В.Е.</i> Математическое моделирование распространения сейсмического сигнала в вертикально-слоистой упругой среде.....	29
<i>Галина Н.А.</i> Влияние декластеризации каталогов землетрясений на оценку сейсмической опасности	30
<i>Гасеми М., Баюк И.О.</i> Теоретические и экспериментальные исследования карбонатных пород для оценки статических модулей упругости.....	31

Горбатов Е.С., Сорокин А.А. Деформационные структуры в позднечетвертичных отложениях восточной части Балтийского щита	33
Гордеев Н.А. Результаты исследования неотектоники и геодинамики северо-востока Восточно-Сибирской платформы за период 2014-2018 гг.	34
Грачев Р.А., Целебровский А.Н. Сравнение свойств химической и термоостаточной намагниченностей на различных стадиях окисления титаномагнетита.....	35
Дегтярева Е.Б. Изучение перспективности применения петромагнитных данных для реконструкции палеоклимата на примере такырных отложений Западного Туркменистана.....	36
Демидкова А.Н. Исследование сейсмических линейных колебаний по данным Геофизической обсерватории «Бирюлёво» ИФЗ РАН.....	37
Егоров Н.А. Определение затухания ультразвуковых волн в цилиндрических образцах горных пород методом спектральных отношений.....	38
Жостков Р.А. Влияние рельефа на результаты микросейсмического зондирования и учет вызванных им искажений	39
Захаров О.В., Дубиня Н.В. Опыт применения искусственной нейронной сети для анализа каротажных данных	40
Иванов С.Д., Алешин И.М., Холодков К.И., Передерин Ф.В. Система управления центром агрегации данных ИФЗ РАН	41
Иноземцев М.А. Методы получения исходных акселерограмм при оценке сейсмической опасности	42
Казначеев П.А., Майбук З.-Ю.Я., Пономарев А.В., Смирнов В.Б., Бондаренко Н.Б. Анализ статистических параметров потока событий термоакустической эмиссии	43
Карташов И.М. Вариации уровня воды в скважинах в области наведенной сейсмичности Койна-Варна, Западная Индия	44
Карцева Т.И. Параметры самоподобия афтершоковых последовательностей	45
Климанова Е.В., Анисимов С.В. Вариации объемной активности радона в период таяния снежного покрова	46
Козьмина А.С., Дмитриев Э.М. Оценка объемной активности торона по данным измерений сейсмической радоновой станции	47
Корзинова А.С., Афиногенова Н.А., Жидков Г.В., Шацко А.В. Магнитные свойства и рентгенофазовый анализ базальтовых порфиринов, отобранных в районе залива Кокса (Минусинская впадина)	48
Котов А.Н., Нумалов А.С., Преснов Д.А., Жостков Р.А. Сравнение различного рода источников сейсмических сигналов, не требующих спецоборудования	49
Кронрод Е.В. Химический состав трехслойной мантии луны, полученный на основе геофизических данных	50
Крылов А.А. Особенности использования метода эмпирической функции Грина для синтеза акселерограмм в рамках инженерно-сейсмологических работ на площадках	51
Ксенофонтова М.А., Старовойтов А.В., Росляков А.Г., Терехина Я.Е. Выявление инженерно-геологических опасностей на шельфе по результатам динамического анализа сейсмоакустических данных.....	52
Лавров И.П., Зотов О.Д. О воздействии индустриальной активности на вариации типов механизмов землетрясений	53
Лермонтова А.С. Метод определения приповерхностных углов погружения плоскостей разломов по данным о рельефе на примере Северного Тянь-Шаня	54

Лозовский И.Н., Варенцов И.М. Массив МТ/МВ зондирований KIROVOGRAD: оценка влияния аномалий магнитной проницаемости на МТ/МВ данные	55
Лозовский И.Н., Чуркин А.А. Контроль качества бетона буронабивных свай в основании автомобильной эстакады межскважинным ультразвуковым методом	56
Малыгин Е.В. Моделирование потоков тяжелых металлов в речных водах методами машинного обучения.....	57
Малыгин И.В., Алешин И.М. Верификация экспертной системы прогнозирования образования ледовых заторов на Северной Двине	58
Маневич А.И. Возможности использования нейросетевого подхода для интерполяции полей смещений земной поверхности по данным ГНСС-наблюдений	59
Матвеев М.А., Морозов Ю.А., Кулаковский А.Л., Смутьская А.И. Процессы плавления в зоне динамической подвижки.....	60
Мяжков Д.С. Численное моделирование формирования дополнительного латерального нормального напряжения за счёт денудации	61
Никитина М.А., Вальков А.Ю. Применение метода функций Грина для моделирования синтетических сейсмограмм (на примере главного события из роя 31 июля 2010 года вблизи острова Валаам)	62
Павленко В.А. Оценка предела графика сейсмической опасности с использованием теории экстремальных значений	63
Пасенко А.М. Положение сибирской платформы в рифее по палеомагнитным данным	64
Передерин Ф.В., Алёшин И.М., Погорелов В.В., Холодков К.И. Мобильная регистрация ГНСС-сигналов с высокой частотой опроса	65
Попова Е.П. Нелинейные взаимодействия гармоник динамо-волн	66
Попова Е.П. Исследование устойчивости ориентации космического аппарата, оснащенного парусом, под действием интенсивного лазерного луча	66
Преснов Д.А. Предварительные результаты сейсмоакустических измерений в ледовых условиях Ладожского озера	67
Прохорчук А.А., Галиченко С.В., Анисимов С.В. Оценка влияния системы атмосферных электрических токов на формирование электропроводности атмосферного пограничного слоя	68
Равилов Н.Ш. Корреляционные связи между статическими и динамическими упругими параметрами карбонатных пород	69
Родина Т.А. Необходимость синхронных наблюдений электромагнитного поля при исследовании геодинамических процессов.....	70
Рудько Д.В., Рудько С.В., Шацилло А.В., Кузнецов Н.Б. Циклостратиграфический анализ лопатинской свиты: к вопросу о гиперактивности геомагнитного поля в позднем докембрии	71
Русина О.А., Дубиня Н.В. Исследование эволюции флюидопроводящих трещин в ходе разработки месторождения углеводородов	72
Рязанова М.В., Дубиня Н.В., Фокин И.В. Оценка влияния концентрации напряжений в околовскважинном пространстве на значения упругих модулей, рассчитанных по данным ГИС	73
Сальная Н.В. Возможности и проблемы археомагнитологии	74
Саввичев П.А. Сравнение методики реконструкции напряжений М.-Л. Zobak и метода катакластического анализа Ю.Л. Ребецкого	75
Сенцов А.А., Зайцев В.А., Агибалов А.О. Новейшая геодинамика Калининградской области и сопредельных территорий по результатам компьютерного моделирования	75

Смирнов М.А., Сычев А.Н. Модернизация программируемого трехкомпонентного термомагнитометра для исследований в области палеомагнетизма и магнетизма горных пород.....	76
Сорокин А.А., Абдиева С.В., Корженков А.М., Лужанский Д., Rogojin E.A., Фортуна А.Б. Результаты полевых исследований в юго-восточной части Иссык-Кульской впадины, Тянь-Шань	77
Сысолин А.И., Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Вакарчук Р.Н., Ларьков А.С. Результаты изучения Тобечикского разлома (Керченский п-ов, Крым)	78
Ульяхина П.С., Латышев А.В. Палеомагнетизм пермо-триасовых интрузий Норильского региона: значение для генезиса рудоносных интрузий	79
Фаттахов Е.А. Анализ результатов геодеформационного мониторинга на месторождении имени Ю. Корчагина	80
Фетисова А.М. Намагниченность красноцветов Недубровской пачки и ее значение для магнитостратиграфии пограничных отложений перми-триаса Русской плиты	81
Фокин И.В., Дубиня Н.В., Иванов С.Д. Экспериментальные исследования деформирования образцов горных пород в условиях, допускающих устойчивое развитие трещин.....	82
Холодков К.И., Алешин И.М., Бургучёв С.С., Корягин В.Н., Передерин Ф.В. Неустаревающая среда разработки для манипуляции данными в формате GREIS	83
Чмерев В.С., Веселовский Р.В. Определение величины напряженности магнитного поля Земли в девоне по образцам даек Кольского полуострова	84
Щепалина П.Д., Кособков В.Г., Некрасова А.К. Динамика сейсмической активности до и после крупнейших землетрясений мира 1985-2017 годов	85
Юдочкин Н.А. Наклономерные и деформометрические наблюдения на ГОК «Ловозерский»	86

Научное издание

Научная конференция молодых ученых и аспирантов
ИФЗ РАН, 23-24 апреля 2018 г.

Тезисы докладов и программа Конференции

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

Редактор А.А. Сорокин

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 28.12.2018. Формат 60х80 1/16
Усл.печ.л. 6. Тираж 100 экз.

Отпечатано в ИФЗ РАН
Москва-2018

