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

Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН, 28-29 октября 2020 г.

Тезисы докладов
и программа Конференции

Москва – 2020

УДК 55
ББК 26.3я43
Н34

Н34 Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН: Тезисы докладов и программа конференции. Москва, ИФЗ РАН, 28-29 октября 2020 г. М.: ИФЗ РАН, 2020. – Москва: Издательство «Перо», 2020 – Мб. [Электронное издание]

ISBN 978-5-00171-606-8

В сборнике публикуются тезисы докладов Научной конференции молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН, которая состоялась 28-29 октября 2020 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.

This issue contains abstracts of the Scientific Conference of Young Scientists and PhD students of the IPE RAS, which held at the Schmidt Institute of Physics of the Earth Russian Academy of Sciences, Moscow (October 28-29, 2020). The results of scientific research in geophysics and related fields of Earth sciences (geology, geodesy, geoecology) obtained with the participation of young scientists, graduate students and students are presented.

Ответственный редактор:
д.г.-м.н. Р.В. Веселовский

Редакторы: к.т.н. С.Д. Иванов, И.Е. Лебедев, Т.Э. Багдасарян

УДК 55
ББК 26.3я43

ISBN 978-5-00171-606-8

© Авторы, 2020

Оргкомитет Конференции

Председатель оргкомитета конференции:

Веселовский Р. В. — д.г.-м.н., заместитель директора ИФЗ РАН по научной работе, профессор РАН;

Заместитель председателя оргкомитета конференции:

Жостков Р. А. — к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаб. 703 ИФЗ РАН;

Заместитель председателя оргкомитета конференции:

Фетисова А. М. — к.г.-м.н. инженер лаб. 105 ИФЗ РАН;

Секретарь конференции:

Лиходеев Д. В. — к.ф.-м.н. ученый секретарь ИФЗ РАН;

Члены оргкомитета:

Киреева А. А. — руководитель департамента по связям с общественностью ИФЗ РАН;
Афанасьева Л. В. — старший научный сотрудник лаб. 601 ИФЗ РАН;
Стрельников А. А. — научный сотрудник лаб. 304 ИФЗ РАН;
Шур М. Ю. — научный сотрудник лаб. 202 ИФЗ РАН;
Иванов С. Д. — к.т.н. старший научный сотрудник лаб. 501 ИФЗ РАН.

Программный комитет Конференции

Председатель Программного комитета Конференции:

Тихоцкий С.А. — д.ф.-м.н., директор ИФЗ РАН, чл.-корр. РАН;

Заместители председателя программного комитета конференции:

Веселовский Р.В. — д.г.-м.н., заместитель директора ИФЗ РАН по научной работе, профессор РАН;
Собисевич А.Л. — д.ф.-м.н., заместитель директора ИФЗ РАН по научной работе, чл.-корр. РАН;
Камзолкин В.А. — к.г.-м.н., заместитель директора ИФЗ РАН по научной работе;
Анисимов С.В. — д.ф.-м.н., директор ГО «Борок» ИФЗ РАН;

Ученый секретарь конференции:

Лиходеев Д.В. — к.ф.-м.н., ученый секретарь ИФЗ РАН;

Члены программного комитета:

Овсюченко А.Н. — к.г.-м.н., заведующий лабораторией № 701, ИФЗ РАН;
Быкова В.В. — к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаб. 305, ИФЗ РАН;
Дубиня Н.В. — к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаб. 202, ИФЗ РАН;
Жостков Р.А. — к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаб. 703, ИФЗ РАН;
Казначеев П.А. — к.т.н., старший научный сотрудник лаб. 301, ИФЗ РАН;
Маринин А.В — к.г.-м.н., старший научный сотрудник лаб. 204, ИФЗ РАН.

Программа конференции

Онлайн-секция: Среда, 28 октября 2020 г., 10:00-15:00
Конвинер – Роман Витальевич Веселовский
Видео доступно по адресу: https://www.youtube.com/watch?v=P72H-toXQIY

Время начала доклада	ФИО докладчика	Название доклада	Место работы/учебы автора доклада
09:50	**ОТКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ**		
10:00	БАГДАСАРЯН Татьяна Эдвардовна	Результаты трекового анализа пермо-триасовых интрузий Сибирской трапповой провинции	ИФЗ, МГУ
10:15	ЧИСТЯКОВА Альвина Владимировна	Реконструкция источников сноса пограничных пермь-триасовых отложений Московского бассейна по результатам U-Pb датирования обломочного циркона	МГУ
10:30	ТОЛСТОВА Анастасия Ильинична	Строение и условия формирования южного сегмента Срединно-Атлантического хребта	МГУ
10:45	БИРЮЧЕВА Екатерина Олеговна	Деформации и напряжения в океанических плитах	ИФЗ
11:00	СТРЕЛЬНИКОВ Андрей Андреевич	Активная тектоника и палеосейсмичность северо-востока Иссык-Кульской котловины (Кыргызстан, Тянь-Шань)	ИФЗ
11:15	МАНЕВИЧ Александр Ильич	Моделирование поля скоростей горизонтальных движений Нижнеканского массива по данным ГНСС-наблюдений	ГЦ РАН
11:30-11:45	**ПЕРЕРЫВ 15 минут**		
11:45	КУЛАКОВА Екатерина Петровна	Магнитные свойства лёссовых отложений и пепла в экспериментальных кострах: перспективы для изучения археологических палеокострищ	ИФЗ
12:00	ЛЕБЕДЕВ Иван Евгеньевич	Новые палеомагнитные данные по Охотско-Чукотскому вулканическому поясу	ИФЗ
12:15	МЕЩЕРЯКОВА Ольга Андреевна	Новые данные о лессово-почвенных сериях Таджикистана (по материалам разреза Хонако-2)	ИФЗ
12:30	ГАВРЮШКИН Дмитрий Александрович	Палеомагнитная запись сталагмита IL-1, пещера Илюхинская (Абхазия)	ИФЗ
12:45	САЛЬНИКОВ Антон Михайлович	Анализ аппроксимационной модели магнитного поля Марса	ИФЗ, ИПУ РАН

13:00	ИВАНОВ Станислав Дмитриевич	Оперативная передача геофизических измерений по протоколу MQTT	ИФЗ
13:15-13:30	**ПЕРЕРЫВ 15 минут**		
13:30	ТИМОФЕЕВА Вера Анатольевна	Оценка возможной активизации вулкана Большая Удина на основе совместного исследования сейсмичности и данных РСА-интерферометрии	ИФЗ
13:45	ГАЛИНА Наталия Александровна	Кластерный анализ вулканических и тектонических землетрясений на Камчатке	Университет Гренобль-Альпы, ИФЗ
14:00	КАРЦЕВА Татьяна Игоревна	О взаимосвязи параметров Омори и Гутенберга–Рихтера в афтершоковых последовательностях	ИФЗ, МГУ
14:15	ПЕРЕЯСЛОВ Леонид Владиславович	Пространственно-временная локализация сейсмичности перед сильными землетрясениями Камчатки	МГУ
14:30	СИНЕВ Иван Олегович	Использование подходов физики разрушения для анализа сейсмических и акустических событий	ИМЕТ РАН
14:45	МАЛЫГИН Иван Вячеславович	kNN-анализ коры Фенноскандии по данным инверсии приёмных функций	ИФЗ

Онлайн-секция: Четверг, 29 октября 2020 г., 10:00-15:00
Конвинер – Роман Витальевич Веселовский
Видео доступно по адресу: https://www.youtube.com/watch?v=kXxbsWuMHZg

Время начала доклада	ФИО докладчика	Название доклада	Место работы/учебы автора доклада
10:00	МЕНЩИКОВА Тамара Ивановна	Совместный анализ данных топографии и гравитационного поля Венеры	МГУ, ИФЗ
10:15	МИХАЙЛОВ Павел Сергеевич	Новые результаты сравнения глобальных моделей гравитационного поля с морскими гравиметрическими съемками	ИФЗ
10:30	ФИРСОВ Илья Андреевич	Применение проекционного метода к обратной задаче гравиразведки на примере Норильского месторождения	ГЦ РАН
10:45	ФАТТАХОВ Евгений Альбертович	Спектральный анализ ГНСС измерений на месторождении сверхвязкой нефти	ИФЗ
11:00	ЖИГУЛЬСКИЙ Светлана Владимировна	Анализ влияния шероховатости трещины на параметр раскрытости	ИФЗ
11:15	ДАМЯНОВИЧ Джордже Илиевич	Оценка затухания упругих волн в породах доманиковой свиты	ИФЗ
11:30-11:45	**ПЕРЕРЫВ 15 минут**		
11:45	КУЗЬМИН Дмитрий Кузьмич	Моделирование деформационных процессов на месторождении сверхвязких нефтей (юго-восток Татарстана)	ИФЗ
12:00	ПРОХОРЧУК Александр Андреевич	Учёт перемежаемости и статистики приземной турбулентности в модели электрического состояния конвективного атмосферного пограничного слоя	ГО «Борок»
12:15	КЛИМАНОВА Екатерина Вадимовна	Исследование вариаций объемной активности радона на основе результатов наблюдений на геофизической обсерватории «Борок»	ГО «Борок»
12:30	КОЗЬМИНА Алина Сергеевна	Оценка суточного хода объемной активности приземного торона с использованием данных аэрофизических наблюдений	ГО «Борок»
12:45	ЧИНКИН Владислав Евгеньевич	Метод определения характеристик вихревых структур в высокоширотной ионосфере, ассоциированных с геоиндуцированными токами	ГЦ РАН

13:00	ЛУКЬЯНОВ Дмитрий Сергеевич	Оценка полного электронного содержания ионосферы по двухчастотным измерениям ГНСС	МИИГАиК
13:15-13:30	**ПЕРЕРЫВ 15 минут**		
13:30	МЯГКОВ Дмитрий Сергеевич	Численные и аналитические модели формирования напряжённого состояния системы хребет-впадина орогена в условиях горизонтального сжатия	ИФЗ
13:45	ГОРДЕЕВ Никита Александрович	Характер напряженно-деформированного состояния и источники его формирования на территории Лаптевоморского региона, Северо-Восточная часть Сибирской платформы	ИФЗ
14:00	БОНДАРЬ Иван Владимирович	Особенности напряженно-деформированного состояния центральной части Кольского полуострова	ИФЗ
14:15	СЕНЦОВ Алексей Андреевич	Обобщение результатов анализа новейшей геодинамики Фенноскандии, Балтийской синеклизы и Воронежской антеклизы	ИФЗ
14:30	МАТВЕЕВ Максим Алексеевич	Применение метода георадарного профилирования для изучения деталей приповерхностной структуры метаморфических толщ	ИФЗ
14:45	БЕРЕЗИНА Ирина Александровна	Анализ чувствительности модели в петроупругом моделировании	ИФЗ

Оффлайн-секция: 26-29 октября 2020 г.

Видео доступны по адресу:

https://www.youtube.com/playlist?list=PLvpWIKEOTji91FFLyk-NZGqJCRovMYbVj

ФИО докладчика	Название доклада	Место работы/учебы автора доклада
АГИБАЛОВ Алексей Олегович	Основные черты новейшей активизации докембрийских морфоструктур Северного Приладожья	ИФЗ
АЛЕКСЕЕВ Александр Геннадьевич	Совместное моделирование упругих и электрических свойств карбонатных коллекторов	ИФЗ
АНДРЕЕВА Надежда Вячеславовна	Новые данные о глубинном строении Клинско-Дмитровской гряды и её обрамления	ИФЗ
ВОЛЧКОВА Валерия Александровна	Построение моделей начального приближения для сейсмической томографии по синтетическим сейсмическим данным, характерным для Западной Сибири	ИФЗ
ЕГОРОВ Николай Александрович	Лабораторные исследования эволюции фильтрационных свойств пород околоскважинной зоны в ходе направленной разгрузки пласта	ИФЗ
ЕФРЕМОВ Иван Вадимович	PMTools: комплексное программное обеспечение для палеомагнитных исследований	МГУ
ЖУКОВЕЦ Виктор Николаевич	Численное решение уравнений Навье-Стокса	ИФЗ
ЗАГОРСКИЙ Даниил Львович	Регистрация сейсмоакустических сигналов на поверхности льда озера Байкал	ИФЗ
ЗЫКОВ Андрей Александрович	Определение упругих характеристик горных пород с помощью комплексирования методов поверхностных и объемных волн	ИФЗ
КАЗНАЧЕЕВ Павел Александрович	Влияние антропогенных форм рельефа на результаты электроразведочных исследований	ИФЗ
КОРОЛЕВА Александра Олеговна	О возможности уточнения геологического разреза пролива Великая Салма (Белое море)	ИФЗ
ЛЕОНОВА Анастасия Михайловна	Экспериментальное исследование механических свойств горных пород одного месторождения Западной Сибири	ИФЗ
ЛИВИНСКИЙ Артем Игоревич	Распознавание рудоносных морфоструктурных узлов в Алтайско-Саянском регионе	ИФЗ

ЛОСЕВ Илья Владимирович	ГИС- ориентированная база данных для оценки геодинамической устойчивости Нижне-Канского массива	ГЦ РАН
НАСРЕТДИНОВА Диана Ильдаровна	Исследование неоднозначности решения обратных задач петроупругого моделирования	ИФЗ
ОРЛОВА Ирина Петровна	Возможности сейсмического оборудования для мониторинга основания железнодорожных путей в районах со сложными грунтовыми условиями	ИФЗ
РОДИНА Светлана Николаевна	Оценка долговременного сейсмического режима Кандалакшского грабена	ИФЗ
РУДЬКО Дмитрий Владимирович	Палеомагнитный тест «косой серии» на примере лопатинской свиты Енисейского кряжа: к обоснованию гипотезы гиперактивности геомагнитного поля на рубеже докембрия и фанерозоя	ИФЗ
РЯЗАНОВА Мария Валерьевна	Применение петроупругих моделей трещиноватых коллекторов при планировании сейсмических съемок	ИФЗ
СЕМКА Максим Андреевич	Сильнейшие землетрясения Тихоокеанского пояса	ИФЗ
ФЕТИСОВА Анна Михайловна	Новые результаты детальных палеомагнитных исследований пермо-триасовых разрезов Московской синеклизы	ИФЗ
ШМУРАК Денис Валерьевич	Определение проницаемости околоскважинного пространства на основе анализа гидроволн Стоунли	ИФЗ
ЩЕПАЛИНА Полина Денисовна	Лунно-солнечные приливы и сейсмичность: Прибайкалье, провинция Сычуань-Юньнань (Китай)	ИФЗ

Тезисы докладов
Научной конференции молодых учёных и аспирантов ИФЗ РАН
28-29 октября 2020 г., ИФЗ РАН, Москва

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ НОВЕЙШЕЙ АКТИВИЗАЦИИ ДОКЕМБРИЙСКИХ МОРФОСТРУКТУР СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ

Агибалов А.О., Сенцов А.А.

Лаборатория методов прогноза землетрясений (702), ИФЗ РАН

Данная работа посвящена проблеме активизации докембрийских купольно-надвиговых морфоструктур Северного Приладожья в новейшее время. Для того, чтобы выявить основные особенности этого процесса, был использован комплекс методов, включающих 1) структурно-геоморфологическое дешифрирование; 2) морфометрический анализ рельефа; 3) полевые геолого-геоморфологические, палеосейсмологические и тектонофизические методы; 4) изучение современных тектонических движений; 5) тектонофизическое моделирование на эквивалентных материалах; 5) компьютерное геодинамическое моделирование, методика которого описана в статье [1].

Проведенные исследования позволили сделать следующие основные выводы. 1. В новейшее время происходит активизация докембрийских морфоструктур Северного Приладожья (разрывных нарушений, гранито-гнейсовых куполов), оказывающая значительное влияние на облик рельефа территории. 2. Большая часть гранито-гнейсовых куполов испытывает активные неотектонические движения, интенсивность и направленность которых обусловлена, прежде всего, конфигурацией докембрийских разрывных нарушений, приуроченных к границам данных структур. 3. Судя по данным тектонофизического моделирования, большая часть территории Северного Приладожья находится в обстановке северо-западного сжатия, которое может быть связано со спредингом в северной части Атлантического океана и гляциоизостатическим поднятием центральной части Балтийского щита [2]. 4. Полевые палеосейсмологические исследования показали. что процесс новейшей активизации докембрийского структурного плана сопровождался сейсмическими событиями с магнитудами не менее 5, в результате которых в рыхлых четвертичных отложениях сформировались разрывные нарушения, деформационные текстуры и инъекционные структуры.

Исследование выполнено в рамках НИР «Развитие методов детального сейсмического районирования и сейсмического микрорайонирования» (№ гос. регистрации АААА-А17-117060110060-3) (ИФЗ РАН)

Список литературы:

1. *Агибалов А.О., Зайцев В.А., Сенцов А.А., Девяткина А.С.* Оценка влияния современных движений земной коры и активизированного в новейшее время докембрийского структурного плана на рельеф Приладожья (юго-восток Балтийского щита) //Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 791–807.
2. *Зыков Д.С., Полещук А.В.* Взаимодействие геодинамических систем на Восточно-Европейской платформе в новейшее время // Бюллетень МОИП. Отдел геологический. 2016. Т. 91, вып. 1. С. 3-14

Докладчик: **Агибалов Алексей Олегович,** к.г-м.н., вед. инж., Agibalo@yandex.ru. оффлайн-доклад

СОВМЕСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ.

Алексеев А.Г.

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

Кафедра геофизики, геофизических методов поисков полезных ископаемых, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва

Целью данной работы является оценка упругих и электрических свойств коллекторов углеводородов по результатам анализа кернового материала, а также данных геофизических исследований скважин (ГИС). Данное исследование реализовано благодаря мультидисциплинарному подходу, основанному на теории эффективных сред.

В результате изучения кернового материала построена комплексная модель упругих и электрических свойств карбонатных пород. Изучались минеральный состав, структура порового пространства пород, полноразмерный керн, шлифы, а также изучены данные лабораторных исследований, проведенные на образцах керна. Модель основана на единой микроструктуре породы и имеет следующие параметры: характеристики физических свойств компонент, пористость, форма зерен, форма пор, форма трещин, ёмкость трещин, степень связности пустот, параметр ориентации пустот. Был проведен анализ чувствительности параметров модели к эффективным свойствам и определены границы изменения параметров.

На основе модели первого уровня (масштаб керна) была построена комплексная модель физических свойств следующего масштаба – ГИС. Были использованы данные акустического, плотностного каротажа и измерения электрического сопротивления. В результате данной работы были получены значения тензоров упругости и электрической проводимости вдоль стволов скважин, а также получены модели микроструктуры карбонатных пород коллекторов масштабов керна и ГИС.

Такое исследование невозможно провести при помощи современных программных пакетов интерпретации геофизических данных, поэтому для реализации цели была написана программа расчета эффективных свойств на языке программирования Fortran, основным преимуществом которого является скорость расчетов. Использование полученных данных практически значимо при оценке фильтрационно-емкостных свойств коллекторов целевого интервала.

Докладчик: **Алексеев Александр Геннадьевич**, аспирант 2 г.о., alexeev.alexander.g@gmail.com, оффлайн-доклад

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЛУБИННОМ СТРОЕНИИ КЛИНСКО-ДМИТРОВСКОЙ ГРЯДЫ И ЕЁ ОБРАМЛЕНИЯ

Андреева Н.В., Горбатиков А.В., Степанова М.Ю.

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

При помощи Метода Микросейсмического Зондирования (ММЗ) [1] авторами было исследовано глубинное строение Юго-Западного крыла Московской синеклизы в районе Клинско-Дмитровской Гряды. Профиль ММЗ пересек Клинско-Ветлужскую Геодинамически-активную зону (ГдАЗ) в западной, наиболее узкой её части, и вышел на Клинско-Дмитровскую гряду. На составленном разрезе отчетливо виден погребенный грабен, перекрытый в верхней части толщей более плотных, горизонтально залегающих пород. Примечательно, что сам грабен проникает в фундамент, достигая при этом первых километров по глубине. Зоны обрамляющих грабен дизъюнктивов представляют собой серию сбросов, с амплитудой смещения до 400 м. Данная структура приурочена к Клинско-Ветлужской ГдАЗ, выделенной В.И. Макаровым [2], так как их границы полностью совпадают.

В районе резкого изменения рельефа, приуроченного к началу Клинско-Дмитровской гряды, на профиле отчетливо виден глубинный разлом, проникающий в глубь фундамента. Зона разлома представляет собой вертикально расположенную низкоскоростную неоднородность. Этот же разлом выделяется по геолого-геоморфологическим данным. Кроме того, на разрезе отчетливо прослеживается положение поверхности архей-нижнепротерозойского кристаллического фундамента, граница которого составляет около 2,2 км.

В дальнейшем авторы планируют продлить профиль, для получения более полной информации о строении Клинско-Дмитровской гряды.

Список литературы:

1. *Горбатиков А.В., Степанова М.Ю., Кораблев Г.Е.* Закономерности формирования микросейсмического поля под влиянием локальных геологических неоднородностей и зондирование среды с помощью микросейсм // Физика Земли. 2008. № 7. С. 66–84.
2. *Макаров В.И.* Некоторые проблемы изучения новейшей тектоники платформенных территорий (на примере Русской плиты) // Разведка и охрана недр. 1997. № 1. С. 20–26.

Докладчик: **Андреева Надежда Вячеславовна**, с.н.с., znv@ifz.ru, оффлайн-доклад

РЕЗУЛЬТАТЫ ТРЕКОВОГО АНАЛИЗА ПЕРМО-ТРИАСОВЫХ ИНТРУЗИЙ СИБИРСКОЙ ТРАППОВОЙ ПРОВИНЦИИ.

Багдасарян Т.Э.[1,2], Веселовский Р.В.[1,2], Зайцев В.А.[3], Томсон С.[4], Латышев А.В[1,2]

[1]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

[2] Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, г. Москва

[3]Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН

[4]Аризонский университет, Тусон, США

Сибирская пермо-триасовая трапповая провинция – крупнейшая сохранившаяся на планете континентальная магматическая провинция, однако ее тепловая история на сегодняшний остается практически неизученной, а геотермохронологические исследования в ее пределах единичны [1, 2].

В настоящем исследовании приводятся результаты трекового анализа апатита (apatite fission track analysis, AFT) из интрузивных комплексов, расположенных в разных частях Сибирской платформы и относящихся к Сибирской пермо-триасовой магматической провинции: Падунский долеритовый силл (Ангаро-Тасеевская впадина), Контайская интрузия, представленная габбро и монцонитами (южный борт Енисей-Хатангского прогиба), щелочно-ультраосновной массив Одихинча, массив Ессей и Маган, Великая Котуйская дайка и Норильск-1 (Маймеча-Котуйский район).

Трековое датирование проводилось методом внешнего детектора [3] в университете Аризоны (Тусон, США). Полученные новые трековые возраста находятся в диапазоне ~206-173 млн. лет со средней ошибкой определения (1σ) ±50 млн. лет. Унимодальное распределение длин треков, а также трековый возраст свидетельствуют о том, что к ~206-173 млн. лет породы остыли ниже ~100°C и достаточно быстро, в геологических масштабах, остыли ниже 60°C, т.е. покинули интервал глубин/диапазон температур, в котором происходит частичный отжиг треков в апатите.

Новые трековые возраста, с учетом других геохронологических определений, могут свидетельствовать о вторичном прогреве выше 110°C за счет эндогенного события и/или погружения исследуемых объектов ниже соответствующей изотермы под нагрузкой мощного вулканогенно-осадочного чехла и последующей эксгумации и остывания ниже 110°C к ~206-173 млн. лет.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 20-35-90066, 18-35-20058, 18-05-70094.

Список литературы:

1. *Розен О.М., Соловьев А.В., Журавлев Д.З.* Термальная эволюция северо-востока Сибирской платформы в свете данных трекового датирования апатитов из керна глубоких скважин // Физика Земли, 2009, № 10, с. 79-96.
2. *Мышенкова М.С., Зайцев В.А., Томсон С., Латышев А.В., Захаров В.С., Багдасарян Т.Э., Веселовский Р.В.* Термальная история Гулинского плутона (север Сибирской платформы) по результатам трекового датирования апатита и компьютерного моделирования. Геодинамика и тектонофизика. 2020;11(1):75-87.
3. *Malusà M.G., Fitzgerald P.G.* Fission-Track Thermochronology and its Application to Geology – 2019, Springer, p. 39

Докладчик: **Багдасарян Татьяна Эдвардовна**, инженер, tanya.bagdasaryan@yandex.ru,
онлайн-доклад

АНАЛИЗ АППРОКСИМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАРСА

Батов А. В.[1,2], Сальников А. М.[1,2]

[1]Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, Москва

[2]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, Москва

У Марса нет глобального магнитного поля, наблюдается остаточная намагниченность, в некоторых районах достигающая значений в несколько тысяч нТл. По данным миссий MGS, Maven построены модели и карты магнитного поля для всей планеты [1-4]. Измеренное магнитное поле в месте посадки миссии InSight оказалось в десять раз сильнее, чем предсказывали спутниковые модели [5]. Новые данные указывают на то, что магнитное поле планеты нуждается в дальнейшем изучении и анализе.

Для расчетов мы использовали модель, разработанную Langlais et al. [7], имеющую пространственное разрешение ∼160 км на поверхности, соответствующее сферической гармонике степени 134.

Для моделирования магнитного поля на поверхности Марса мы использовали хорошо зарекомендовавший себя метод S-аппроксимаций [6], один из вариантов метода интегральных представлений. Модель демонстрирует различные небольшие особенности, которые могут быть связаны с геологическими аномалиями.

Список литературы:

1. *Purucker, M. E., Ravat, D., Frey, H., Voorhies, C., Sabaka, T., & Acuña, M. H. (2000).* An altitude-normalized magnetic map of Mars and its interpretation. Geophysical Research Letters, 27, 2449–2452. https://doi.org/10.1029/2000GL000072
2. *Langlais, B., Purucker, M. E., & Mandea, M. (2004).* Crustal magnetic field of Mars. Journal of Geophysical Research, 109, E02008. https://doi.org/10.1029/2003JE002048
3. Arkani-Hamed, J. (2007). Magnetization of Martian lower crust: Revisited. Journal of Geophysical Research, 112, E05008. https://doi.org/10.1029/2006JE002824
4. *Morschhauser, A., Lesur, V., & Grott, M. (2014).* A spherical harmonic model of the lithospheric magnetic field of Mars. Journal of Geophysical Research: Planets, 119, 1162-1188. https://doi.org/10.1002/2013JE004555
5. *Johnson, C.L., Mittelholz, A., Langlais, B. et al. (2020).* Crustal and time-varying magnetic fields at the InSight landing site on Mars. Nat. Geosci. 13, 199-204. https://doi.org/10.1038/s41561-020-0537-x
6. T. V. Gudkova, I. E. Stepanova, A. V. Batov & A. V. Shchepetilov (2020): Modified method S-, and R-approximations in solving the problems of Mars's Morphology, Inverse Problems in Science and Engineering, DOI: 10.1080/17415977.2020.1813125.
7. *Langlais, B., Thébault, E., Houliez, A., Purucker, M. E., & Lillis, R. J. (2019).* A new model of the crustal magnetic field of Mars using MGS and MAVEN. Journal of Geophysical Research: Planets, 124, 1542-1569. https://doi.org/10.1029/2018JE005854.

Докладчик: **Батов Алексей Владимирович**, к.ф.-м.н., с.н.с., batov@ipu.ru, онлайн-доклад

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МОДЕЛИ В ПЕТРОУПРУГОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Березина И. А.

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

Анализ чувствительности петроупругой модели заключается в определении и оценке изменений отклика модели, вызванного вариациями входных параметров модели. С помощью анализа чувствительности возможно: а) определить влиятельные и невлиятельные параметры; б) упростить модель путем фиксирования невлиятельных параметров; в) выявить взаимодействия между параметрами [1].

В данной работе рассмотрены подходы глобального анализа чувствительности на примере расчета эффективных упругих свойств для модели «двойной пористости». Параметрами модели «двойной пористости» являлись: аспектное отношение пор $\alpha_{\text{пор}}$, аспектное отношение трещин $\alpha_{\text{трещ}}$, объёмное содержание трещин $\varphi_{\text{трещ}}$, объемное содержание пустот (пористость) φ и параметр f. Поры и трещины были ориентированы хаотично. Эффективные упругие свойства рассчитывались методом обобщенного сингулярного приближения [2].

Показатели чувствительности параметров модели получены методом элементарных эффектов [3] и методом Соболя [4]. Последний позволяет рассчитать показатели чувствительности второго порядка (или более высокого порядка), которые определяют вклад взаимодействия между парой параметров на изменение отклика модели. В результате расчетов выявлено, что наиболее влиятельными параметрами на рассчитанные упругие свойства являются (в порядке убывания) пористость φ, параметр f и объёмное содержание трещин $\varphi_{\text{трещ}}$, а также взаимодействие следующих параметров $\varphi - f$, $\varphi_{\text{трещ}} - \varphi$, $\alpha_{\text{трещ}} - \varphi$, $\alpha_{\text{пор}} - \varphi$.

Список литературы:

1. *Saltelli, A., Ratto, M., Andres, T., Campolongo, F., Cariboni, J., Gatelli, D., Saisana, M. and Tarantola, S.* Global Sensitivity Analysis. The Primer,Wiley, 2008. 292 p.
2. *Bayuk I. O., Chesnokov E. M.* Correlation between elastic and transport properties of porous cracked anisotropic media // Journal of Physics and Chemistry of Solids.1998.Vol. 23, no. 3. P. 361–366.
3. *Morris M. D.* Factorial sampling plans for preliminary computational experiments // Technometrics, 1991. Vol. 33, No 2., P. 161 – 174.
4. *Sobol' I. M.* Global sensitivity indices for nonlinear mathematical models and their Monte Carlo estimates // Mathematics and Computers in Simulation, 2001. Vol. 55, P. 271 – 280.

Докладчик: **Березина Ирина Александровна**, н.с., iberezina@ifz.ru, онлайн-доклад

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ИЗГИБА ОКЕАНИЧЕСКИХ ПЛИТ С ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ

Е.О.Бирючева[1], В.П. Трубицын [1,2]

[1]*Институт физики Земли РАН, Москва*

[2]*Институт прогноза землетрясений РАН, Москва*

Океанические плиты, как более плотные и тяжелые, со временем начинают погружаться в мантию. На погружающуюся плиту воздействуют выталкивающая сила мантии и сила тяжести. Плита, как упругое тело, во время погружения начинает изгибаться; в частности, перед желобом возникает характерный выгиб плиты, называемый внешним поднятием или краевым валом. Верхний и нижний слои плиты при этом испытывают неупругие деформации.

Одна из моделей, описывающих погружение океанической плиты в мантию, принимает плиту тонкой упругой двумерной. При таких допущениях дифференциальное уравнение, описывающее форму и напряжения в плите, выглядит следующим образом:

$$d^2M/dx^2 + Vd^2W/dx^2 + \delta\rho gW = q(x), \quad (1)$$

$$M(x) = Dd^2W/dx^2 \quad (2)$$

$$V(x) = -dM/dx - NdW/dx. \quad (3)$$

$$D(x) = E\,h^3/12(1-\nu^2) \quad (4)$$

где W(x) — функция высоты плиты в зависимости от горизонтальной координаты, M(x) — закручивающий момент, V(x) — так называемая поперечная перерезывающая сила, N(x) — сила сжатия плиты, D(x) — изгибная жесткость плиты (зависящая от свойств вещества и толщины плиты) и $q(x) = \delta\rho g$ — внешняя нагрузка (вес осадков), $\delta\rho=(\rho_m - \rho_w)$, ρ_m и ρ_w — плотности мантии и плиты.

В результате наблюдений за реальными океаническими плитами стало ясно, что функция N незначительно зависит от x и не влияет на изгиб плиты, ввиду чего ее можно положить равной 0.

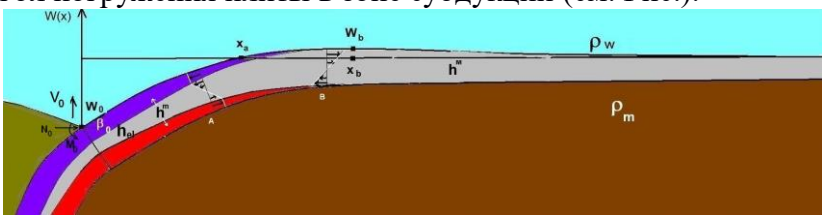
Система уравнений (1)–(4) сводится к одному обыкновенному дифференциальному уравнению четвертой степени для вертикального смещения (изгиба) плиты W(x):

$$d^2[Dd^2W/dx^2]/dx^2 + (\rho_m - \rho_w)gW = q(x) \quad (5)$$

с граничными условиями для смещения и ее производной

$$W(L)=0,\ W'(L)=0 \text{ и } W(0)=W_0,\ W'(0)=tg\beta_0 \quad (6)$$

соответственно на правом конце плиты у хребта и на левом конце, где W_0 — глубина желоба, и β_0 — угол погружения плиты в зоне субдукции (см. Рис.).



В результате решения уравнения для плиты (5) находится ее изгиб во всех точках, а также по (2)–(3) распределение вдоль плиты перерезывающей силы V(x) и изгибающего момента M(x).

Таким образом, напряженное состояние изогнутой тонкой двумерной упругой океанической плиты можно полностью определить решением одного дифференциального уравнения (5) при известной жесткости D(x) и с заданными граничными условиями на концах плиты.

Подобное уравнение решается численными методами.

Докладчик: **Бирючева Екатерина Олеговна**, аспирант 3 года, biryucheva.katerina@gmail.com, онлайн-доклад

ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Бондарь И.В., Маринин А.В., Гордеев Н.А.

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

В ходе полевых работ 2009-2019 гг. сотрудниками лаборатории тектонофизики ИФЗ РАН набран обширный материал по геологическим индикаторам деформаций. Тщательный анализ набранного материала позволил выявить в центральной части Кольского полуострова зону деформаций северо-западного простирания, в которой преобладают обстановки горизонтального сдвига и растяжения.

Вероятнее всего эта зона связана с развитием Кандалакшского грабена. Согласно существующим взглядам, Кандалакшская сейсмогенная зона маркирует крупную зону растяжения в земной коре [3].

Тектоническая впадина современного Кандалакшского залива наследует или возрождает рифейский грабен, о чем свидетельствуют активные опускания авлакогена в новейшее время, сопровождаемые возрождением большинства разломов и проявлением вдоль них многочисленных очагов землетрясений [1].

Влияние Кандалакшского грабена на центральную часть Кольского полуострова подтверждается современным распределением сейсмичности. Современная сейсмичность Беломорского региона проявляется в виде землетрясений небольшой магнитуды от 0,5 до 2,9 [2]. Распределение эпицентров зарегистрированных землетрясений имеет следующий характер: повышенная сейсмическая активность наблюдается в западной части бассейна, а слабая активность в восточной и центральной частях.

Список литературы:

1. *Балуев А.С., Журавлев В.А., Терехов Е.Н., Пржиялговский Е.С.* Тектоника Белого моря и прилегающих территорий (Объяснительная записка к «Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий» масштаба 1:1500000) // Тр. ГИН РАН. Вып. 597. – М.: ГЕОС, 2012. – 104 с.
2. *Морозов А. Н., Ваганова Н. В., Асминг В. Э. и др.* Современная сейсмичность Беломорского региона // Вулканология и сейсмология. № 1. 2019. – 36-51 с.
3. *Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И.* Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 299 с.

Докладчик: **Бондарь Иван Владимирович**, аспирант, м.н.с., bond@ifz.ru, онлайн-доклад

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ НАЧАЛЬНОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ ПО СИНТЕТИЧЕСКИМ СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ, ХАРАКТЕРНЫМ ДЛЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

***Волчкова В. А.*[1,2]**

[1]ООО «ПетроТрейс», Москва

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

Лучевая сейсмическая томография является одним из основных методов изучения строения Земли в различных масштабах. В ее основе лежит приближение геометрической сейсмики, согласно которому перенос энергии в среде происходит вдоль сейсмического луча [1].

Основным уравнением лучевой сейсмической томографии является уравнение эйконала, связывающее время прихода сейсмической волны в определенную точку с распределением соответствующей скорости. С помощью уравнения эйконала и следующих из него уравнений луча решается прямая задача сейсмотомографии [1].

В настоящее время в Западной Сибири особый интерес с точки зрения нефтегазоносности вызывают отложения доюрского комплекса (ДЮК). Для изучения ДЮК были смоделированы данные – скорости и сейсмограммы. Цель эксперимента – попробовать восстановить модель распределения скорости в интервале ДЮК.

В рамках доклада представляется работа по построению различных моделей начального приближения (МНП) с использованием имеющихся модельных сейсмических данных. Данный этап сейсмической томографии является особенно важным, поскольку от выбора МНП зависит конечный результат томографии.

В работе представлены модели, полученные только с использованием информации о временах первых вступлений (метод t0), и модели, полученные пересчетом скоростей суммирования, определенных с помощью скоростного анализа, в интервальные скорости. Проведено сравнение результатов первой итерации инверсии для данных моделей. Кроме этого, рассмотрен вопрос влияния выбора способа пикирования первых вступлений на результирующую модель.

Кроме этого, в работе проанализирован вопрос задания расчетной сетки для расчета прямой задачи сейсмической томографии и инверсии с учетом оценки зоны Френеля для исследуемых данных. Правильность задания параметров расчетной сетки в томографических программных комплексах напрямую влияет на корректность получаемых результатов.

Список литературы:

1. *Тихоцкий С. А.* Разработка математических методов и алгоритмов решения обратных задач геофизики и обработки геофизических данных. Москва, 2011. с. 101-105.

Докладчик: **Волчкова Валерия Александровна**, аспирант ИФЗ РАН, volchkovavaleria@mail.ru, оффлайн-доклад

ПАЛЕОМАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ СТАЛАГМИТА IL-1, ПЕЩЕРА ИЛЮХИНСКАЯ (АБХАЗИЯ)

Гаврюшкин Д.А.[1], Веселовский Р.В.[1,2]

[1] Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, г. Москва

[2] Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва

В последние годы в мировой научной литературе возросло количество публикаций, посвященных палеомагнитным исследованиям спелеотемов, продемонстрировавших, что спелеотемы могут сохранять непрерывную детальную палеомагнитную запись времени своего формирования, не подверженную вторичным изменениям, что дает им преимущество перед другими геологическими объектами в реконструкции вековых геомагнитных вариаций [1].

Нами опробован сталагмит IL-1 из пещеры Илюхинская. Проведена пробоподготовка и выполнены магнитная чистка и компонентный анализ результатов лабораторных измерений. На основе полученных данных построены кривые изменения магнитного склонения и наклонения. Кривая изменения магнитного наклонения, полученная по сталагмиту IL-1, свидетельствует о том, что данный сталагмит формировался в эпоху обратной полярности Матуяма (до 780 тыс. лет назад) и сохранил палеомагнитную запись двух эпизодов прямой полярности. Эти эпизоды могут оказаться либо субхронами Харамильо и Кобб Маунтин (около 990-1070 и 1190-1200 тыс. лет, соответственно), либо субхронами Олдувай и Реюньон (около 1778-1945 и 2120-2140 тыс. лет, соответственно) [2].

Полученные к настоящему времени результаты позволяют сделать следующие промежуточные выводы: (1) сталагмит IL-1 сохранил качественную палеомагнитную запись и подходит для постановки дальнейших детальных палеомагнитных исследований; (2) получено возрастное ограничение на время роста сталагмита IL-1: рост сталагмита прекратился в эпоху обратной полярности (предположительно, во время хрона Матуяма), соответственно он не может быть моложе 780 тыс.лет.

Дальнейшая работа подразумевает подкрепление полученных результатов петромагнитными и геохронологическими исследованиями.

Список литературы:

1. *Lascu I., Feinberg J.M.* Speleothem magnetism // Quaternary Science Reviews, 30 (2011), pp. 3306-3320
2. The Geologic Time Scale 2012" by F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. Schmitz and G. Ogg

Докладчик: **Гаврюшкин Дмитрий Александрович**, ведущий инженер ИФЗ РАН, аспирант, dmitry.gavriushkin@gmail.com, онлайн-доклад

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ВУЛКАНИЧЕСКИХ И ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ

Галина Н. А.[1,2], Шапиро Н.М.[1,2], Дрознин Д. В.[3]

[1] Институт Наук о Земле, Университет Гренобль-Альпы, CNRS, г. Гренобль, Франция

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

[3] Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Камчатка – активная зона субдукции, для которой характерна интенсивная сейсмическая деятельность различного происхождения. Как следствие, тектонические и вулканические землетрясения зачастую регистрируются на одной и той же сейсмической станции. В данной работе изучаются сейсмограммы, записанные в период с декабря 2018 г. по апрель 2019 г. В этот период времени произошло крупное землетрясение с M=7.3 с последующим роем афтершоков. Данные тектонические землетрясения сопровождались сильным извержением вулкана Шивелуч. Сейсмостанции, расположенные в районе основных событий, регистрировали до нескольких сотен землетрясений в сутки.

В задаче кластерного анализа алгоритм разделяет данные на основе расстояния между ними, поэтому форма представления сигнала и метрика для сравнения отдельных событий играют ключевую роль. В настоящей работе сравнивались следующие характеристики сейсмограмм:

- простые параметры сигнала (амплитуда, длительность, пиковая частота и т. д.);
- несглаженные и сглаженные спектральные формы;
- спектрограммы.

С помощью простого алгоритма автоматической регистрации землетрясений, был составлен каталог из почти 7000 событий. Из полученного набора данных более 1000 землетрясений вошли в обучающую выборку, иначе говоря, им были присвоены метки в соответствии с их природой (тектонические или вулканические).

Комбинируя различные характеристики сигналов и метрики, была выбрана наиболее удачная комбинация для кластеризации землетрясений, что позволило разделить тектонические землетрясения в зоне субдукции и вулканические землетрясения, связанные с извержением Шивелуча, на основе данных одной станции.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки №14.W03.31.0033 «Геофизические исследования, мониторинг и прогноз развития катастрофических геодинамических процессов на Дальнем Востоке РФ» и Европейским Исследовательским Советом (ERC grant 787399-SEISMAZE).

Докладчик: **Галина Наталия Александровна**, инженер, nataliya.galina@univ-grenoble-alpes.fr, онлайн-доклад

ХАРАКТЕР НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ИСТОЧНИКИ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЛАПТЕВОМОРСКОГО РЕГИОНА, СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Гордеев Н.А.

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

Исследуемый регион принадлежит к крупным структурным единицам: Сибирская платформа, Верхоянский хребет, Предверхоянский прогиб, Хребет Гаккеля, Лено-Анабарский прогиб, Лаптевоморский шельф. Применено комплексное исследование напряженно-деформированного состояния, путем геодинамического и геоморфологического анализа [2, 3, 4]. Методом восстановления сдвиговых неотектонических напряжений [3, 4] получены ориентировки главных осей сжатия (в горизонтальной плоскости) северо-восточного направления на узком, субширотно вытянутом пересечении Лено-Анабарского прогиба и Лаптевоморского шельфа, что свидетельствует о слабом влиянии спрединга Хребта Гаккеля. Хаотичное распределение осей сжатия на юге Лено-Анабарского прогиба, характеризующее типичное напряженное состояние для прогиба. Радиально-расходящиеся оси сжатия от Оленекского и Мунского сводов. Упорядоченное субширотное распределение осей сжатия в Предверхоянском прогибе, как индикатор новейшего развития орогена Верхоянья. Анализ проводился с помощью разработанного коллективом лаборатории тектонофизики ИФЗ РАН ПО-SimSGM [1].

Геоморфологическим анализом [2] выявлен ряд структур: Серпообразный Кряж Чекановского, Оленекский и Мунский своды, Мунско-Сюнгюдинское, Куойско-Суханское, Западно-Приленское, поднятия, Верхоянский хребет, Лено-Анабарский прогиб (Бурская, Келимярская впадины), Кютингдинская, Приленская впадины.

При совокупном анализе геодинамики и геоморфологии выявляются главные структуры, которые сформировались внутриплатформенными источниками напряжения: Оленекский свод, Мунский свод. Источник напряжений от формирования меридионально вытянутого орогена Верхоянья. Перечисленные источники являются рельефо-образующими для территории исследования. Помимо перечисленного выделяется менее интенсивный источник спрединга Хребта Гаккеля, следы воздействия от которого прослеживаются только на внешнем радиусе серпообразного Кряжа Чекановского. Затухание прослеживается всеми перечисленными методами в виде хаотичного распространения главных осей сжатия, форм новейших структур.

Список литературы:

1. *Гордеев Н.А., Молчанов А.Б.* Решение задачи по автоматизации структурно-геоморфологического метода реконструкции неотектонических напряжений Л.А. Сим // Молодежная научно-практическая конференция XVI конференция студенческого научного общества "Современные исследования в геологии", Санкт-Петербург, Россия, 26-28 октября 2018. С. 9-11.
2. *Макаров В.И.* Некоторые проблемы изучения новейшей тектоники платформенных территорий (на примере Русской плиты) // Разведка и охрана недр. 1997. №1. С. 20-26
3. *Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В.* От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методы и алгоритмы / Ю.Л. Ребецкий, Л.А. Сим, А.В. Маринин; отв. редактор Ю.Г. Леонов; ИФЗ РАН. – Москва: Издательство ГЕОС, 2017 – 234 с.
4. *Сим Л.А.* Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации). Изв. вузов. геол. и разв. / Сим Л.А. 1991. №10. С. 3-22.

Докладчик: **Гордеев Никита Александрович**, аспирант, младший научный сотрудник, gord@ifz.ru, онлайн-доклад

ОЦЕНКА ЗАТУХАНИЯ УПУГИХ ВОЛН В ПОРОДАХ ДОМАНИКОВОЙ СВИТЫ

Дамянович Д. И.

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

Породы доманиковой свиты характеризуются, как глинистые, глинисто-карбонатные, кремнисто-глинисто-карбонатные и кремнистые высокобитуминозные разности пород, содержащие рассеянное органическое вещество сапропелевого типа (Сорг=5-20%) [4]. При этом основу минерального скелета составляют карбонатные минералы такие, как кальцит и доломит, а глинистые минералы и кварц встречаются уже в виде отдельных включений. Чаще всего пустотное пространство между зёрнами практически полностью заполнены органическим битумным веществом (керогеном).

В рамках научной работы производились измерения волновых форм на цилиндрических образцах доманиковой свиты D-167. Твёрдый скелет состоит из доломита (72,2 %), кальцита (5,8 %) и микроклина (10,9 %). Кварц (9,1 %), иллит (1,6%) и пирит (0,4%) рассматриваются в качестве включений. Порода интенсивно и равномерно насыщена битумом. С точки зрения теории эффективных сред данный образец может считаться изотропным и неоднородным.

Для моделирования эффективных упругих свойств использовалась модель Берримана, в основе которой лежит метод самосогласования для N компонент [1]. В ходе подбора упругих постоянных используется итерационный подход, обеспечивающий устойчивое решение. На нулевой итерации в качестве начальной модели использовались упругие модули, посчитанные по верхней границе Хашина-Штрикмана [3]. Форма включений кварца предполагалась сферической, в то время как включения керогена оценивались и как сферические, и как эллипсоидальные.

При анализе полученных результатов было замечено, что упругие модули и, как следствие, скорости упругих волн получались завышенными по сравнению с экспериментальными значениями и близкими к верхней границе Хашина-Штрикмана. Это может быть связано с тем, что не учитывалось поглощение упругих волн. Так в работе [2] теоретически доказано, что степень зависимости поглощения от частоты лежит в пределе [0;2]. Для корректной оценки неупругого поглощения необходимо перейти от традиционных упругих к вязко-упругим (комплексным) модулям [5].

Список литературы:

1. *Berryman, J.G.,* Mixture theories for rock properties. In Rock Physics and Phase Relations: a Handbook of Physical Constants, ed. T.J. Ahrens. Washington, DC: American Geophysical Union, 1995. pp. 205-228.
2. *Chen W. Lévy* Stable Distribution and [0,2] Power Law Dependence of Acoustic Absorption on Frequency in Various Lossy Media // Chinese Physics Letters. 2005. V.22, №10. P. 2601-2603.
3. *Hashin Z., Shtrikman S.* Avariational approach to the elastic behavior of multiphase materials // J. Mech. Phys. Solids. 1963. V. 11. P. 127-140.
4. *Ананьев В.В., Смелков В.М., Пронин Н.В.*. Прогнозная оценка ресурсной базы мендым-доманиковых отложений как основного источника углеводородного сырья центральных районов Волго-Уральской нефтегазоносной провинции// Геология нефти и газа. – 2007. - №1.
5. *Дугаров Г.А.,* 2013, Оценка эффективных параметров сред с ориентированными трещинами в модели линейного проскальзывания по данным об анизотропии скоростей и поглощения сейсмических волн: дис. канд. физ.-мат. наук. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2013. 146 с.

Докладчик: **Дамянович Джордже Илиевич**, аспирант ИФЗ РАН, damjanov@mail.ru, онлайн-доклад

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОРОД ОКОЛОСКВАЖИННОЙ ЗОНЫ В ХОДЕ НАПРАВЛЕННОЙ РАЗГРУЗКИ ПЛАСТА

Егоров Н.А., Гизатуллин Д.М., Леонова А.М.

Центр петрофизических и геомеханических исследований, ИФЗ РАН

Существуют разные методы решения актуальной задачи повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин – среди них определенный интерес представляет метод направленной разгрузки пласта [1]. Метод направленной разгрузки пласта (НРП) заключается в повышении проницаемости породы в призабойной зоне пласта путем направленного изменения напряженно-деформированного состояния пород околоскважинной зоны и последующего изменения внутренней структуры этих пород.

Напряженное состояние горной породы существенно влияет на ее фильтрационные свойства. В ходе НРП значительно меняются напряжения в окрестности скважины, что ведет к изменению проницаемости пород призабойной зоны пласта [2]. В зависимости от типа породы и величины напряжений проницаемость может как уменьшаться, так и увеличиваться, причем необратимо.

Для оптимизации параметров проведения НРП необходимо понимать, как в ходе направленной разгрузки будет изменяться проницаемость пород призабойной зоны пласта.

Для экспериментального определения изменения проницаемости пород призабойной зоны пласта в ходе направленной разгрузки была использована сервогидравлическая испытательная установка GCTS RTR4500. Испытания проводились на выбуренных из керна образцах горных пород. Изменения параметров напряженно-деформированного состояния соответствовали условиям направленной разгрузки пласта в околоскважинной зоне. Одновременно вдоль оси образца осуществлялась фильтрация флюида. Согласно закону Дарси рассчитывалась проницаемость.

В результате работы были определены изменения проницаемости пород, находящихся на различных расстояниях от скважины, в ходе направленной разгрузки пласта. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации параметров направленной разгрузки, применяемой на газовом месторождении.

Список литературы:

1. Христианович С.А., Коваленко Ю.Ф., Карев В.И. и др. Способ вскрытия продуктивного пласта. – Патент РФ № 2110664 от 10.05.1998.
2. Карев В.И., Коваленко Ю.Ф., Устинов К.Б. Моделирование геомеханических процессов в окрестности нефтяных и газовых скважин. – М.: 2018 - 513 с., ил.

Докладчик: **Егоров Николай Александрович**, вед. инж., nikolay.egorov@ifz.ru,
оффлайн-доклад

PMTOOLS: КОМПЛЕКСНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ефремов И. В.[1], Веселовский Р. В.[1,2]

[1] Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

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

В ходе палеомагнитных исследований мы получаем большое количество данных, которые необходимо подвергать статистической обработке, визуализации, количественному и качественному анализу. Для этих целей в палеомагнитном сообществе используется несколько программ, например PMGSC [1], Remasoft [2] или PmagPY [3], которые не в полной мере обладают необходимым функционалом или достаточной гибкостью в плане импорта или экспорта данных. Как результат – невозможность выполнения всего алгоритма обработки, анализа и интерпретации результатов палеомагнитных исследований в рамках одного программного продукта. Целью данной работы является разработка концепции и создание современного кроссплатформенного и дружественного для конечного, в первую очередь – отечественного пользователя программного продукта, функционал которого в будущем может неограниченно расширяться и модернизироваться в зависимости от запросов конечных пользователей.

Таким продуктом явилась созданная в рамках данной работы программа PMTools, в актуальной версии которой реализованы алгоритмы импорта стандартных форматов хранения результатов лабораторных испытаний палеомагнитных коллекций (магнитных чисток), их визуализации и статистической обработки (статистика Фишера, Бингхэма, анализ главных компонент и кругов перемагничивания). Взаимодействие с данными в PMTools может по большей части производиться посредством горячих клавиш, что позволяет упростить и ускорить процесс работы с данными. Для работы с большими палеомагнитными коллекциями в PMTools предусмотрено интегрированное локальное хранилище, позволяющее работать с множеством различных файлов в рамках одной сессии. Следует также отметить, что вся графика, создаваемая при помощи PMTools, – векторная, максимально адаптированная под непосредственное использование для оформления графических материалов публикаций и использования для презентаций. Одной из ключевых особенностей PMTools, которые запланированы к реализации в ближайшем будущем, – интеграция с базой палеомагнитных данных MagIC, призванная упростить процессы экспорта и импорта данных.

Список литературы:

1. *Enkin, R. J.* A computer program package for analysis and presentation of paleomagnetic data // Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada. 1994.
2. *Chadima M., Hrouda F.* Remasoft 3.0 a userfriendly paleomagnetic data browser and analyzer // Travaux G´eophysiques. 2006. XXVII. P. 20–21.
3. *Tauxe, L., R. Shaar, L. Jonestrask, N. L. Swanson-Hysell, R. Minnett, A. A. P. Koppers, C.G. Constable, N. Jarboe, K. Gaastra, and L. Fairchild* PmagPy: Software package for paleomagnetic data analysis and a bridge to the Magnetics Information Consortium (MagIC) Database // Geochem. Geophys. Geosyst. 2016. 17.

Докладчик: **Ефремов Иван Вадимович**, студ., i1948374@yandex.ru, оффлайн-доклад

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ТРЕЩИНЫ НА ПАРАМЕТР РАСКРЫТОСТИ

Жигульский С. В.

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

Понимание флюидопроводящего потенциала естественных трещин играет важнейшею роль в процессе разработки трещинного типа коллектора. Способность проводить флюид тесно связана с таким параметром трещины как раскрытость. В данной работе применена модель Бартона-Бандиса для оценки раскрытости трещин в условиях меняющегося коэффициента шероховатости [1]. Для реализации данного подхода была построена 3D конечно-элементная геомеханическая модель с включением модели трещиноватости в виде дискретных элементов.

Оценка раскрытости трещин выполнена для различных значений коэффициента шероховатости (JRC): JRC=18; 16; 14; 12; 10; 8; 2. Режим напряжений соответствовал нормальному (сбросовому) Sv>SH>Sh в модели.

Показано, что с увеличением коэффициента шероховатости, трещина оказывает большее сопротивление сдвиговым деформациям. Тем самым трещины с более низким JRC легче активировать при прочих равных (остаточный угол трения, прочность на сжатие берегов трещины - JCS). Построены карты компонент напряжений при изменении параметров жесткости (нормальной и сдвиговой) трещин. Последние были рассчитаны по эмпирическим зависимостям [2].

Установлены эмпирические зависимости между параметрами: гидравлическая раскрытость и эффективное нормальное напряжение, а также сдвиговое перемещение по 3D модели и сдвиговое напряжение, действующее на плоскость трещины, рассчитанное эмпирическим путем [3].

Результаты моделирования будут использованы для дальнейшей работы по данному направлению.

Список литературы

1. *Barton N, Bandis S., Bakhtar K.* Strength, deformation and conductivity coupling of rock joints // Int J Rock Mech Min Sci& Geomech Abstr. 1985. V. 22. № 3. P. 121 - 140.
2. *Barton N.* Modelling Rock Joint Behavior from In Situ Block Tests: Implications for Nuclear Waste Repository Design. ONWI-308, prepared by Terra Tek, Inc. for Office of Nuclear Waste Isolation, Battelle Memorial Institute, Columbus, OH. 1982. 118 p.
3. *Жигульский С.*В., Тихоцкий С.А. Оценка раскрытости системы трещин в условиях изменения коэффициента шероховатости трещины на основе данных о напряженно-деформированном состоянии. Бурение и Нефть 7-8/2020.

Докладчик: **Жигульский Светлана Владимировна**, ИФЗ РАН, svetlana.jigulski@yandex.ru

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА

Жуковец В.Н.

Координационно-прогностический центр, ИФЗ РАН

Данная работа служит основой для моделирования зон субдукции. Для этого решаются уравнения Навье-Стокса для вязко-пластической среды.

В качестве базы, для численного решения уравнений Навье-Стокса были выбраны методики, предложенные в работах исследователя Т.В.Гери [1] и использование алгоритма SIMPLE на разнесённой (шахматной) сетке. Плюсом подхода является то, что при решении уравнений моментов, мы имеем известные значения давлений в соседних узлах, что избавляет нас от необходимости искать приближенное значение давлений в узлах сетки граничащих с узлами, в которых определены значения скоростей.

Алгоритм заключается в следующем: сначала решаются уравнения моментов X и Y, каждое относительно своих узлов сетки, при этом давления полагаются известными с предыдущего шага. Затем, решается уравнение сохранения массы, тем самым уточняется новое значение давления, которое снова подставляется в уравнения моментов и ищется решение уравнений моментов, которое будет удовлетворять закону сохранения массы. Для решения поставленной задачи производится написание кода программы на языке C++. Выбор языка основывается его низким уровнем, что должно обеспечивать более быстрый просчёт данных.

Физические параметры задаются следующими способами. Распределение плотностей выбрано в соответствии с моделью emc stw-105. Значения для температур взяты с сайта Аризонского института геофизики. Величина изменения ускорения свободного падения рассчитывается с использованием данных о плотностях. Плотность полагается зависящей от давления и температуры одновременно. Вязкость описывается согласно уравнению из статьи [2]. Основная сложность заключается в описании уравнений в виду их громоздкости.

Список литературы

1. *Taras V. Gerya, David A. Yuen* Characteristics-based marker-in-cell method with conservative finite-differences schemes for modeling geological flows with strongly variable transport properties // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2003. 140. 293–318.
2. *Ranalli, G.*, Rheology of the Earth. // Chapman & Hall. 1995. London. 413 pp.

Докладчик: **Жуковец Виктор Николаевич**, н.с., аспирант,
zhukovec.viktor@physics.msu.ru, оффлайн-доклад

РЕГИСТРАЦИЯ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛЬДА ОЗЕРА БАЙКАЛ

Загорский Д. Л., Преснов Д.А.

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

В работе представлены результаты полевого геофизического эксперимента 2020 г. в ледовых условиях оз. Байкал по изучению особенностей волновых процессов в системе “литосфера-гидросфера-ледовый покров”. С использованием естественных и искусственных источников сейсмоакустических сигналов продемонстрирована возможность измерения сейсмических, акустических и ледовых колебаний широкополосными сейсмическими станциями, размещенными на поверхности льда. Задачей настоящей работы являлось обоснование возможности применения сейсмических станций, размещенных на поверхности льда для регистрации сейсмических сигналов, несущих в себе информацию о неоднородных структурах Земли [1, 2].

В результате выполнения экспедиционных исследований в районе пос. Бугульдейка Иркутской обл. получены новые экспериментальные данные, позволившие изучить особенности распространения сейсмических и акустических сигналов в условиях акватории, покрытой льдом. Установка сейсмометров на льду выполнялась на основе опыта предшествующих исследований [2]. Полученные результаты указывают на возможность измерения сигналов, имеющих сейсмическую природу на поверхности ледового покрова при помощи широкополосных сейсмических станций. При этом, с технической точки зрения, станции типа автономных буев являются наиболее удобными. В рамках работы исследуется возможность применения в ледовых условиях методов изучения глубинного строения Земли, основанных на анализе поверхностных сейсмических волн [4].

Список литературы:

1. Sobisevich A.L., Presnov D.A., Agafonov V.M., Sobisevich L.E. New-generation autonomous geohydroacoustic ice buoy // Seismic Instruments. 2018. V. 54. № 6. P. 677-681. 2018.
2. Собисевич А.Л., Преснов Д.А., Агафонов В.М., Собисевич Л.Е. Вмораживаемый автономный геогидроакустический буй нового поколения // Наука и технологические разработки. 2018. Т. 97. № 1. С. 25-34.
3. Преснов Д.А., Собисевич А.Л., Груздев П.Д., Игнатьев В.И., Коньков А.И., Мореев А.Ю., Тарасов А.В., Шувалов А.А., Шуруп А.С. Томографическая оценка параметров водоема при наличии ледового покрова с использованием сейсмоакустических излучателей // Акустический журнал. 2019. Т. 65. № 5. С. 688-698.
4. Presnov D.A., Sobisevich A.L., Shurup A.S. Model of the geoacoustic tomography based on surface-type waves // Physics of Wave Phenomena. 2016. V. 24. № 3. P. 249-254.

Докладчик: **Загорский Даниил Львович**, аспирант, ИФЗ РАН, daniil@ifz.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ МЕТОДОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ОБЪЕМНЫХ ВОЛН

Зыков А. А.

Лаборатория сильных землетрясений и сейсмометрии (305), ИФЗ РАН

Сейсмическое микрорайонирование является одним из главных разделов в прикладной сейсмологии. С годами его значение неизменно возрастает. Причинами этого является увеличение строительства крупных промышленных сооружений, повреждение и разрушение которых грозит экологической катастрофой: атомных электростанций, высотных плотин, химических заводов, могильников для захоронения радиоактивных отходов и др. Коммуникации, такие как: продуктопроводы, линий электропередач, железные дороги, становятся более конструктивно сложными и уязвимыми. В результате от техногенных воздействий происходит увеличение сейсмической опасности от возможных землетрясений. На урбанизированных территориях происходит изменение инженерно-геологических характеристик грунтов.

В результате описанных выше процессов происходит постоянное увеличение сейсмической опасности, городские территории становятся более уязвимыми для землетрясений.

При проведении сейсмического микрорайонирования под строительство особо ответственных объектов необходимо знать скоростную модель исследуемой площади, для корректного расчета спектров реакции грунта на сейсмическое воздействие. Для определения скорости поперечных волн обычно используют методы MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), либо МПВ (метод преломленных волн) с поперечной поляризацией источников и приемников.

Цель работы показать возможность комплексирования методов объемных и поверхностных волн в 2-ух поляризациях. При таком подходе предоставляется возможность получить более достоверную информацию не только об упругих модулях среды, но и качественно оценить плотностные характеристики разреза.

Список литературы:

1. Haskell, N.A., 1953. The dispersion of surface waves on multilayered media, Bull. seism. SOC. Am., 43, 17-34.
2. Thomson, W.T., 1950. Transmission of elastic waves through a strati fied solid medium, J. appl. Phys., 21, 89-93.
3. Gilbert, F. & Backus, G.E., 1966. Propagator matrices in elastic wave and vibration theory, Geophysics, 31, 326-332.
4. Кравцов Ю. А., Орлов Ю. И. Геометрическая оптика неоднородных сред. М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит, 1980. 304 с.
5. Luo, Y., and G. Schuster (1990), Parsimonious staggered grid finite-differencing of the wave equation, Geophysical Research Letters, 17(2), 155-158,.
6. Калинина А.В., Аммосов С. М. Изучение скоростных характеристик грунтов методом masw для задач сейсмического микрорайонирования. Вопросы инженерной сейсмологии. Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, т. 41, № 4, 2014, с 67-77.

Докладчик: **Зыков Андрей Александрович**, zyrokin@yandex.ru, оффлайн-доклад

ОПЕРАТИВНАЯ ПЕРЕДАЧА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ПРОТОКОЛУ MQTT

Иванов С.Д., Алешин И.М.

Лаборатория геоинформатики (501), ИФЗ РАН

В рамках работ по совершенствованию аппаратного обеспечения геомагнитных обсерваторий, проводимых лабораторией 501 совместно с Геофизическим центром РАН, был создан прототип системы регистрации геомагнитных данных с высоким временным разрешением. Данный прототип рассчитан на работу с трехосным магнитометром FGE и абсолютным магнитометром POS-1, собран на основе одноплатного компьютера Raspberri Pi, включает модуль АЦП Seisar-5 и предусматривает передачу результатов измерения в реальном времени [1].

В качестве протокола оперативной передачи данных, мы решили, помимо используемого в других наших разработках протокола SeedLink [2,3], использовать протокол MQTT [4]. Данный протокол активно используется для передачи данных различных измерений в системах Интернет вещей (IoT). Протокол реализован на основе шаблона издатель-подписчик (pub-sub). При этом и источник данных — издатель, и подписчик — их получатель, являются клиентами сервера — MQTT брокера, находящегося в центре данных. Доступны многочисленные свободные реализации, как брокеров, так и клиентских библиотек. Протокол предполагает свободный формат передаваемых сообщений. В качестве такого формата можно использовать, например, MiniSeed, один из популярных текстовых форматов (CSV, JSON, XML) или собственный формат данных ориентированный на решаемую задачу.

Было проведено сравнение протоколов SeedLink и MQTT для разных профилей использования. В целях тестирования в реальных условиях добавлена возможность доставки данных по протоколу MQTT в Центр агрегации данных ИФЗ РАН [5] и из Центра к пользователям.

Список литературы:

1. Алёшин И.М., Иванов С.Д., Корягин В.Н., Матвеев И.В., Передерин Ф.В., Соловьёв А.А., Холодков К.И. Регистрация и оперативная передача односекундных геомагнитных данных // Геофизические исследования. 2020. В печати.
2. Алешин И.М., Гетманов В. Г., Груднев А.А., Добровольский М.Н., Иванов С.Д., Корягин В.Н., Красноперов Р.И., Кудин Д.В., Передерин Ф.В., Соловьев А.А. и Холодков К.И. Компактное энергоэффективное устройство сбора и оперативной передачи геомагнитных данных // Научное приборостроение. 2018. Том 28. № 3. С. 05–13.
3. Передерин Ф.В., Алешин И.М., Холодков К.И., Бургучев С.С., Соловьёв А.А. Программная реализация удалённого управления процессами регистрации и оперативной передачи геомагнитных измерений // Сейсмические приборы. 2016. Т. 52. № 4. С. 76—82.
4. MQTT Version 5.0 OASIS Standard. URL: https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html
5. Ivanov S.D., Aleshin I.M., Koryagin V. N., Perederin F.V., Kholodkov K.I. Geophysical data aggregation center IPE RAS // CEUR Workshop Proceedings. 2019. Vol. 2527. P. 52–56.

Докладчик: **Иванов Станислав Дмитриевич**, к.т.н., с.н.с., f0ma@ifz.ru, онлайн-доклад

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Казначеев П.А.[1], Ушаков Д.А.[2], Попов И.Ю.[2]

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

[2] Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва

При электроразведочных изысканиях существенное влияние на результаты измерений может оказывать рельеф дневной поверхности [1]. При решении задач инженерных геологии важно построить геоэлектрический разрез с высокой точностью и разрешающей способностью, что невозможно без учета влияния рельефа.

Антропогенный рельеф по сравнению с естественным обладает более выраженной крутизной, резкостью переходов границ и плотностью элементов рельефа на единицу площади. Он связан со многими хозяйственными сооружениями: промышленными, гидротехническими, сооружениями городской инфраструктуры, горных выработок, добывающих карьеров и т.п. Гидротехнические сооружения – дамбы, плотины и др. – можно отнести к одним из крупнейших отдельных форм антропогенного рельефа.

В работе проанализировано, как простейшие формы рельефа, формируемые при гидротехническом строительстве, влияют на результаты инверсии данных электротомографии. В качестве базовых форм рассмотрены ров и вал треугольного сечения, расположенные в однородном полупространстве. Исходные электроразведочные данные (решение прямой задачи) получены путем численного моделирования методом конечных элементов, инверсия результатов (решение обратной задачи) произведена в широко используемых пакетах инверсии. Отметим, что решение прямой и обратно задачи получено независимыми способами в разных программах.

В результате работы было определено, что рельеф может приводить к появлению ложных локализованных аномалий вблизи характерных точек рельефа. Ложные аномалии по величине электропроводности могут отличаться от истинного значения в 1.2-1.5 раз, а благодаря форме и положению могут быть ошибочно интерпретированы как реально существующие типовые структуры геоэлектрического разреза [2].

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных - кандидатов наук и докторов наук № МК-2223.2020.5, а также при частичной поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00698 мол_а и в рамках гос. задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Mirgalikyzy T., Mukanova B., Modin I. Method of integral equations for the problem of electrical tomography in a medium with ground surface relief // Journal of Applied Mathematics. 2015. V. 2015. Art. ID 207021. P.1–10.
2. *Казначеев П.А., Попов И.Ю., Модин И.Н., Жостков Р.А.* Применение независимого конечноэлементного моделирования для оценки влияния простейших форм рельефа на результаты инверсии данных электротомографии (на примере рва треугольного сечения) // Наука и технологические разработки. 2019. Т. 98, № 1. С. 21–34.

Докладчик: **Казначеев Павел Александрович**, к.т.н., с.н.с., p_a_k@mail.ru, оффлайн-доклад

О ВЗАИМОСВЯЗИ ПАРАМЕТРОВ ОМОРИ И ГУТЕНБЕРГА–РИХТЕРА В АФТЕРШОКОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯХ

Карцева Т. И.[1, 2], Смирнов В. Б.[1, 2], Пономарев А. В.[2], Патонин А. В.[4], Bernard P.[3], Михайлов В. О.[1, 2], Потанина М. Г.[1, 2]

[1]*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Физический факультет, Москва, Россия*
[2]*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия*
[3]*Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France*
[4]*Геофизическая обсерватория "Борок", ИФЗ РАН, п. Борок, Россия*

Проведено исследование вопроса о связи двух показателей самоподобия – параметров Гутенберга–Рихтера *b* и Омори *p* – в афтершоковых последовательностях. В лабораторных экспериментах, при инициации разрушения в горных породах под воздействием резких скачков осевого напряжения обнаружена корреляционная связь *p* и *b* в сходных с афтершоками релаксационных режимах разрушения. Корреляция для обводненных образцов песчаника с предварительно сформированными разломами оказалась отрицательной и выражена ярко. Для "сухих" образцов мигматита и бетона корреляция оказалась положительной, но статистическая значимость ее ниже, чем для обводненных образцов. Анализ литературных данных свидетельствует о разнородности результатов выявления связи параметров *p* и *b* в натурных афтершоковых последовательностях. Одни авторы делают вывод о наличии связи параметров, причем отмечается как корреляция, так и антикорреляция. Другие приводят данные об отсутствии корреляции. Проведенное нами исследование натурных афтершоков по данным региональных каталогов землетрясений показало, что статистические оценки параметров Гутенберга–Рихтера и Омори весьма чувствительны к качеству и однородности исходных данных. Были выделены основные факторы, влияющие на качество оценки этих параметров, и выработана методика отбора каталогов афтершоков для предметного анализа. Результаты статистических оценок параметров Гутенберга–Рихтера и Омори в афтершоковых процессах в регионах с различными типами тектонических режимов – в зонах субдукции и в областях сдвиговых трансформных разломов – показало, что в зонах субдукции взаимосвязь этих параметров может быть как положительной, так и отрицательной. В зонах сдвиговых трансформных разломов связь параметров не выявлена. Обобщена высказанная К. Шольцем идея объяснения закона Омори суперпозицией процессов релаксации с различными временами. Согласно этой обобщенной модели, различный знак корреляции показателей самоподобия афтершоковых процессов соответствует различным механизмам релаксации, с различными типами зависимости времени релаксации от " размера" релаксатора. Вопрос о реализации тех или иных механизмов в афтершоковых процессах остается в настоящее время открытым. Обнаруженная в проведенных лабораторных и натурных исследованиях связь параметров Омори и Гутенберга–Рихтера (корреляция, антикорреляция и отсутствие корреляции), возможно, свидетельствуют о реализации разных механизмов релаксации в тех или иных условиях.

Докладчик: **Карцева Татьяна Игоревна**, м.н.с. лаборатории 301, ti.kartceva@physics.msu.ru, онлайн-доклад

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ НА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ «БОРОК»

Климанова Е. В., Анисимов С. В., Галиченко С. В., Афиногенов К. В.

Лаборатория геофизического мониторинга, ГО «Борок» ИФЗ РАН

Длительные репрезентативные измерения объемной активности (ОА) радона позволяют исследовать физические механизмы эсхаляции радиоактивных газов, характеризовать их атмосферный перенос и пространственно-временную вариабельность концентраций соответствующих дочерних продуктов, а также оценивать интенсивность гамма-излучения естественных радионуклидов, интенсивность образования в воздухе ионных пар и суммарную поглощенную дозу радиации [1, 2]. Вследствие ионизации атмосферы формируется электрическая проводимость, обеспечивая функционирование глобальной электрической цепи (ГЭЦ), связывающей через проводящие земную поверхность и ионосферу области действия атмосферных генераторов с невозмущенными нагрузочными областями атмосферы в планетарный токовый контур.

Для исследования вариаций ОА радона наблюдения проводились на протяжении 2 лет с 2018 г. по 2019 г. В летние периоды также осуществлялась регистрация ОА радона с помощью привязного аэростата и специальной платформы, позволяющих проводить высотные измерения до высоты 500 м [3, 4]. Рассмотрены сезонные и суточные вариации ОА радона. Анализируется влияние метеорологических факторов и турбулентности. На основе анализа высотных профилей выполнена оценка средней скорости эсхаляции радона.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант №16-17-10209 (аэростатные наблюдения и численное моделирование), Российского фонда фундаментальных исследований, грант №18-05-00233 (полевые натурные наблюдения) и государственного задания ГО «Борок» ИФЗ РАН, проект 0144-2014-00155 (обсерваторские наблюдения).

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) // Atm. Env. 2018. V. 176. P. 30–39.
2. *Galmarini S.* One year of 222Rn concentration in the atmospheric surface layer // Atm. Chem. and Phys. 2006. V. 6(10). P. 2865–2886.
3. *Anisimov S.V., Galichenko S.V., Aphinogenov K.V., Guriev A.V., Kozmina A.S. Prokhorchuk A.A, Klimanova E.V.* Electricity of mid-latitude atmospheric boundary layer above land: results of observations and numerical modeling // Turbulence, Atmosphere and Climate Dynamics. Febr. 2019. 231(1):012007.
4. *Анисимов С.В., Галиченко С.В., Афиногенов К.В., Мареев Е.А., Шлюгаев Ю.В., Прохорчук А.А., Гурьев А.В., Микрюков П.А.* Электрическое состояние приземной атмосферы по результатам аэростатных наблюдений // Доклады Академии наук. 2018. Т. 481. № 2. С. 197 – 202.

Докладчик: **Климанова Екатерина Вадимовна**, м.н.с., klimanova@borok.yar.ru,
онлайн-доклад

ОЦЕНКА СУТОЧНОГО ХОДА ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИЗЕМНОГО ТОРОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ АЭРОФИЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Козьмина А.С., Дмитриев Э.М.

Лаборатория геофизического мониторинга (ОБ-3), ГО «Борок» ИФЗ РАН

Определяющее воздействие на суточную динамику ионизационных процессов и электрического состояния приземной атмосферы оказывают вариации объемной активности (ОА) изотопов радона ^{222}Rn и ^{220}Rn (торон). Суточная вариация ОА долгоживущего ^{222}Rn в приземной атмосфере изучена достаточно хорошо [1]. В то же время, по результатам прямых радиометрических наблюдений могут быть надежно оценены только средние значения ОА ^{220}Rn [2]. Цель данной работы — оценка суточного хода ОА приземного ^{220}Rn с помощью математической модели его распространения в приземной атмосфере с использованием результатов наземных аэрофизических наблюдений и значения плотности потока ^{220}Rn с земной поверхности.

Распространение ^{220}Rn в приземной атмосфере описывалось уравнением турбулентной диффузии (ТД). Зависимость коэффициента ТД от высоты аппроксимировалась степенной функцией. Наблюдения проводились на измерительном полигоне ГО «Борок» ИФЗ РАН в июне – июле 2016 г. Значения коэффициента ТД рассчитывались программным обеспечением двух метеокомплексов «Метео-2» [3], установленных на высотах 2 м и 10 м. Для дней «хорошей погоды» (ветер менее 3 м/с, отсутствие осадков, малая облачность) по результатам измерений были построены суточные хода параметров аппроксимации зависимости коэффициента ТД от высоты. Плотность потока ^{220}Rn с земной поверхности оценивалась с использованием данных радиометрических наблюдений [2, 4]. По результатам численного моделирования получены типичные для дней «хорошей погоды» суточные вариации высотного профиля ОА ^{220}Rn в приземной атмосфере.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-00233.

Список литературы:

1. *Anisimov S.V., Dmitriev E.M., Aphinogenov K.V., Guriev A.V., Kozmina A.S.* Variability of radon distribution in the atmospheric surface layer over the land of middle latitudes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 231. DOI: 10.1088/1755-1315/231/1/012006.
2. *Анисимов С.В., Дмитриев Э.М., Козьмина А.С.* Фоновая объемная активность радона и торона в почве и приземной атмосфере по наблюдениям сейсмической радоновой станции // Сейсмические приборы. 2019. Т. 55. № 4. С. 5–16. DOI: 10.21455/si2019.4-1.
3. *Гладких В.А., Макиенко А.Э.* Цифровая ультразвуковая метеостанция // Приборы. 2009. № 7. С. 21–25.
4. *Козьмина А.С., Анисимов С.В., Дмитриев Э.М., Афиногенов К.В., Гурьев А.В*. Оценка плотности потока торона с поверхности земли по данным наземных радиометрических и аэрофизических измерений // Глобальная электрическая цепь: материалы четвертой Всероссийской конференции - Ярославль: Филигрань, 2019. С. 57–58.

Докладчик: **Козьмина Алина Сергеевна**, м.н.с., alina@borok.yar.ru, онлайн-доклад

О ВОЗМОЖНОСТИ УТОЧНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ПРОЛИВА ВЕЛИКАЯ САЛМА (БЕЛОЕ МОРЕ)

Королева А.О.

Лаборатория сейсмической опасности (302), ИФЗ РАН

Много лет в районе Кандалакшского залива Белого моря уже ведутся геофизические исследования по изучению геологического разреза. За последние годы по результатам интерпретации данных сейсмоакустических исследований, полученных в проливе Великая Салма, были построены структурные карты по всем горизонтам, карты изохрон, изопахит, карты батиметрии и разрывной тектоники. Также по результатам предыдущих сейсмоакустических исследований в рассматриваемом районе был построен обобщенный сейсмостратиграфический разрез района исследований [1].

В работе автора [2] было проведено сопоставление современных геофизических и геолого-геоморфологических данных в проливе Великая Салма и выделены три основные системы, прослеживающиеся на суше и на дне: СЗ (основная структура - Кандалакшский грабен); ЗСЗ (основная структура - грабен пролива Великая Салма); ВСВ (основная структура - грабен губы Чупа). На данный момент, помимо разрывных нарушений, автором также проинтерпретированы и другие геологические опасности, присущие району исследований, а именно газонасыщенные отложения и гравитационные процессы. После сопоставления их с картой разрывной тектоники и картой морфолинеаментов, выделенных по цифровой модели рельефа, картам и космическим снимкам, была составлена общая карта геологических опасностей пролива Великая Салма.

Сейсмоакустические исследования, несомненно, являются передовыми и, бесспорно, глубоко информативными в изучении строения геологического разреза. Однако, недостаточная изученность данного района нуждается в уточнении геологического разреза и получении более точной информации о его геоморфологии и тектонике. Данные задачи решаются методом бурения параметрических скважин. Основными задачами такого бурения являются: уточнение данных о стратиграфическом расчленении разреза, определение геологического возраста вскрытых пород, их литологического состава, толщин отдельных стратиграфических комплексов, а также создание районного опорного геолого-геофизического разреза.

При заложении параметрической скважины необходимо учитывать расположение разрывных нарушений, построенных на схеме разрывной тектоники, а также расположение других геологических опасностей. Так как западная часть пролива Великая Салма имеет минимальное количество обнаруженных и выделенных геологических опасностей, вероятно именно этот участок может быть удачным для заложения параметрической скважины.

Список литературы:

1. *Старовойтов А.В., Токарев М.Ю., Терехина Я.Е., Козупица Н.А.* Строение осадочного чехла Кандалакшского залива Белого моря по данным сейсмоакустики. Вестник Московского университета. С 4: Геология. 2018. № 2. С. 81-92.
2. *Королева А. О., Шварев С. В., Никонов А. А.* Применение геолого-геоморфологических и геофизических методов в изучении Кандалакшского грабена // Геология морей и океанов: Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. М.: ИОРАН, 2019. Т. 3. С. 147-151.

Докладчик: **Королева Александра Олеговна**, н.с., kao@ifz.ru, оффлайн-доклад

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ СВЕРХВЯЗКИХ НЕФТЕЙ (ЮГО-ВОСТОК ТАТАРСТАНА)

Кузьмин Д. К.

Лаборатория современной и прикладной геодинамики (201), ИФЗ РАН

Аномальные деформации земной поверхности, обусловленные разработкой месторождений нефти и газа происходят повсеместно, как в сейсмоактивных, так и в асейсмичных регионах [1]. Основные формы этих аномалий – обширные просадки территории месторождений, и деформации разломных зон [2]. В ряде случаев эти процессы достигают пороговых значений, регламентированных правилами промышленной безопасности [3, 4, 5, 6]. Для безопасного функционирования объектов нефтегазового комплекса, включая шельфовые месторождения [7, 8] организуются геодинамические полигоны различной конфигурации и состава методов [3].

В докладе рассматриваются результаты моделирования деформаций земной поверхности на месторождении высоковязких нефтей, полученные по данным многократного высокоточного нивелирования по системе профилей, пересекающих месторождение. Использовалась модель деформированного пласта [2, 5], которая была ранее успешно апробирована на ряде нефтегазовых объектов [4, 6]. Разработана система аналитических оценок, адаптированная для технологии паро-гравитационного дренажа, которая позволяет оценивать уровень изменения напряженно-деформированного состояния разрабатываемого пласта с течением времени.

Список литературы:

1. *Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О.* Пространственно-временные характеристики современной динамики геофизической среды сейсмоактивных и асейсмичных областей // В кн. «Дискретные свойства геофизической среды». М: Наука. 1989. С. 33 – 46.
2. *Кузьмин Ю.О.* Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная разработкой месторождений нефти и газа // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. Вып.2. М.: ГЕОС. 2002. С. 418 – 427.
3. *Кузьмин Ю. О.* Современная геодинамика: от движений земной коры до мониторинга ответственных объектов // Физика Земли. 2019. № 1. С. 78 – 103.
4. *Кузьмин Ю.О.* Индуцированные деформации разломных зон // Физика Земли. 2019. №5. С. 61-75.
5. *Абрамян Г.О., Кузьмин Д.К.* Моделирование градиентов смещений земной поверхности на разрабатываемых месторождениях нефти и газа. // Маркшейдерский вестник. 2019. № 5. С. 56 – 62.
6. *Кузьмин Д.К.* Сопоставление моделей деформационной активности раздвиговых разломов с результатами геодинамического мониторинга объектов нефтегазового комплекса // Проблемы недропользования. 2019. №4. С. 18 – 27.
7. *Kuzmin Yu.O., et al.* Analysis of the results of deformation monitoring by the inclinometer system at the Vladimir Filanovsky field // Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics. 2019. Т. 55. № 11. pp. 1659-1666.
8. *Kuzmin Yu.O., et al.* Inclinometric observations at the Korchagin deposit // Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics. 2018. Т. 54. № 8. pp. 932-940.

Докладчик: **Кузьмин Дмитрий Кузьмич**, м. н. с., dimak1292@mail.ru, онлайн-доклад

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ЛЁССОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ПЕПЛА В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КОСТРАХ: ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАЛЕОКОСТРИЩ

Кулакова Е.П.[1], Дедов И.Е.[2], Курбанов Р.Н.[3]

[1]Лаборатория главного геомагнитного поля и петромагнетизма (105), ИФЗ РАН

[2]Новосибирский государственный университет, Новосибирск

[3]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

Использование огня является ключевым фактором в эволюции человечества и важным археологическим источником информации об адаптационных стратегиях и быте древнего человека. В последние десятилетия в полевой практике археологических исследований все чаще применяют геофизические (магнитные) методы поиска древних кострищ [1], основанные на факте, что нагрев увеличивает магнитную восприимчивость почв [2]. Однако для корректного проведения магнитной съемки на разнообразных по литологии археологических стоянках и в связи со стремлением исследователей установить детальные параметры кострищ (размер, палеотемпературы, тип топлива и пр.), возникает интерес в экспериментальном моделировании костров на определенном субстрате с последующим петромагнитным изучением образцов.

Нами было впервые проведено экспериментальное моделирование костров на лёссовом субстрате с использованием 4 различных типов топлива. Для каждого костра были изучены образцы исходного лёссового субстрата, обожженного лёсса из центральной части непосредственно под костром и образцы пепла.

Результаты эксперимента показали, что и пепел, и термически измененный лёсс обладают повышенными по сравнению с необожженным лёссом значениями петромагнитных параметров, таких как магнитная восприимчивость, остаточная намагниченность насыщения (SIRM) и идеальная остаточная намагниченность (ARM). Высокие значения этих параметров для пеплов обусловлены большими концентрациями ультратонких частиц магнетита в SP и SP/SD доменном состоянии. При этом образцы пепла, полученные при использовании различных типов топлива, не показывают значительных различий в магнитных свойствах между собой. Повышение величин петромагнитных параметров для обожженных лёссов происходит благодаря последовательным трансформациям Fe-содержащих минералов при возрастании воздействующей температуры и образованию сильных магнитных фаз из немагнитных или слабомагнитных. В лёссовом субстрате происходят следующие переходы магнитных минералов при возрастании температуры: преобразование силикатов и гидроксидов железа (лепидокрокит, гетит) в оксиды железа (маггемит, гематит), переход педогенного маггемита в гематит, восстановление гематита в магнетит. Последовательные трансформации делают лёссовые отложения перспективными для определения палеотемператур кострищ.

Список литературы:

1. *Смекалова Т.Н., Восс О., Мельников А.В.* Магнитная разведка в археологии. 12 лет применения Оверхаузеровского градиентометра GSM-19WG. СПбГУ, 2007. С.74.
2. *Le Borgne E.* Susceptibilitee magnetique anomale du sol superficiel // Annale Geophysics. 1955. V. 11. P. 399–419.

Докладчик: **Кулакова Екатерина Петровна**, н.с., ek.kula@yandex.ru, онлайн-доклад

НОВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ОХОТСКО-ЧУКОТСКОМУ ВУЛКАНИЧЕСКОМУ ПОЯСУ

Лебедев И.Е.[1,2], Пасенко А.М. [1], Бобровникова Е.М. [1,2]

[1]Лаборатория лавного геомагнитного поля и петромагнетизма (105), ИФЗ РАН

[2]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

Меловой Охотско-Чукотский вулканический пояс (ОЧВП) представляет собой одну из крупнейших на планете провинций окраинно-континентального магматизма. Изученные разрезы ОЧВП представлены в подавляющем большинстве лавами основного и среднего состава, гораздо реже встречались туфы, игнимбриты и другие вулканогенно-осадочные породы. Возраст данных разрезов опирается на результаты U-Pb и $^{40}Ar/^{39}Ar$ датирования [2,7], что позволяет оценить возраст пород как ~85 млн. лет.

По полученным новым данным был рассчитан палеомагнитный полюс для Чукотской части ОЧВП. Изученные нами разрезы имеют схожий возраст с представленными в работе [6], поэтому мы можем вычислить средний палеомагнитный полюс для ОЧВП для данного времени: Plat=69.3˚, Plat=180.7˚. Соответствующая данному полюсу палеоширота района исследований отличается от ожидаемой при сравнении с таковой, рассчитанной для Чукотки с использованием данных [4]. Палеоширотное смещение условной средней точки Чукотки относительно Евразии за это время составляет 9.4±5.8˚, относительно Северной Америки - 6.1±5.8˚, что отвечает линейному смещению от 30 до 1700 км за последние 85 млн. лет. Однако эти результаты противоречат большинству существующих геологических данных [3]. Существует несколько работ, в которых указываются более молодые смещения в Верхоянском складчатом поясе [1] или по диффузной современной границе Евроазиатской и Северо-Американской плит [5]. Однако указанные причины столь значительного смещения Чукотского сегмента ОЧВП относительно Евразии кажутся недостаточно убедительными, поэтому этот вопрос остаётся в значительной степени нерешённым.

Работа выполнена в рамках реализации проекта РНФ № 19-47-04110.

Список литературы:

1. *Малышев С.В., Худолей А.К., Гласмахер У.А., Казакова Г.Г., Калинин М.А.* Определение этапов формирования юго-западной части Верхоянского складчато-надвигового пояса по данным трекового датирования апатита и циркона // Геотектоника. 2018. № 6. С. 55-68.
2. *Сахно В.Г., Полин В.Ф., Акинин В.В., Аленичева А.А., Тихомиров П.Л., Молл-Столкап Э.Дж.* Разновременность формирования Амгуэмо-Канчаланского и Энмываамскго вулканических полей ОЧВП по данным изотопного датирования // Доклады РАН. Сер. геол. 2010. Т. 434. № 3. С. 365–371.
3. *Соколов С.Д.* Очерки тектоники Северо-Востока Азии // Геотектоника. 2010. № 6. С. 60–78.
4. *Besse J., Courtillot V.* Correction to ``Apparent and true polar wander and the geometry of the geomagnetic field over the last 200 Myr" // Journal of Geophysical Research. 2003. V. 108.
5. *Gaina C., Roest W.R., Muller R.D.* Late Cretaceous Cenozoic deformation of northeast Asia // Earth and Planetary Science Letters, 197 (2002), 273-286.
6. *Stone D.B., Layer P.W., Raikevich M.I.* Age and paleomagnetism of the Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt (OCVB) near Lake El'gygytgyn, Chukotka, Russia // Stephan Mueller Spec. Publ. Ser. 4. 2009. P. 243–260.
7. *Tikhomirov P.L., Kalinina E.A., Moriguti T., Makishima A., Kobayashi K., Cherepanova I.Yu. and Nakamura E.* The Cretaceous Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt (NE Russia): geology, geochronology, magma output rates, and implications on the genesis of silicic LIPs // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2012. Vol. 221–222. P. 14–32

Докладчик: **Лебедев Иван Евгеньевич**, вед. инж., lebedev232@ya.ru, онлайн-доклад.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ОДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Леонова А.М., Фокин И.В., Гизатуллин Д.М., Егоров Н.А.

Центр петрофизических и геомеханических исследований, ИФЗ РАН

На территории Западной Сибири расположен объект, на котором необходимо было решить некоторые задачи геомеханики, в том числе и такую, как расчет устойчивости ствола скважины в целях дальнейшей оптимизации бурового процесса.

Для решения поставленной задачи, необходимо было определить статические и динамические параметры, такие как модуль Юнга, коэффициент Пуассона, пределы упругости и прочности, коэффициент Био, скорости продольных и поперечных волн.

Динамические модули были рассчитаны из скоростей продольных и поперечных волн, которые возбуждаются пьезопреобразователями на верхнем торце образца и регистрируются приемником на нижнем. Статические модули были определены с помощью многостадийного теста, рассчитан критерий разрушения для нескольких группы образцов.

Коэффициент Био является свойством только твердого тела и пористой структуры и не зависит от свойств флюида [1]. Он был определен с помощью испытания, проведенного на сервогидравлической установке GCTS RTR4500, для образцов из разных глубинных интервалов.

По данным в ходе испытания рассчитываются сжимаемость зерен породы на стадии компенсированного сжатия и объемной сжимаемости породы на стадии некомпенсированного сжатия. Коэффициент Био пересчитывается по полученным параметрам.

Для всех групп образцов были рассмотрены статические и динамические модули, коэффициент Био, прочностные свойства. При построении корреляционных зависимостей характеристик для разных интервалов глубин были продемонстрированы попарные связи некоторых их этих параметров. Была показана возможность реконструкции статических упругих модулей по динамическим; прочностных свойств по статическим модулям; коэффициента Био по упругим модулям.

В дальнейшем, полученные результаты будут использованы для построения модели механических свойств пород околоскважинной зоны при решении прикладных задач геомеханики на исследуемом объекте.

Список литературы:

1. *Cheng A.H.D., Abousleiman Y.N., Roegiers J.C.* Review of Some Poroelastic Effects in Rock Mechanics // Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. 1993. V. 30. P. 1119-1126.
2. *Bradford I.D.R., Fuller J., Thompson P.J., Walsgrove T.R.* Benefits of Assessing the Solids Production Risk in a North Sea Reservoir using Elastoplastic Modelling // Proceedings of SPE/ISRM Rock Mechanics in Petroleum Engineering, paper SPE-47360-MS. 1998. P. 1-9.
3. *Klimentos T.* NMR Applications In Petroleum Related Rock-Mechanics: Sand Control, Hydraulic Fracturing, Wellbore Stability // Proceedings of SPWLA 44th Annual Logging Symposium, paper SPWLA-2003-HHH. 2003. P. 1-12.

Докладчик: **Леонова Анастасия Михайловна**, инженер ЦПГИ, lam@ifz.ru, оффлайн-доклад

РАСПОЗНАВАНИЕ РУДОНОСНЫХ МОРФОСТРУКТУРНЫХ УЗЛОВ В АЛТАЙСКО-САЯНСКОМ РЕГИОНЕ

Горшков А.И.[1], Новикова О.В.[1], Ливинский А.И[1,2]

[1]*Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва*

[2]*Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, г. Москва*

В работе с помощью математических методов распознавания образов предпринята попытка определить геолого-геофизические особенности морфоструктурных узлов, контролирующих локализацию крупных рудных месторождений в Алтайско-Саянском регионе. Задача решается математическими методами распознавания образов на основе установленной ранее связи месторождений металлов с узлами пересечения морфоструктурных линеаментов в горных поясах Средиземноморья (Горшков др., 2004, 2006). В этих работах использовалась информация о месторождениях металлов, представленная на металлогенических картах, которые в разных странах составлены по различным принципам и характеристики месторождений на этих картах не унифицированы. К настоящему времени созданы электронные базы данных месторождений мира, использование которых позволяет на новом качественном уровне исследовать корреляцию рудных месторождений с узлами пересечения линеаментов. В работе использована созданная под руководством Д.В.Рундквиста в ГГМ РАН им. В.И.Вернадского электронная база данных крупных и суперкрупных месторождений мира (Рундквист и др., 2004).

Исследование включало два этапа. Сначала было проанализировано положение крупных месторождений металлов в линеаментно-блоковой структуре изучаемого региона, которая определена в результате морфоструктурного районирования, выполненного с использованием геологических, геоморфологических данных и материалов дистанционного зондирования Земли. Установлена связь крупных и суперкрупных месторождений металлов Алтайско-Саянского региона с узлами пересечения линеаментов. На втором этапе с помощью алгоритма распознавания образов КОРА-3 (Гельфанд и др., 1976) определены характерные геолого-геофизические и геоморфологические признаки узлов, в которых локализованы крупные месторождения металлов. Обучение алгоритма КОРА-3 было проведено по двум выборкам. Выборку Р (рудоносные узлы) составляли узлы, в которых известны месторождения металлов рассматриваемых размеров. В выборку НР (нерудоносные узлы) включались узлы, в которых в настоящее время месторождения рассматриваемых типов и размеров не известны. Характерные признаки узлов классов Р и НР определены алгоритмом КОРА-3 в результате анализа обучающих выборок. Потенциально рудоносные узлы определены на основе этих признаков. В результате проведенного распознавания узлы, в которых известны месторождения рассмотренных типов и размеров были классифицированы как Р и определено семь узлов, которые по своим признакам схожи с рудоносными узлами и могут рассматриваться как потенциально рудоносные.

Работы выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 20-05-00171 А; 18-55-45004 ИНД_а.

Список литературы.

1. Гельфанд И.М., Губерман Ш.А., Кейлис-Борок В.И., Кнопоф Л., Пресс Ф., Ранцман Е.Я., Ротвайн И.М., Садовский А.М. Условия возникновения сильных землетрясений (Калифорния и некоторые другие регионы) // Исследование сейсмичности и моделей Земли. М.:Наука. 1976. С. 3-91.

Докладчик: **Ливинский Артем Игоревич**, м.н.с, artem@mitp.ru, оффлайн-доклад

2. Горшков А.И., Соловьев А.А. Определение характеристик рудоносных узлов методами распознавания образов // Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. М.: ИГЕМ РАН, 2004. С.381-390
3. Горшков А.И., Соловьев А.А. (2006). Распознавание облика рудных месторождений в поясе Тетис. В кн.: Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. В трех томах. Том.1. Глобальные закономерности размещения (ред. Д.В.Рундквист). М.: ИГЕМ РАН. С.361-374.
4. Рундквист Д.В., Ткачев А.В., Черкасов С.В., Гатинский Ю.Г., Вишневская Н.А. База данных и металлогеническая карта крупных и суперкрупных месторождений мира: принципы составления и предварительный анализ результатов // Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. М.: ИГЕМ РАН, 2004. С.391-422.

Докладчик: **Ливинский Артем Игоревич**, м.н.с, artem@mitp.ru, оффлайн-доклад

ГИС-ОРИЕНТИРОВАННАЯ БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НИЖНЕ-КАНСКОГО МАССИВА

***Лосев И.В.*[1,2]**

[1] *Лаборатория геодинамики, Геофизический центр РАН*

[2] *Горный институт НИТУ «МИСиС», кафедра «Геология и маркшейдерское дело»*

В докладе представлены результаты работы по созданию специализированной базы данных по Нижне-Канскому массиву (Красноярский край). В гранитогнейсовых породах Нижне-Канского массива в 2019 г. началось выполнение уникального проекта – строительство подземной исследовательской лаборатории для оценки безопасности захоронения высокоактивных радиоактивных отходов (РАО) [1]. В связи с этим была создана специализированная база данных на основе ПО ESRI ArcGIS.

На ее основе были систематизированы геопространственные данные многодисциплинарных исследований, включая оригинальные результаты ГНСС-наблюдений и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [2, 3]. Собраны и переведены в форматы, поддерживаемые современными, ГИС, множество растровых и точечных данных. В настоящее время ГИС-ориентированная база данных содержит 12 тематических информационных слоев. Вся информация разделена на 3 категории: 1) данные, полученные из открытых источников (карты, космические снимки, отчеты, статьи, публикации и т.д.); 2) данные, которые были получены нами путем прямых измерений, включая ГНСС-данные; 3) данные - как результат системного анализа, геолого-геофизической интерпретации и математического моделирования.

В базе данных реализована возможность построения математических моделей и представления результатов исследований в виде тематических карт, отражающих результаты многовариантной оценки опасности дестабилизации геологической среды под воздействием геодинамических процессов, а также проводить ранжирование структурных тектонических блоков по интегральной мере устойчивости [4].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №18-17-00241)

Список литературы:

1. *Дорофеев А. Н., Большов Л. А., Линге И. И., Уткин С. С., Савельева Е. А.* Стратегический мастер-план исследований в обоснование безопасности сооружения, эксплуатации и закрытия пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. 2017. № 1. с. 32-41.
2. *Гвишиани А.Д., Кафтан В.И., Красноперов Р.И., Татаринов В.Н.* Геоинформатика и системный анализ в геофизике и геодинамике // Физика Земли. №1. С. 42-60. 2019. DOI: https://doi.org/10.31857/S0002-33372019142-60.
3. *Кафтан В.И., Гвишиани А.Д. Морозов В.Н., Татаринов В.Н.*. Методика и результаты определения движений и деформаций земной коры по данным ГНСС на геодинамическом полигоне в районе захоронения радиоактивных отходов // Современные проблемы дистанционного зондирования из космоса. №1. С.83-94. 2019. С. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-83-94.
4. *Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р.* Исследование систем действительных функций на двумерных сетках с использованием нечетких множеств // Чебышевский сборник. Том 20, № 1. 2019. С. 94-111. DOI: https://doi.org/10.22405/2226-8383-2019-20-

Докладчик: **Лосев Илья Владимирович**, аспирант, м.н.с., locik@mail.ru, оффлайн-доклад

ОЦЕНКА ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОСФЕРЫ ПО ДВУХЧАСТОТНЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ ГНСС

Лукьянов Д.С. [1,2]

[1]*Московский Государственный Университет Геодезии и Картографии (МИИГАиК),*

[2] *Научно-Технический Университет «Сириус», Сочи*

Одной из задач систем ГНСС является оценка состояния ионосферы, а именно определение полного электронного содержания (TEC, Totalelectroncontent). Как известно, ионосфера является диспергирующей средой, а значит на электромагнитные волны в разных частотных диапазонах она будет влиять по-разному [1]. Этот эффект позволяет провести оценку электронного содержания в ионосфере при помощи двухчастотных измерений.

Используя комбинацию двухчастотных измерений, составляют узколинейную комбинацию псевдодальности и широколинейную комбинацию несущей фазы. После чего проводят проверку потери счета цикла, основанную на комбинации Мельбурна-Вюббена, для определения момента потери захвата сигнала и прогнозирования поведения кодовых измерений. Затем проводят сглаживание псевдодальности при помощи фазы несущей, поскольку искажения фазовых измерений в несколько порядков меньше, чем кодовых измерений. На основе сглаженных кодовых измерений определяют наклонное значение TEC (STEC). После чего при помощи картирующей функции определяют вертикальное значение TEC (VTEC), которое является более универсальным параметром оценки ионосферы [2].

$$VTEC = MF(z)STEC$$

где: MF(z) – модифицированная однослойная картирующая функция.

Перед вычисление числа VTEC должны быть известны положения спутников в пространстве и определены подспутниковые точки прохождения ионосферы (IPP). Для этого необходимо знать координаты приемника, а также координаты спутников, которые определяют в зависимости от выбранной дискретности измерений.

По данному принципу была написана расчетная программа, которая на основе спутниковых измерений определяет значение TEC и позволяет составить картограмму, отображающую распределение значений TEC при возможных положениях спутников. На основе данных получены картограммы для двух приемников, расположенных в Швейцарии. Результаты могут использоваться при определении ионосферной задержки, построении ионосферной модели, вычислении псевдодальности и т.д.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-51014

Список литературы:

1. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]. В 2 т. Т. 1. Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». –М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. –334 с.: ил.
2. Jin, R., Jin, S. & Feng, G. M_DCB: Matlab code for estimating GNSS satellite and receiver differential code biases. *GPS Solut* 16, 541–548 (2012). https://doi.org/10.1007/s10291-012-0279-3

Докладчик: **Лукьянов Дмитрий Сергеевич**, магистр, ffd4088645@gmail.com, онлайн-доклад

KNN-АНАЛИЗ КОРЫ ФЕННОСКАНДИИ ПО ДАННЫМ ИНВЕРСИИ ПРИЁМНЫХ ФУНКЦИЙ

Малыгин И. В., Алешин И.М.

Лаборатория геоинформатики (501), ИФЗ РАН

Проведен анализ строения коры северной части Балтийского щита. Основу исследования составляют данные, полученные методом приёмных функций [1]. В работе были использованы сведения, полученные в предыдущих исследованиях этого региона, дополненные новыми расчётами и измерениями.

Исходные данные представляют собой набор зависимостей сейсмической скорости от глубины, рассчитанных для более чем 60 постоянных и временно действующих станций. Для построения пространственных распределений интересующих характеристик применены методы, развитые в теории машинного обучения. Использованный алгоритм k ближайших соседей является одним из самых простых, но в то же время эффективным методом.

Был выполнен расчёт пространственного распределения толщины земной коры в Фенноскандии и смежных регионах. В качестве толщины коры используется расстояние от поверхности до границы Мохоровичича. Показано наличие областей, в которых присутствует слой с низкими значениями скорости поперечных сейсмических волн V_S.

Полученные результаты являются продолжением и обобщением предыдущих исследований [2]. Выполнена совместная интерпретация результатов прежних исследований, дополненных данными для нескольких новых станций, с использованием современного математического аппарата. Приведённый анализ сейсмических данных показал эффективность методов машинного обучения для их анализа и обобщения. Достоинства такого подхода связаны с универсальностью применяемых методов. Особенно ярко преимущества некоторых алгоритмов теории машинного обучения проявляются в условиях дефицита данных, типичных для многих геофизических исследований.

Список литературы:

1. Kozlovskaya E., Kosarev G.L., Aleshin I.M., Riznichenko O.Yu., Sanina I.A. Structure and composition of the crust and upper mantle of the Archean-Proterozoic boundary in the Fennoscandian shield obtained by joint inversion of receiver function and surface wave phase velocity of recording of the SVEKALAPKO array // Geophysical Journal International. 2008. V. 175, №1. P. 135–152.
2. Алёшин И.М., Ваганова Н.В., Косарев Г.Л., Малыгин И.В. Свойства коры Фенноскандии по результатам knn-анализа инверсии приёмных функций // Геофизические исследования. — 2019. — Т. 20, № 4. — С. 25–39.

Докладчик: **Малыгин Иван Вячеславович**, инженер, ИФЗ РАН, malygin.iv@gmail.com, онлайн-доклад

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ НИЖНЕ-КАНСКОГО МАССИВА ПО ДАННЫМ ГНСС-НАБЛЮДЕНИЙ

***Маневич А.И.*[1,2]**

[1] *Лаборатория геодинамики, Геофизический центр РАН*

[2] *Кафедра «Безопасность и экология горного производства», Горный институт НИТУ «МИСиС»*

В 2018 году в Красноярском крае начато строительство первого и единственного на территории стран СНГ пункта глубинного захоронения РАО в породах Нижне-Канского массива. В связи с этим в южной части Енисейского кряжа был организован геодинамический полигон для изучения современных движений земной коры в районе размещения пункта глубинного захоронения РАО.

Цель настоящего исследования – определение векторов и моделирование поля горизонтальных современных движений земной коры по результатам измерений, выполненных в 2010 – 2019 годы [1 - 2]. В задачи работы входило: создание каталога данных смещений; расчет и оценка горизонтальных скоростей современных движений земной коры, моделирование поля горизонтальных скоростей на основе метода искусственных нейронных сетей, разработка кинематической модели района и ее сопоставление с данными геологических исследований.

В результате было установлено, что полученная модель хорошо согласуется с результатами структурно-геологических и геодинамических исследований в данном районе [3-4]. Скорость сближения Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты в зоне взаимодействия южной части Енисейского кряжа можно оценить величиной 2-4 мм/год. Движения выбранного района обусловлены субширотным сжатием по азимуту ~100-110^0. Внутри выделенных тектонических блоков получены относительно невысокие скорости современных горизонтальных движений земной коры, что подтверждает стабильный геодинамический режим структурного блока, вмещающего подземную исследовательскую лабораторию. Тем самым результаты работы демонстрируют возможность захоронения высокоактивных РАО в выбранном структурном блоке.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №18-17-00241)

Список литературы:

1. Татаринов В.Н., Морозов В.Н., Кафтан В.И., Маневич А.И. Современная геодинамика южной части Енисейского кряжа по результатам спутниковых наблюдений // Геофизические исследования. 2018. Т.19. №4. с. 64-79. DOI: 10.21455/gr2018.4-5.
2. Кафтан В.И., Гвишиани А.Д. Морозов В.Н., Татаринов В.Н. Методика и результаты определения движений и деформаций земной коры по данным ГНСС на геодинамическом полигоне в районе захоронения радиоактивных отходов // Современные проблемы дистанционного зондирования из космоса. 2019. №1. с. 83-94. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-83-94.
3. Лобацкая Р.М. Неотектоническая разломно-блоковая структура зоны сочленения Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. №2. с. 141-150.
4. Колмогорова П.П., Колмогоров В.Г. Современные вертикальные движения земной коры Енисейского кряжа // Геология и геофизика. 2004. Т45. №4. с. 455-466.

Докладчик: **Маневич Александр Ильич**, аспирант, н.с., ai.manevich@yandex.ru, онлайн-доклад

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГЕОРАДАРНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ СТРУКТУРЫ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ТОЛЩ

Матвеев М.А.[1], Александров П.Н.[2], Морозов Ю.А.[1], Кулаковский А.Л.[1], Смульская А.И.[1], Соколова Ю.Ф.[1]

[1]Лаборатория тектоники и геодинамики (103), ИФЗ РАН

[2]Лаборатория взаимодействия электромагнитных полей и геологической среды (3), ЦГЭМИ ИФЗ РАН

В связи с проблемой, связанной с изучением детальных особенностей геологических структур, недоступных для непосредственного изучения на эрозионном срезе, нами была предпринята попытка изучения приповерхностной структуры метаморфических толщ палеопротерозойского ладожского комплекса Балтийского щита методом георадарного профилирования в низкочастотном диапазоне. В качестве объекта исследований были выбраны два участка в протяженной зоне локализованных разрывно-складчатых деформаций Хунукка–Янисъярви.

Породы в этой зоне, слагающие флишоидную по своей природе ладожскую серию, представлены чередующимися в слоистом разрезе разностями метапелитов в виде существенно слюдистых биотит-мусковитовых сланцев, и метапсаммитов, в которых, наоборот, каркасные силикаты превалируют над слюдами и определяют преимущественно массивный характер сложения матрицы. Для характеристики структуры приповерхностной части разреза был использован георадар ОКО-2, теоретическое обоснование и принцип работы которого изложены в монографии [1].

На первом участке, закрытом покровом рыхлых отложений квартера, было выполнено георадарное профилирование по четырем линиям с целью определения глубины залегания консолидированных метаморфических пород. При корреляции осей синфазности на полученных георадарных профилях была четко определена морфоструктура поверхности между рыхлыми и кристаллическими образованиями.

На втором участке, который практически полностью сложен кристаллическими породами, решалась задача определения с помощью георадара характера и стиля их структуры на глубины до 10 м в сравнении с той, что выявлена на поверхности при детальном геологическом картировании. Выяснилась высокая степень соответствия между полученными двумя методами структурными картинами, в которых доминирующими элементами оказались системы субпараллельных разломов, ограничивающих линзовидные литоны со сложной внутренней складчатой структурой.

Полученные данные позволили определить, что именно метапелитовые прослои и зоны локализованных деформаций (разломы, метаморфическая полосчатость), где процессы синдеформационного гидролиза полевых шпатов и кварца приводят к обогащению субстрата гидрослюдами, в противоположность метапсаммитам, могут обладать повышенной электропроводностью, определяя визуализацию структуры на профилях.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 19-05-00256.

Список литературы:

1. *Александров П.Н.* Теоретические основы георадарного метода. М.: Физматлит, 2017. 120 с.

Докладчик: **Матвеев Максим Алексеевич**, н.с., mma@ifz.ru, онлайн-доклад

СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ТОПОГРАФИИ И ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ВЕНЕРЫ

Менщикова Т.И.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва

Целью работы является получение дополнительной информации о недрах планеты в отсутствии сейсмических данных. Рельеф поверхности планеты отражает геологические процессы, происходившие в планете. Гравитационные аномалии отражают распределение масс на поверхности и в ее недрах. Совместный анализ гравитационного поля и топографии служит одним из методов наложения дополнительных ограничений на внутреннюю структуру планеты.

Данное исследование является актуальным в связи с планируемыми миссиями по исследованию Венеры: проект Роскосмоса и НАСА «Венера-Д», проект EnVision ЕКА.

В работе использованы данные о топографии и гравитационном поле Венеры полученные с космического аппарата «Магеллан». Топография (модель SHTJV360u) представлена в виде коэффициентов разложения по полиномам Лежандра высот рельефа относительно центра масс до 360 степени и порядка группой (Rappaport et al., 1999). Гравитационное поле (модель SHGJ180u) представлено в виде коэффициентов разложения по полиномам Лежандра до 180 степени и порядка группой (Konopliv et al., 1999).

При рассмотрении структуры гравитационного поля встает вопрос о поверхности отсчета, от которой отсчитываются высоты рельефа и геоида, а также строятся аномалии гравитационного ускорения. Для модельного распределения плотности, по уравнениям теории фигуры второго приближения (Жарков, Трубицын, 1980) рассчитаны параметры равновесной фигуры для нескольких выбранных пробных моделей внутреннего строения.

Используя разложение по сферическим функциям топографии и гравитационного поля, в работе рассчитаны: их порядковые дисперсии, величины среднего квадратичного значения дисперсии для одной элементарной гармоники порядка n, и получены степенные законы, наилучшим образом описывающие поведение обеих дисперсий, получены коэффициенты порядковой корреляции топографии и гравитационного поля Венеры и адмитанс: отношения высот ареоидаи гравитационных аномалий δg к топографии. Проведен анализ высот геоида и отклонений силы тяжести от гидростатически равновесных значений для различных районов.

Список литературы:

1. *Жарков В.Н., Трубицин В.П.* Физика планетных недр. М.: Наука. 1980. 448 с.
2. *Konopliv A. S., BanerdtW. B., SjogrenW. L.* Venus gravity:180th degree and order model // Icarus. 1999. V. 139. P. 3–18. doi:10.1006/icar.1999.6086.
3. *Rappaport N. J., Konopliv A. S., Kucinskas A. B.*Animproved 360 degree and order model of Venus topography // Icarus. 1999. V.139. P. 19–31. doi:10.1006/icar.1999.6081.

Докладчик: **Менщикова Тамара Ивановна**, МГУ, ms.tamm@mail.ru, онлайн-доклад

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ЛЕССОВО-ПОЧВЕННЫХ СЕРИЯХ ТАДЖИКИСТАНА (ПО МАТЕРИАЛАМ РАЗРЕЗА ХОНАКО-2)

Мещерякова О.А.[1], Курбанов Р.Н.[2,3]

[1] Лаборатория главного геомагнитного поля и петромагнетизма (105), ИФЗ РАН

[2]Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва

[3] Институт географии РАН, Москва

Проблема установления закономерностей эволюции природной среды на западе Центральной Азии в среднем и позднем плейстоцене является фундаментальной для палеогеографии и палеомагнитологии. Для решения данной проблемы необходимо восстановить ход эволюции природной среды и выявить причины, влияющие на эти процессы.

Лессово-почвенные разрезы Таджикистана представляют собой уникальный палеогеографический архив, содержащий в себе информацию об этапах оледенений и межледниковий. Объектом исследования является лессово-почвенный разрез Хонако-2, расположенный в 7 км северо-восточнее поселка Ховалинг (Ховалингский район). Этот разрез входит в состав двухкилометрового лессово-почвенного обнажения возрастом приблизительно 1,5 млн. лет, в котором содержится по данным разных авторов [Додонов, Ранов, 1984; Ранов, Шеффер, 2000] от 12 до 24 палеопочв, разделенных горизонтами лессов.

В ходе полевых работ отобраны образцы (на первых 20 метрах разреза через каждые 20 см, далее – через 50 см) и измерена магнитная восприимчивость пород верхней части (первая траншея, 40.8 метров) разреза Хонако-2. Магнитные характеристики пород отражают условия их формирования. Для хроностратиграфического расчленения лессовых разрезов использовалась корреляция кривых магнитной восприимчивости с морскими изотопными стадиями (МИС), которые выводятся из данных о динамике изотопов кислорода, отражающих изменения температуры, полученные по результатам изучения донных океанических колонок.

В данной работе будут представлены полученные данные о магнитной восприимчивости верхней части разреза Хонако-2 (первые 40.8 метров) и их корреляция с шкалой МИС. Выделенным этапам потепления отвечают педокомплексы 1 и 2, которые, предположительно, коррелируются с МИС-5 и МИС-7.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-00-00470.

Список литературы:

1. 1 *Додонов А.Е., Ранов В.А.* Антропоген Средней Азии: стратиграфия, корреляция, палеолит. В кн.: Четвертичная геология и геоморфология. 27-й МГК. Секция С.03. Доклады. М. Наука. 1984. Т. 3. С. 67-81.
2. 2. *Ранов В.А., Шеффер Й.* Лессовый палеолит // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2000. – № 2 (21). – С. 20–32.

Докладчик: **Мещерякова О.А**., аспирант 1 г. о., вед. инж., oliya@ifz.ru, онлайн-доклад

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ С МОРСКИМИ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМИ СЪЕМКАМИ

Михайлов П. С.[1,2], Грасс С. И.[3]

[1]Лаборатория гравиинерциальных измерений (601), ИФЗ РАН

[2]НТУ "Сириус", Сочи

[3]Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва

В ИФЗ РАН был разработан ряд методических приемов использования глобальных данных о гравитационном поле Земли (ГПЗ) для решения задач повышения точности и надежности морских гравиметрических съемок [Конешов, 2015]. В рамках этих методов основная практическая применимость модельных данных находится в диапазоне высокочастотной составляющей ГПЗ, которая на акваториях Мирового океана определяется разрешением и точностью метода спутниковой альтиметрии.

С совершенствованием технологии измерений, увеличением количества океанографических спутников и общей продолжительности наблюдений современные альтиметрические модели ГПЗ были улучшены до пространственного разрешения в 7 км и заявленной точности до 1 мГал. В практических приложениях моделей ГПЗ неизбежно возникает проблема определения области применимости модельных данных. Например, сравнение модельного поля с результатами морских гравиметрических съемок, выполненное в работе [Конешов, 2019], позволило выявить районы с повышенной погрешностью в альтиметрических моделях ГПЗ.

В качестве развития этих исследований представляется целесообразной разработка способа априорного определения таких районов. Для этого были выполнены дополнительные сравнения модели EGM2008 с наиболее актуальной версией модели Sandwell and Smith v.28, опубликованной в 2019 году, а также с морскими съемками. В результате показано, что области максимальных отклонений модели EGM2008 от модели SSv28.1 соответствуют локализации максимальных погрешностей самой модели SSv28.1. С целью выделения пространственных закономерностей расположения погрешностей, карты разниц «SSv28 – EGM2008» и «съемка – SSv28» были совмещены с картограммами градиентов ГПЗ, полученными на регионы сравнения. Это позволило определить характерные участки, содержащие погрешности метода спутниковой альтиметрии. Таким образом, продемонстрирована возможность построения предварительных оценочных карт достоверности модельного поля на большие участки акваторий по комплексным данным межмодельных разностей и градиентов ГПЗ.

Работа выполнена по госзаданию ИФЗ РАН, а также при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 20-05-00524 и № 19-35-51014.

Список литературы:

1. *Конешов В. Н., Железняк Л. К., Михайлов П. С., Соловьев В. Н.* Использование модели гравитационного поля земли при измерениях силы тяжести на море // *Физика Земли.* 2015. № 4. С. 103–103.
2. *Конешов В.Н., Непоклонов В.Б., Соловьев В.Н., Железняк Л.К.* Сравнение современных глобальных ультравысокостепенных моделей гравитационного поля Земли // Геофизические исследования. 2019. Том 20. №1. С. 13-26.

Докладчик: **Михайлов Павел Сергеевич**, к.т.н., с.н.с., paulmikh@mail.ru, онлайн-доклад

ЧИСЛЕННЫЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ХРЕБЕТ-ВПАДИНА ОРОГЕНА В УСЛОВИЯХ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СЖАТИЯ

Мягков Д. С.

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

Современные тектонофизические данные по орогенам Центральной и Высокой Азии показывают сложную и отличную друг от друга структуру напряжённого состояния, объяснение формирование которой требует проработанных и тектонофизически обоснованных геодинамических моделей. Для каждого из рассматриваемых орогенов на данный момент создано большое количество математических и численных моделей, которые, впрочем, не соответствуют полностью тектонофизическим данным. Среди предлагаемых геодинамических механизмов один из классических – потеря устойчивости Земной коры в условиях горизонтального сжатия (другие механизмы представлены, в том числе, в [1]). Учитывая разнообразие орогенов, к которым эта модель приложима, в данном исследовании ставится цель исследовать структуру напряжённого состояния, которая создаётся при данном механизме в отдельном элементе орогена – системе хребет-впадина.

В текущем исследовании представлена численная упруго-пластические модель формирования напряженного состояния в подобной системе в условиях горизонтального сжатия и соотвествующая ей аналитическая упруго-вязкая модель. Аналитическая модель является упруго вязкой и состоит из 3-х тел: упругая Верхняя кора, вязкие Средняя и Нижняя кора и мантия, аппроксимированная вязким полупространством. Так как, согласно [2], в истинно упругом состоянии находится только Верхняя кора (за исключением зон крупных разломов), то именно этот слой теряет устойчивость, за счёт чего происходит формирование орогена. Численная модель представляет собой дальнейшее развитие вышеописанной аналитической модели. Применялась явная конечно-разностная схема, разработанная Уилкинсом для исследования упруго-пластических 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. Геометрия модели схожа с таковой для аналитической, за исключением того, что Средняя и Нижняя кора разделены.

Результаты моделирования показали принципиальную структуру напряжённого состояния, формирующегося в системе хребет-впадина орогена в обстановке горизонтального сжатия. Показано, что в теряющей устойчивость Верхней коре и в области хребта и в области впадины преобладает горизонтальное сжатие. Показана структура и уровень напряжений в Средней и нижней коре а также скорости эволюции системы.

Список литературы:

1. *Мягков Д.С., Ребецкий Ю.Л.* Математическая модель формирования напряжённо-деформированного состояния эпиплатформенных орогенов // Ребецкий Ю.Л. Об особенности напряженного состояния коры внутриконтинентальных орогенов // Геодинамика и тектонофизика. 2019. Т. 10, № 1. С. 21-41.
2. *Николаевский В.Н.* Механика геоматериалов и землетрясения // Итоги науки и техники ВИНИТИ. сер. Мех.деф.тв.тела. М.: 1983. Т. 15. С. 817-821.
3. *Стефанов Ю.П.* Некоторые особенности численного моделирования поведения упруго-хрупкопластичных материалов // Физ. мезомех. 2005. Т. 8, № 3. С. 129–142.

Докладчик: **Мягков Дмитрий Сергеевич**, н.с., dsm@ifz.ru, онлайн-доклад

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ПЕТРОУПРУГОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Насретдинова Д. И.

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

С каждым годом становится все сложнее решать задачи нефтяной сейсморазведки. Некоторые задачи требуют использования новых технологий, другие комплексирования с соседними дисциплинами. В настоящее время для прогноза изменения коллекторских свойств и насыщения в межскважинном пространстве используется сейсмическая инверсия. Для этого процесса, в общем, используется вся имеющаяся геолого-геофизическая информация. В связи с этим, активно развивается петроупругое моделирование, т.е. исследование связей между петрофизическими свойствами горных пород (литология, пористость, проницаемость, тип насыщения и т.д.) и скоростями продольных и поперечных волн, а также их поглощающими свойствами, полученными из лабораторных измерений, ГИС и сейсмических наблюдений.

Изучение физики горных пород является важным инструментом для характеристики коллектора. Начинается все с простых моделей сред, но так как геологическая среда сложная и неоднородная по структуре, результат может привести к недостоверным прогнозам. Возможно, необходимо разрабатывать модели, учитывающие сложную микроструктуру пород-коллекторов. Для того чтобы выполнить прогноз коллекторов по сейсмической инверсии, необходимо обосновать модель коллектора и учесть влияние минерального состава пород на упругие характеристики. В то же время существует множество методов теории эффективных сред, которые приводят к разным результатам, поскольку в каждом методе используются разные упрощения и предположения о распределении физических полей в породе.

Объектом данной работы является Осинский горизонт. Это новый и интересный тип объекта для Восточной Сибири. Имеет интерес не только с практической, но и с научной точки зрения.

Цель работы – создание петроупругой модели, которая позволит уточнить петрофизические параметры и дополнить представление об изучаемых породах целевого горизонта, выяснить, насколько неоднозначно можно моделировать изучаемый объект. Насколько применимы простые модели и можно ли использовать только их. Эта проблема уже давно обсуждается учеными и на сегодня является актуальной.

Список литературы:

1. Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J. The Rock Physics Handbook. 2-nd Edition. / Cambridge Univ. Press., 2009. - 511 p

Докладчик: **Насретдинова Диана Ильдаровна**, аспирант, obsidianchiknas@gmail.com, оффлайн-доклад

ВОЗМОЖНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОСНОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ В РАЙОНАХ СО СЛОЖНЫМИ ГРУНТОВЫМИ УСЛОВИЯМИ

Орлова И. П.[1], Капустян Н. К.[1,2], Антоновская Г. Н.[2]

[1] Лаборатория методов прогноза землетрясений, ИФЗ РАН

[2] Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Российской академии наук, г. Архангельск, Россия

На основании опыта использования широкополосной сейсмической аппаратуры для мониторинга грунтов основания железнодорожного пути для Северной железной дороги с использованием поезда как источника зондирующего сигнала показаны ее уникальные возможности для выявления изменений в состояния грунтов на ранней стадии.

Целью работы является определение параметров сейсмического мониторинга: аппаратуры и способов обработки данных, по которым in situ можно судить об изменении состояния грунтов. Методика строится на мониторинге амплитуд разных частотных составляющих трехкомпонентных (X, Y, Z) записей движущегося поезда, получаемых широкополосным (период от 100 с и выше) велосиметром, установленным вблизи полотна. Сопоставляются динамические характеристики колебаний выше и ниже 0.5 Гц для изучения реакции грунта на создаваемые поездом квазистатическое и вибрационное воздействия. В среде PLAXIS 2D выполнено численное моделирование напряженно-деформированного состояния среды при изменении параметров грунтов, результаты сравнивались с экспериментом.

Результаты: экспериментально показана и подтверждена моделированием возможность мониторинга состояния грунтов основания дорожного полотна пассивными сейсмическими методами. Натурные наблюдения продемонстрировали, что записи на низких частотах (0.01 Гц) существенно различаются на соседних участках пути - благоприятном и неблагоприятном, причем наиболее информативными являются горизонтальные компоненты [1]. Записи на частотах 2 - 8 Гц характеризуются существенным изменениями соотношений амплитуд вертикальной и горизонтальных компонент при сезонном обводнении [2]. Определены параметры сейсмического мониторинга: аппаратура и способы обработки данных, по которым в условиях естественного залегания можно судить об изменении состояния грунтов, обсуждается возможность выявления стадий промерзания-оттаивания грунта и связанных с ними негативных процессов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90071

Список литературы:

1. *Антоновская Г.Н., Капустян Н.К, Федоренко Е.В*. Возможности сейсмической аппаратуры в задачах оценки состояния железнодорожных насыпей. Сейсмические приборы. 2019. Т. 55, - № 3. С.61–73
2. *Орлова И.П., Капустян Н.К., Антоновская Г.Н., Басакин И.М.* Возможности сейсмического оборудования для мониторинга основания железнодорожных путей в районах со сложными грунтовыми условиями. 2020. № 4 (304). С. 33-39

Докладчик: **Орлова Ирина Петровна**, н.с., i.p.kachan@gmail.com, оффлайн-доклад

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ ПЕРЕД СИЛЬНЫМИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ КАМЧАТКИ

Переяслов Л. В.[1], Завьялов А. Д.[2]

[1]Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Геологический факультет

[2]Лаборатория сейсмической опасности (302), ИФЗ РАН

Конкретное землетрясение не может рассматриваться как отдельно стоящее во времени и пространстве событие, так как такой взгляд не будет отражать в полной мере всю физическую картину процесса подготовки разрыва. В частности, в недавней работе [1] на основании анализа каталога землетрясений Южной Калифорнии было показано, что намного большее количество землетрясений, чем считалось ранее, сопровождается форшоками, и их отсутствие может быть связано с недостаточной чувствительностью сети сейсмических станций.

В работе А.Д. Завьялова и Ю.В. Никитина [2] была впервые показана взаимосвязь между введенным ими параметром S, физически характеризующим как меру насыщения объема породы очаговой зоны трещинами (с учетом их среднего размера), так и степень их близости к нодальной плоскости, и параметрами сильного землетрясения. В данном докладе приводятся результаты исследования процесса локализации перед сильными ($K \geq 13.5$) землетрясениями Камчатской сейсмофокальной зоны с помощью методики, описанной в работе [2], с целью выявления закономерностей на большом количестве событий.

Как и в лабораторных исследованиях по изучению появления макроразрыва в образцах горных пород под нагрузкой [3], в реальных условиях сейсмоактивного региона наблюдается появление областей повышенной трещиноватости. Гипоцентр сильного землетрясения в большинстве случаев, как и предполагалось, располагается в ячейке с пониженным значением параметра S, так же как и афтершоки главного толчка.

Также проводился повторный расчет параметра S с изменением длительности временного окна, в котором выбираются предшествующие события, с целью определения того, какую роль в появлении сильного землетрясения играет накопленная за годы трещиноватость, характерная для, например, ЛНТ-модели, а какую — ближайшие к моменту сильного толчка форшоки.

В дальнейшем планируется исследовать, насколько характер распределения параметра S вдоль нодальных плоскостей отличается от получаемого при использовании сгенерированного нами случайного каталога землетрясений.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы студентов в лаборатории сейсмической опасности (302) ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. *Trugman D.T., Ross Z.E.* Pervasive foreshock activity across southern California. // Geophysical Research Letters. 2019. V. 46. P. 8772-8781.
2. *Завьялов А.Д., Никитин Ю.В.* Процесс локализации сейсмичности перед сильными землетрясениями Камчатки // Вулканология и Сейсмология. 1999. №4-5. С. 83-89.
3. *Scholz C.H.* Experimental study of the fracturing process in brittle rock. // Journal of Geophysical Research. 1968. V. 73. №4. P. 1447-1454.

Докладчик: **Переяслов Леонид Владиславович**, МГУ, leonidpereyaslow@yandex.ru, онлайн-доклад

УЧЁТ ПЕРЕМЕЖАЕМОСТИ И СТАТИСТИКИ ПРИЗЕМНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В МОДЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНВЕКТИВНОГО АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ

Прохорчук А. А., Галиченко С. В., Анисимов С. В.

ГО "Борок", ИФЗ РАН

Атмосферный пограничный слой (АПС), рассматриваемый как нижний атмосферный участок глобальной электрической цепи (ГЭЦ), характеризуется сложной совокупностью процессов, формирующих систему электрических токов, и вносит существенный вклад в интегральные характеристики ГЭЦ. Моделирование турбулентного переноса радиоактивных газов, аэрозольных частиц и объемных зарядов с использованием метода транспортируемой функции плотности вероятности позволяет количественно оценивать влияние термодинамических переменных и режимов турбулентности на формирование электрического состояния АПС [1,2,3].

В работе выполняется численное моделирование квазистационарного горизонтально однородного АПС. Турбулентный транспорт атмосферных составляющих описывается в рамках лагранжевых стохастических моделей 1-го и 2-го порядков. Применяется метод разбиения исходного расчетного домена на сообщающиеся домены с различными наборами параметров турбулентности [4]. Такой подход позволяет учесть неоднородность статистики и перемежаемость турбулентности в вертикальном транспорте вблизи земной поверхности, эффективность которого оказывает существенное влияние на электрические переменные АПС.

Рассчитаны высотные профили электрических величин в АПС с развитой конвекцией.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант №16-17-10209 (аэростатные наблюдения и численное моделирование), Российского фонда фундаментальных исследований, грант №18-05-00233 (полевые натурные наблюдения и численное моделирование).

Список литературы:

1. *S.V. Anisimov, S.V. Galichenko, K.V. Aphinogenov, A.A. Prokhorchuk* Evaluation of the atmospheric boundary-layer electrical variability // Boundary-Layer Meteorol. 2018. Т. 167. №. 2. С. 327–348.
2. *С. В. Анисимов, С. В. Галиченко, К. В. Афиногенов, А. А. Прохорчук* Глобальные и региональные составляющие электричества невозмущенной нижней атмосферы средних широт // Физика Земли. 2018. № 5. С. 104–114.
3. *S. V. Anisimov, S. V. Galichenko, K. V. Aphinogenov et al.* Electricity of mid-latitude atmospheric boundary layer above land: results of observations and numerical modeling // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Т. 231. №. 1. С. 012007.
4. *S.V. Anisimov, S.V. Galichenko, A.A. Prokhorchuk, K.V. Aphinogenov, A.S. Kozmina* Turbulent electric current in the marine convective atmospheric boundary layer // Atmospheric Research. 2019. Т. 228. С. 86-94.

Докладчик: **Прохорчук Александр Андреевич**, м.н.с., alexprok@borok.yar.ru, онлайн-доклад

ОЦЕНКА ДОЛГОВРЕМЕННОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАНДАЛАКШСКОГО ГРАБЕНА

Родина С.Н.

Лаборатория методов прогноза землетрясений (702), ИФЗ РАН

На основе проведенных палеосейсмогеологических работ в районе Кандалакшского грабена (Белое море) были выявлены следы ранее неизвестных древних землетрясений. В районе пос. Чупа обнаружены три изолированных ареала палеосейсмодислокаций, результат изучения которых можно интерпретировать либо как три очага древних землетрясений с магнитудой до 3.7, либо как одно сильное событие с магнитудой около 5.5.

Для оценки долговременного сейсмического режима использовались каталоги землетрясений по данным сети сейсмических станций (инструментальные каталоги). Для доинструментального и раннеинструментального периодов привлекались исторические каталоги, тематические статьи и архивные данные. Источниками для составления сводного каталога служили сборники землетрясений в СССР, землетрясения Северной Евразии, землетрясения России, землетрясения Феноскандии, международные каталоги и др. Изучаемый район располагается в зоне с горнопромышленными предприятиями и военными полигонами, на которых проводятся взрывы и технологические процессы, поэтому природу некоторых событий не всегда можно точно идентифицировать. В работе были учтены результаты ретроспективного анализа сейсмических событий А.А. Годзиковской с соавтомами.

Для первого приближения к пониманию сейсмического режима график повторяемости был рассчитан по инструментальным и историческим данным методом ортогональной регрессии. Полученному графику соответствует следующее уравнение: $\lg(N/T)=(1.67\pm0.30)–(0.71\pm0.05)M$, при $R=0.98$, где R – коэффициент корреляции. Для оценки сейсмического режима нельзя использовать сведения о землетрясении 1626 г., поскольку нет данных о других подобных событиях для понимания периодов повторения землетрясений с M = 5.5. Поэтому представление о параметрах сейсмического режима в области землетрясений с большими магнитудами на базе этих данных составить нельзя. Далее к исходным данным были добавлены результаты полевых работ в случае интерпретации результатов, как пять землетрясений, то есть для периода 1900 лет обнаружены следы древних землетрясений с магнитудами M = 4.4, 4.2, 3.7, 2.9, 3.4. Общему графику повторяемости соответствует следующее решение $\lg(N/T)=(2.27\pm0.84)–(1.1\pm0.15)M$, при $R=0.94$. Второй вариант интерпретации результатов, как одно событие с M=5.5 за период 9500 лет позволяет нам в расчетах использовать сведения о землетрясении 1626 г. M=5.4. Этому графику соответствует следующее уравнение: $\lg(N/T)=(2.35\pm0.77)–(0.97\pm0.13)M$, при $R=0.95$. При сравнении полученных данных выявлено увеличение среднего периода повторяемости сильных событий, что показывает изменение наклона графика с –0.71 до –0.97. Также следует отметить высокий коэффициента корреляции, что свидетельствует о хорошее соответствии сейсмологических и палеосейсмогеологических данных. Прямолинейность графиков повторяемости говорит о том, что сейсмический режим на последнем позднечетвертичном этапе геологической истории оставался практически неизменным, что в первом приближении не подтверждает гипотезу о затухании сейсмической активности в районе Балтийского щита в голоцене. Обобщение

Докладчик: **Родина Светлана Николаевна**, к.г.-м.н., с.н.с., rodina@ifz.ru, оффлайн-доклад

сейсмологических и палеосейсмогеологических данных позволило впервые оценить сейсмический режим изучаемой территории на протяжении всего голоцена.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 18-35-00296 мол_а.

Докладчик: **Родина Светлана Николаевна**, к.г.-м.н., с.н.с., rodina@ifz.ru, оффлайн-доклад

ПАЛЕОМАГНИТНЫЙ ТЕСТ «КОСОЙ СЕРИИ» НА ПРИМЕРЕ ЛОПАТИНСКОЙ СВИТЫ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА: К ОБОСНОВАНИЮ ГИПОТЕЗЫ ГИПЕРАКТИВНОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РУБЕЖЕ ДОКЕМБРИЯ И ФАНЕРОЗОЯ

Д.В. Рудько[1], А.В. Шацилло[1], С.В. Рудько[2], А.А. Колесникова[2], Н.Б. Кузнецов[2]

[1]*Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, г. Москва*

[2]*Геологический институт РАН, г. Москва*

Палеомагнитные данные, накопленные в последние десятилетия по позднему эдиакарию, привели к формулировке гипотезы гиперактивности геомагнитного поля на рубеже докембрия и фанерозоя [2]. Отправной точкой для выдвижения гипотезы стало обнаружение аномальной магнитостратиграфической записи в некоторых разрезах позднего эдиакария Балтики. В этих разрезах было обнаружено необычно большое количество зон магнитной полярности на относительно небольшой мощности – 27 инверсий на 90 м разреза в ергинской свите Зимнего берега Белого моря [3], >30 инверсий на 110 м в зиганской свите Южного Урала [2]. Сходное явление было зафиксировано в типовом разрезе позднедокембрийской лопатинской свиты на северо-востоке Заангарской части Енисейского Кряжа (Сибирская платформа) [1] В этом отношении лопатинская свита оказалась «абсолютным рекордсменом»: в разрезе мощностью ~60м было обнаружено около 60 магнитных зон (авторские неопубликованные данные).

Палеомагнитное опробование «по латерали» одной из магнитозон с послойно изученного интервала, показало, что магнитозона прослеживается по слою на расстояние, превышающее ее мощность, по крайней мере, на порядок – обычно такие данные привлекаются для обоснования сингенетичности намагниченности и осадконакопления, однако полученный результат не исключает вариант «изощренного» послойного перемагничивания пород, на что может указывать отсутствие «переходных» направлений.

Нами предложен палеомагнитный полевой тест «косой серии», направленный на выявление наложенной (вторичной) химической намагниченности. Основываясь на имеющихся представлениях о: (1) продолжительности инверсионного процесса и (2) практически мгновенном (в геологическом масштабе времени) накоплении косых серий, мы полагаем, что наличие границы магнитных зон внутри единой косой серии должно явно указывать на наложенный процесс формирования намагниченности (положительный результат теста). Случай же совпадения границ магнитозон с эрозионными поверхностями, ограничивающими фрагменты разреза с внутренним косослоистым строением (отрицательный результат теста), дает сильные доводы в пользу тесной временной связи между формированием естественной остаточной намагниченности и процессами седиментации, т.е. может указывать на первичную природу намагниченности в исследуемых породах.

Из сплошного профиля изготовлено 61 ориентированных образца, в дальнейшем подвергнутых детальной температурной магнитной чистке. В большей части образцов (58 обр.) уверенно выделяется характеристическая компонента намагниченности с температурами деблокирования 650-680С. Компонента представлена направлениями двух полярностей (Рис., слева), при этом границы магнитных зон с точностью до сантиметра совпадают с уверенно выделяемыми эрозионными границами. Это позволяет сделать вывод об отрицательном результате «теста косой серии».

Докладчик: **Рудько Дмитрий Владимирович**, н.с., аспирант, mythos2@yandex.ru,
оффлайн-доклад

Таким образом, появляются серьезные основания полагать, что магнитостратиграфическая запись, зафиксированная в породах типового разреза лопатинской свиты, не связана с химической намагниченностью, «оторванной» по времени от накопления осадка, а имеет синседиментационный возраст. То есть, аномальная магнитостратиграфическая запись, содержащаяся в лопатинской свите, отражает, вероятно, особенности поведения геомагнитного поля терминального докембрия.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №17-05-00021 – полевые палеомагнитные исследования, 19-05-00794 – регионально-геологические исследования). Лабораторные палеомагнитные, исследования проведены в рамках тем государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Шацилло А.В., Кузнецов Н.Б., Павлов В.Э., Федонкин М.А., Прияткина Н.С., Серов С.Г., Рудько С.В. 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. DOI: 10.7868/S0869565215340228
2. Bazhenov M. L. Levashova N.M., Meert J.G. Golovanova I.V., Danukalov K.N., Fedorovaa N.M. Late Ediacaran magnetostratigraphy of Baltica: evidence for magnetic field hyperactivity? //Earth and Planetary Science Letters. – 2016. – Т. 435. – С. 124-135.
3. Popov V. V., Khramov A. N., Bachtadse V. Palaeomagnetism, magnetic stratigraphy, and petromagnetism of the Upper Vendian sedimentary rocks in the sections of the Zolotitsa River and in the Verkhotina Hole, Winter Coast of the White Sea, Russia //Russian Journal of Earth Sciences. – 2005. – Т. 7. – №. 2.

Докладчик: **Рудько Дмитрий Владимирович**, н.с., аспирант, mythos2@yandex.ru,
оффлайн-доклад

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕТРОУПРУГИХ МОДЕЛЕЙ ТРЕЩИНОВАТЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК

Рязанова М.В.

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

В настоящее время в разведочной геофизике в связи с истощением запасов углеводородов традиционных коллекторов большое внимание привлекают трещиноватые коллектора, поскольку трещины являются путями, по которым флюид движется. Нетрадиционные коллектора, как правило, являются низкопористыми и малопроницаемыми. С целью повышения добычи углеводородов из таких коллекторов их подвергают специальными взаимодействиями (гидроразрыву пласта), для чего необходимы надежные знания о физических свойствах этих коллекторов.

Ориентированность трещин в среде создает новые возможности их обнаружения, поскольку возникающая анизотропия непосредственно связана с направлением трещиноватости пород и ее характеристиками. Определение направления трещиноватости необходимо как для поиска пород-коллекторов, так и для правильного планирования эксплуатации месторождения, а знание параметров трещиноватости позволяет проводить более корректный подсчет запасов углеводородов.

Для того, чтобы найти области трещиноватости, их направление и характеристики, можно использовать геофизические исследования скажин (ГИС). Однако ГИС покрывает небольшие области вокруг скважин, а что происходит с трещинноватым пространством между скажинами можно узнать из сейсморазведки.

Вследствие вышеизложенного работа будет посвящена изучению существующих методов оценки трещиноватости, а также подходам к прогнозу трещиноватости с помощью теории эффективных сред с целью усовершенствования методов оценки трещиноватости пород по полевым данным сейсморазведки.

Задачей этой работы является поиск трещиноватости по кинематическим и динамическим характеристикам волнового поля.

Среди методов эффективных сред используются методы Хадсона, Эшелби-Ченга с использованием флюидозамещения по методу Брауна-Коррингы [1]. Расчет скоростей производится с помощью уравнений Грина-Кристоффеля по тензору упругости и плотности [2].

Цель исследования - определить в каком диапазоне углов отклонения систем трещин от вертикального направления можно эти системы обнаружить при заданных параметрах трещиноватости и какие из методов эффективных сред являются наиболее корректными.

Список литературы:

1. *Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J.* The Rock Physics Handbook. 2-nd Edition. Cambridge Univ. Press., 2009. 511 p.
2. *Thomsen L.* Weak elastic anisotropy Geophysics, vol. 51, No. 10, 1986. 1954 – 1966 p.

Докладчик: **Рязанова Мария Валерьевна**, аспирант 1 г.о., ryazanovamasha@yandex.ru, оффлайн-доклад

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕСТ СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТИХООКЕАНСКОГО ПОЯСА

***Горшков А.И.*[1], *Семка М.А* [1,2]**

[1]*Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва*

[2]*Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, г. Москва*

Абсолютное большинство сильнейших землетрясений, возникающих на Земле, происходит в Тихоокеанском сейсмическом поясе. По данным каталога NEIC за период с 1900 -2020 гг. здесь произошло 10 землетрясений с $M \geq 8.5$. Тектонически все эти события обусловлены субдукцией Тихоокеанской плиты под прилегающие континенты и островные дуги. Цель исследования - определить характерные геолого-геофизические признаки участков зон субдукции, с которыми связаны сильнейшие землетрясения Тихоокеанского пояса. Задача будет решаться с помощью методов распознавания образов, которые успешно применялись для идентификации мест сильных землетрясений во многих сейсмоактивных регионах мира (Горшков, 2010). На первом этапе исследований был разработан набор геолого-геофизических параметров для описания участков зон субдукции в окрестностях сильнейших землетрясений пояса. Эти параметры характеризуют основные факторы, обуславливащие сейсмичность, в частности, новейшие тектонические движения, свойства среды, геометрию и кинематику разломов, а также особенности глубинного строения. В список параметров включены морфометрические показатели, сведения о возрасте и составе геологических пород, характеристики гравитационного и магнитного полей, сведения о кинематике основных разломов (по данным GPS и решениям механизма очагов), данные о наклоне сейсмофокальных зон в областях сильнейших землетрясений. Определение значений некоторых параметров требует предварительного анализа и обработки исходных данных. Для определения угла наклона зон субдукции были построены вертикальные разрезы сейсмофокальных зон в районах 10-ти сильнейших землетрясений Тихоокеанского пояса. В результате в области каждого события был определен угол наклона и максимальная глубина погружения Тихоокеанской плиты. Установлено, что по этим признакам сильнейшие землетрясения объединяются в группы, расположенные в разных сегментах Тихоокеанского пояса.

Список литературы:

1. Горшков А.И. Распознавание мест сильных землетрясений в Альпийско-Гималайском поясе. М.: КРАСАНД, 2010. 472с.

Докладчик: **Семка Максим Андреевич**, н.с., апирант, khemul1996@mail.ru, оффлайн-доклад

ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА НОВЕЙШЕЙ ГЕОДИНАМИКИ ФЕННОСКАНДИИ, БАЛТИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ И ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Сенцов А.А., Агибалов А.О.

Лаборатория методов прогноза землетрясений (702), ИФЗ РАН

Данная работа посвящена проблеме анализа новейшей геодинамики территорий Фенноскандии, Балтийской синеклизы и Воронежской антеклизы. В работе изложены как результаты обобщения ранее полученных нами данных [1, 2], так и новые материалы. Проведенные комплексные исследования включали 1) структурно-геоморфологический анализ; 2) компьютерное геодинамическое моделирование; 3) сравнение временных вариаций гравитационного поля с выделившейся сейсмической энергией. Исходными материалами служили 1) цифровые модели рельефа с разрешением 500х500 м; 2) данные об активных разрывных нарушениях; 3) структурные карты поверхности кристаллического фундамента; 4) сводный сейсмический каталог; 5) данные о временных вариациях гравитационного поля, полученные спутниковой системой GRACE.

В результате исследований были определены ориентировки новейших главных нормальных осей напряжений для всех рассмотренных территорий. Так, в пределах Фенноскандии выделено 6 блоков, отличающихся по типу напряженно-деформированного состояния. Было установлено, что в фундаменте и в осадочном чехле Балтийской синеклизы проявляются разные типы напряженного состояния, а для Воронежской антеклизы характерно преобладание сдвиговых деформаций. Полученные данные согласуются с представлениями о геодинамических системах и геодинамически активных зонах [3]. Кроме того, нами были выделены зоны возможных очагов землетрясений для рассмотренных территорий. Проведенный анализ временных вариаций гравитационного поля и сейсмической энергии позволил выявить высокую степень взаимосвязи между этими параметрами для Фенноскандии и Воронежской антеклизы. Таким образом, полученные результаты позволили расширить и дополнить существующие представления о новейшей геодинамике Фенноскандии, Балтийской синеклизы и Воронежской антеклизы.

Исследование выполнено в рамках НИР «Развитие методов детального сейсмического районирования и сейсмического микрорайонирования» (№ гос. регистрации АААА-А17-117060110060-3) (ИФЗ РАН)

Список литературы:

1. 1. *Сенцов А.А.* Современная геодинамика и зоны возможных очагов землетрясений территории Фенноскандинавского щита, установленные с помощью компьютерного моделирования // Проблемы тектоники континентов и океанов. Материалы LI тектонического совещания. 2019. Т.2. С. 228-223
2. 2. *Сенцов А.А., Зайцев В. А., Агибалов А.О., Бардышев Г.П.* Новейшая геодинамика Фенноскандинавского щита и её влияние на сейсмичность Калининградской области // Тезисы докладов и программа конференции молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН 22-23 апреля 2019. 2019. С. 76.
3. 3. *Макаров В.И.* Региональные особенности новейшей геодинамики платформенных территорий в связи с оценкой их сейсмической активности // Недра Поволжья и Прикаспия. 1996. Вып. 13. Спец. С. 53–60.

Докладчик: **Сенцов Алексей Андреевич**, н.с., alekssencov@yandex.ru, онлайн-доклад

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДХОДОВ ФИЗИКИ РАЗРУШЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ И АКУСТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

Синев И. О.[1,3], Завьялов А. Д.[2], Ботвина Л. Р.[1]

[1]Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН

[2]Лаборатория сейсмической опасности (302), ИФЗ РАН

[3]Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Работа выполнена с целью поиска корреляций и изучения временных зависимостей критериев k_c, k_{AE}, k_{sf}, используемых при анализе развития микроповрежденности материала (k_c), изучении потока сигналов акустической эмиссии (АЭ) (k_{AE}) и сейсмологических данных, полученных в результате многолетнего мониторинга сейсмического процесса (k_{sf}).

Концентрационный критерий разрушения k_c был предложен в работе Журкова, Куксенко, Слуцкера (1969) при изучении полимеров и использован в дальнейшем в [1] для анализа процесса поврежденности в конструкционных металлических материалах. Его величина оценивается по соотношению $k_c=1/(L_{cp}\cdot\sqrt{n})$, где L_{cp} – средняя длина микротрещин по ансамблю, n – их объемная плотность.

Аналогичный параметр k_{sf}, названный параметром концентрации сейсмогенных разрывов, и оцениваемый по данным о количестве и энергии сейсмических событий, произошедших в объеме горных пород, используется в сейсмологии для прогноза сильных землетрясений. Длина разрыва вычисляется с использованием соотношения Ю.В. Ризниченко (1976), связывающего длину разрыва с энергетическим классом землетрясения, равному логарифму энергии, выделившейся при сейсмическом событии. В [2] показано, что за несколько лет до момента будущего землетрясения в области его гипоцентра формируется зона пониженных значений k_{sf}.

По аналогии с оценкой k_{sf}, по количеству и энергии сигналов АЭ, возникающих в процессе деформирования образцов из конструкционных материалов, и с использованием соотношения Ю.В. Ризниченко, оценены значения параметра концентрации акустических событий k_{AE}.

В результате показано, что величины всех трех параметров понижаются перед основным событием (разрушением или землетрясением), причем временные зависимости акустического и сейсмического концентрационного параметра, построенные в относительных координатах и связывающие отношения параметров k_{sf}, k_{AE} к их минимальному значению с относительным временем до землетрясения или до разрушения образца, практически совпадают.

В работе также были проанализированы временные зависимости наклона графика повторяемости землетрясений *b-value,* параметры b_c (по результатам изучения распределения поверхностных микротрещин) и b_{AE} (по анализу количества и энергии сигналов АЭ).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 16-58-48008 ИНД_оми.

Список литературы:

1. 1. *Ботвина Л.Р. и др.* Иерархия микротрещин при циклическом и статическом нагружении // Физическая мезомеханика. 2019. Т. 22, № 6. С. 24–36.
2. 2. *Завьялов А.Д.* Среднесрочный прогноз землетрясений. Основы. Методика. Реализация. М.: Наука, 2006. 243 с.

Докладчик: **Синев Иван Олегович**, инж.-иссл., isinev@imet.ac.ru, онлайн-доклад

АКТИВНАЯ ТЕКТОНИКА И ПАЛЕОСЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРО-ВОСТОКА ИССЫК-КУЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЫ (КЫРГЫЗСТАН, ТЯНЬ-ШАНЬ)

Стрельников А. А.[1], Абдиева С. В.[2], Корженков А. М.[1]

[1]Лаборатория палеосейсмологии и палеогеодинамики (304), ИФЗ РАН

[2]Институт коммуникаций и информационных технологий КРСУ, Кыргызстан, Бишкек

Были проведены исследования внутривпадинных поднятий на северо-востоке Иссык-Кульской котловины: Малый Оргочор, Оргочор, Бирбаш, Сухой Хребет, Ичке-Тосма и Тосма. Данные структуры представляют собой приразломные антиклинальные ассиметричные складки. В их пределах в деформации вовлечены отложения неогенового и четвертичного периодов. Асимметрия складок выражается в наличии у тектонических структур пологих и протяженных южных крыльев и более коротких, и крутых у северных [2]. Разломы, осложняющие северные крылья складок, являются сегментами Южно-Иссыккульского и Каркаринского разломов взбросовой кинематики, активных в позднечетвертичное время [4]. Для обоих разломов установлена левосторонняя компонента горизонтального смещения. Пространственное положение и кинематика Южно-Иссыккульского и Каркаринского разломов указывает на то, что за неотектонических этап фронт деформаций от хребта Терскей Ала-Тоо распространялся практически на все осадочное выполнение востока Иссык-Кульской впадины [4]. Первичные и вторичные сейсмогенные деформации, обнаруженные вдоль Южно-Иссыккульского и Каркаринского разломов, указывают на то, что в позднем плейстоцене и голоцене они неоднократно генерировали сильные землетрясения с $M \geq 7$, $I \geq IX$ баллов. Проведенные тренчинговые исследования подтвердили, что с Южно-Иссыккульским разломом связаны исторические землетрясения, произошедшие с разницей в тысячу лет - в I и X-XI вв. н.э. [1]. Новые данные по сейсмотектонике и палеосейсмичности региона позволяют скорректировать оценку сейсмического потенциала восточной части Иссык-Кульской впадины.

Список литературы

1. *Абдрахматов К.Е., Уэлдон Р., Томпсон С., Бурбанк Д., Рубин Ч., Миллер М., Молнар П.* Происхождение, направление и скорость современного сжатия ЦентральногоТянь-Шаня (Киргизия) // Геология и геофизика, 2001, т. 42, № 10, с. 1585–1609.
2. *Бачманов Д.М., Кожурин А.И., Трифонов В.Г.* База данных активных разломов Евразии // Геодинамика и тектонофизика, 2017, т. 8, № 4, с. 711–736.
3. *Чедия О.К., Джумадылова Ч.К., Трунилин С.И.* Предтерскейский краевой разлом в междуречье Джетыогуз-Тоссор // Известия АН Кирг. ССР, 1988, № 1, с. 79–88.
4. *Mackenzie D., Walker R., Abdrakhmatov K., Campbell G., Carr A., Gruetzner C., Mukambayev A., Rizza M. A* creeping intracontinental thrust fault: past and present slip-rates on the northern edge of the Tien Shan, Kazakhstan // Geophysical Journal International, 2018, v.215, is. 2, p. 1148–1170.

Докладчик: **Стрельников Андрей Андреевич**, н.с., aas@ifz.ru, онлайн-доклад

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОЙ АКТИВИЗАЦИИ ВУЛКАНА БОЛЬШАЯ УДИНА НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ И ДАННЫХ РСА-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Тимофеева В.А.[1,2], Сенюков С.Л.[1,3], Михайлов В.О.[1], Нуждина И.Н.[3], Дрознина С.Я.[3], Волкова М.С.[1], Шапиро Н.М. [1,4], Кожевникова Т.Ю.[3], Назарова З.А.[3], Соболевская О.В.[3]

[1] Лаборатория комплексного изучения и мониторинга геодинамических процессов в Курило-Камчатской зоне субдукции (107) ИФЗ РАН,
[2] Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН,
[3] Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский
[4] Institute des Sciences de la Terre, Université Grenoble Alpes, Гренобль, Франция

Вулкан Большая Удина считается потухшим, однако в октябре 2017 г. в его окрестности начала регистрироваться слабая сейсмическая активность. Данные сейсмической томографии показали, что южнее вулкана Б. Удина в районе р. Толуд располагается долгоживущий магматический очаг с верхней границей на глубине около 15 км, который может быть связан с питающей системой вулкана Плоский Толбачик [1]. Авторы работ [2,3] связали наблюдаемую сейсмическую активизацию с возможным внедрением магмы под Удинские вулканы и, как следствие, указали на высокую вероятность возобновления вулканической активности.

Сотрудниками Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН был выполнен анализ данных постоянных сейсмических станций, который показал, что с октября 2017 г. по август 2019 г. центр сейсмической энергии, характеризующий положение области, где происходят основные сейсмические события, систематически смещался от вулкана Большая Удина на юг.

По снимкам спутника Sentinel-1A были определены временные серии и средние скорости смещения на склонах вулкана Большая Удина, анализ которых показал, что характер смещений в 2017 и 2018 годах на южном и юго-западном склонах практически не изменился, а на северном склоне средние скорости смещений в 2018 году уменьшились. Для проверки полученных результатов были построены парные интерферограммы по снимкам спутника ALOS-2. Обнаруженные деформации, скорее всего, связаны с поверхностными процессами (теоретические оценки поля смещений по модели расширяющегося очага на глубине 5 км не согласуются с реальными полями смещений).

Полученные результаты позволяют предложить альтернативную модель, согласно которой сейсмическая активизация сопровождала процесс отступления и погружения магматического расплава от вулкана Большая Удина в выделенный томографическими методами очаг в районе р. Толуд.

Работа выполнена при финансовой поддержке Мегагранта Минобрнауки России № 14.W03.31.0033, НИОКТР № АААА-А19-119031590060-3 и гранта РФФИ № 19-35-90092.

Список литературы:

1. Koulakov I., Abkadyrov I., Al Arifi N., Deev E., Droznina S., Gordeev E.I., Jakovlev A., El Khrepy S., Kulakov R.I., Kugaenko Y., Novgorodova A., Senyukov S., Shapiro N., Stupina T., and West M. Three different types of plumbing system beneath the neighboring active volcanoes of

Докладчик: **Тимофеева Вера Анатольевна**, асп., н.с., v.a.timofeeva@iperas.ru, онлайн-доклад

Tolbachik, Bezymianny, and Klyuchevskoy in Kamchatka // J. Geophys. Res. Solid Earth, 2017, 122, doi:10.1002/2017JB014082.
2. Салтыков В.А., Воропаев П.В., Кугаенко Ю.А., Чебров Д.В. Удинская сейсмическая активизация 2017–2018 гг. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2018. № 1. В. № 37, С.5-7.
3. Koulakov I., Komzeleva V., Abkadyrov I., Kugaenko Y., El Khrepy S., Al Arifi N. Unrest of the Udina volcano in Kamchatka inferred from the analysis of seismicity and seismic tomography // Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2019, 379, P.45–59.

Докладчик: **Тимофеева Вера Анатольевна**, асп., н.с., v.a.timofeeva@iperas.ru, онлайн-доклад

СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЮЖНОГО СЕГМЕНТА СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА

Толстова А.И.[1], Дубинин Е.П.[2], Грохольский А.Л.[2]

[1]Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Геологический факультет, Кафедра динамической геологии

[2]Музей землеведения Московского государственного университета (МГУ)

Раскол гондванских материков привел к формированию Южного Срединно-Атлантического хребта (ЮСАХ) около 140 млн. лет назад [1]. С тех пор история развития этого региона претерпела несколько глобальных кинематических перестроек, приведших к изменению всего структурного плана. Исследования, основанные на анализе геолого-геофизических данных региона, предполагают изменение скоростей и направлений перемещения плит, изменение геометрии их границ, сопровождаемые серией перескоков осей спрединга, а также формирование вулканических поднятий.

Около 130 млн лет назад продвигающаяся к югу рифтовая трещина САХ подошла к континентальному Фолклендскому плато, которое послужило структурным барьером на пути рифта. Это привело к образованию крупного трансформного разлома Агульяс-Фолклендский, соединяющего ЮСАХ и спрединговый хребет Агульяс. По мере аккреции на хребте Агульяс, Фолклендское плато перемещалось к западу, пока его восточный край не приблизился к рифтовой зоне САХ (80 Ма) [1]. Это дало возможность рифтовой зоне САХ продвинуться дальше к югу вдоль границы континентального плато. Продвижение САХ к югу привело к перескоку оси спрединга на запад, отмиранию старого спредингового хребта Агульяс, формированию нового спредингового сегмента ЮСАХ и двух шовных зон Метеор и Айлос Оркадос, фиксирующих его место заложения[1]. Велика вероятность, что перестройки этой части океана, были стимулированы активностью горячих точек[2].

В данной работе с помощью физического моделирования рассмотрены условия перескока оси спрединга, а также структурообразующие деформации на разных стадиях развития южного сегмента Срединно-Атлантического хребта. Результаты экспериментов позволили выявить характер изменения сегментации в процессе развития ЮСАХ, а также условия перескока оси спрединга. Показано значительное влияние горячих точек на формирование ЮСАХ и сопряженных структур. Работа выполнена в лаборатории экспериментальной геодинамики Музея землеведения МГУ имени М.В. Ломоносова.

Список литературы:

1. *Дубинин Е.П., Сущевская Н.М., Грохольский А.Л.*, История развития спрединговых хребтов Южной Атлантики и пространственно-временное положение Тройного соединения Буве // Российский журнал наук о Земле. 1999. Том 1. №5. с. 423-443.
2. *Hoernle, K., Schwindrofska, A., Werner, R., van den Bogaard, P., Hauff, F., Uenzelmann-Neben,G.,&Garbe-Schönberg,D.* Tectonic dissection and displacement of parts of Shona hotspot volcano 3500 km along the Agulhas-Falkland Fracture Zone // Geology. 2016. 44(4). P. 263–266.

Докладчик: **Толстова Анастасия Ильинична**, МГУ, tolstova5nastya@gmail.com, онлайн-доклад

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГНСС ИЗМЕРЕНИЙ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ СВЕРХВЯЗКОЙ НЕФТИ

Фаттахов Е.А.

Лаборатория современной и прикладной геодинамики (201), ИФЗ РАН

В последние годы использование ГНСС измерений на геодинамических полигонах, расположенных в регионах с различным сейсмическим потенциалом, включая нефтегазоносные, становится более популярным, чем наземные измерения. При этом создается иллюзия, что несколько стационарных, квазинепрерывно работающих станций могут полностью заменить полноценные нивелирные профиля и отобразить полную картину вертикальных движений земной поверхности в пределах всего месторождения, включая разломные зоны [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

В этой связи, на одном из геодинамических полигонов Татарстана был проведен спектральный анализ полученных рядов ГНСС наблюдений и осуществлен сравнительный анализ результатов измерений вертикальных смещений земной поверхности по системе совмещенных реперов нивелирных и ГНСС наблюдений.

Полученные результаты наглядно указывают на различие в поведении смещений земной поверхности, полученных разными методами измерений.

Работа выполнена в рамках гос. задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. *Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О.* Пространственно-временные характеристики современной динамики геофизической среды сейсмоактивных и асейсмичных областей // В кн. «Дискретные свойства геофизической среды». М: Наука. 1989. С. 33 – 46.
2. *Грунин А.Г., Кузьмин Ю.О., Фаттахов Е.А.* Проблемные вопросы проектирования геодинамических полигонов на месторождениях УВ // Маркшейдерский вестник. 2014. № 6 (103). С. 24-31.
3. *Дещеревский А.В., Сидорин А.Я., Фаттахов Е.А.* Комплексная методика описания и фильтрации экзогенных эффектов в данных мониторинга, учитывающая вид наблюдений и дефекты экспериментальных данных // Наука и технологические разработки. 2019. Т. 98. № 2. С. 25-60.
4. *Квятковская С.С., Фаттахов Е.А.* Сравнительный анализ деформационных процессов на подземных хранилищах газа // Проблемы недропользования. 2019. № 4 (23). С. 38-49.
5. *Кузьмин Ю.О., Дещеревский А.В., Фаттахов Е.А., Кузьмин Д.К., Казаков А.А., Аман Д.В.* Инклинометрические наблюдения на месторождении им. Ю. Корчагина // Геофизические процессы и биосфера. 2018. Т. 17. № 2. С. 95-110.
6. *Кузьмин Ю.О., Дещеревский А.В., Фаттахов Е.А., Кузьмин Д.К., Казаков А.А., Аман Д.В.* Анализ результатов деформационных наблюдений системой инклинометров на месторождении им. В. Филановского //Геофизические процессы и биосфера. 2019. Т. 18. № 4. С. 86-94.
7. *Кузьмин Ю.О.* Индуцированные деформации разломных зон // Физика Земли. 2019. №5. С. 61-75.
8. *Кузьмин Ю.О., Фаттахов Е.А.* Анализ повторных нивелирных наблюдений в зонах разломов методами теории деформаций // Вестник СГУГиТ 2018. Т. 23. № 4. С. 67-84.
9. *Фаттахов Е. А.* Спектрально-временной анализ светодальномерных наблюдений на камчатском и ашхабадском геодинамических полигонах // *Вестник СГУГиТ 2017. Т. 22. № 4. С. 5-17.*

Докладчик: **Фаттахов Евгений Альбертович**, н.с., fea@ifz.ru, онлайн-доклад

МАГНИТОСТРАТИГРАФИЯ ОПОРНЫХ ПЕРМО-ТРИАСОВЫХ РАЗРЕЗОВ ЖУКОВ ОВРАГ, СЛУКИНО И ОКСКИЙ СЪЕЗД (РУССКАЯ ПЛИТА)

Фетисова А.М.[1,2], Голубев В.А.[3], Веселовский Р.В.[1,2], Балабанов Ю.П.[4]

[1]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

[2]Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, г. Москва

[3]Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва

[4]Казанский федеральный университет, Казань

Степень надёжности и детальности региональных и глобальной шкал магнитной полярности зависит, в первую очередь, от качества и количества имеющихся палеомагнитных данных. Разработка шкалы магнитной полярности Русской плиты для пограничного пермо-триасового интервала является актуальной задачей и требует получения новых палеомагнитных определений. В этой работе мы представляем магнитостратиграфическую интерпретацию как новых, так и опубликованных ранее палеомагнитных данных по трем пермо-триасовым разрезам центральной части Московской синеклизы – Жуков овраг, Слукино и Окский съезд. Представленные в этой работе данные на современном методическом уровне подтверждают четырехчленное строение ортозоны R_3P в центральной части Русской плиты. Важным результатом является обнаружение в магнитозоне n_2R_3P интервала аномальной палеомагнитной записи, не характерной для пермского времени. Ранее похожий интервал был обнаружен в разрезах северной части Русской плиты (разрезы Недуброво и Балебиха); данный интервал может быть использован для региональной корреляции разрезов. Полученные результаты вносят существенные изменения в существующую магнитостратиграфическую схему пермо-триасовых отложений Русской плиты, так как с учетом точной привязки к стратиграфическим уровням мы выделяем в нижней части вохминского горизонта верхней перми-нижнего триаса зону прямой полярности NPT, на смену которой приходит зона R1T1, которой отвечают верхневохминские отложения. Тем самым строение поволжской суперзоны становится двухчленным.

Исследования проводятся при поддержке гранта РФФИ 18-05-00593.

Докладчик: **Фетисова Анна Михайловна**, инженер, anna-fetis@yandex.ru, оффлайн-доклад

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЕКЦИОННОГО МЕТОДА К ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ ГРАВИРАЗВЕДКЕ НА ПРИМЕРЕ НОРИЛЬСКОГО МЕТОРОЖДЕНИЯ

Фирсов И. А.[1], Богоутдинов Ш.Р.[1,2], Агаян С.М.[1]

[1]Геофизический Центр РАН, г. Москва

[2]Лаборатория геоинформатики (501), ИФЗ РАН

Интерпретация геофизических аномалий представляет собой процедуры извлечения информации из данных наблюденных физических полей, в которых в скрытом виде содержится большой объем геологической информации. Основываясь на данных геофизики можно формально описать распределение физических свойств. При этом моделей, генерирующих наблюденное поле, может быть бесчисленное множество. Поэтому для выполнения содержательной интерпретации необходима вся имеющаяся априорная геолого-геофизическая информация по изучаемому объекту.

Цель настоящей работы - описать новый подход [1], который позволяет получить множество решений, удовлетворяющих поставленной задаче, и затем найти среди этих эквивалентных решений то решение, которое наилучшим образом удовлетворяет имеющейся априорной информации о распределении свойств модели.

Конструктивное описание многообразия решений $\Phi(A,b)$ линейной системы $Ax=b$ в n-мерном евклидовом пространстве E позволяет учесть априорную информацию о свойствах искомого решения x^f путем его поиска на многообразии $\Phi(A,b)$.

Конструктивное описание $\Phi(A,b)$ также получается в рамках теории ABS-алгоритмов [2], но, к сожалению, его компьютерная реализация неустойчива (несмотря на наличие управляющих параметров шаг пересчета решения может быть очень большим). Поэтому в работе предлагается более простая и устойчивая на практике параметризация $\Phi(A,b)$.

Разработанный подход применялся для исследования геолого-геофизическая модели разреза ликвационного месторождения Норильской рудной зоны, представляющей собой, в первом приближении, субгоризонтально-слоистую среду [3]. Производился поиск решения обратной задачи гравиразведки с учетом различных подобранных квазирешений в качестве априорной информации, и производилось сравнение полученных результатов с исходной моделью среды.

В результате исследования построен функционал позволяющий учитывать мнения двух экспертов: первого, о структуре априорных блоков, второго, о распределении плотностей модели геолого-геофизической среды. В ходе решения обратной задачи получено результат с минимальной дисперсией плотностей на предполагаемых блоках и удовлетворяющее наблюденному гравитационному полю.

Работа выполнялась в рамках государственного задания ГЦ РАН, утвержденного Министерством науки и высшего образования РФ.

Список литературы:

1. Проекционный метод решения системы линейных уравнений и его применение в гравиметрии / С.М. Агаян, Ш.Р. Богоутдинов, А.А. Булычев и др. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. - 2020. - Т. 493, № 1. - С. 58-62. [DOI: 10.31857/S2686739720070051]
2. Абаффи Й., Спедикато Э. Проекционные ABS-алгоритмы. Москва: Мир, 1996. 267 с.
3. Куликов В.А. Геофизика твердых полехных ископаемых. - ООО ПолиПРЕСС г. Москва, 2017. - 208 с.

Докладчик: **Фирсов Илья Андреевич**, м.н.с., i.firsov@gcras.ru, онлайн-доклад

МЕТОД ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ СЕТИ МАГНИТНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР В ИОНОСФЕРЕ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ГЕОИНДУЦИРОВАННЫМИ ТОКАМИ

Чинкин В. Е.[1], Соловьев А. А.[1,2], Пилипенко В. А.[1,3]

[1]Геофизический Центр РАН, г. Москва

[2]Лаборатория геоинформатики (501), ИФЗ РАН

[3]Лаборатория физики околоземного пространства (402), ИФЗ РАН

Традиционно полагается, что основные геомагнитные возмущения на авроральных широтах создаются ионосферным электроджетом, вытянутым в восточно-западном направлении. Однако, высказываются предположения, что на фоне аврорального электроджета могут возникать локализованные ионосферные вихревые структуры. Нами предложен метод обработки сигналов [1], который позволяет по данным наземной сети магнитных станций автоматически определять наличие нескольких вихрей, их расположение и траектории, а также характерные параметры.

В качестве исходных данных используются 1-мин горизонтальные компоненты вектора магнитной индукции сети IMAGE. Решается обратная задача восстановления Холловских токов по их магнитному влиянию в конечном числе точек. Данные станций интерполированы на прямоугольную сетку, с применением техники виртуальных магнитограмм [2], позволяющей учесть вращение Земли. Из полученного поля с помощью функции типа Грина выделяется потенциальная составляющая горизонтального магнитного поля, которую мы ассоциируем с Холловским током. В дальнейшем проводится анализ структуры полученного векторного поля. Метод не учитывает сферичность Земли и может быть применен только к среднемасштабным структурам ($<10^3$ км). Предложенный мето обработки сигналов позволяет оценить эволюцию во времени каждого вихря, интенсивность и размер втекающего в ионосферу продольного тока, и скорость. Прослеживая положение центров вихрей для разных моментов времени, определяются траектории и скорости движения вихрей вдоль земной поверхности

Данный метод обработки сигналов применен для анализа пульсаций Ps6 - квазипериодических возмущений магнитного поля длительностью 5-20 мин. Магнитные вариации сопоставлены с записями геоиндуцированных токов (ГИТ), индуцированных в линии электропередач на Северо-Западе РФ. Импульсы Ps6 на магнитной станции IVA совпадают со всплесками ГИТ на станции «Выходной» (VKH), расположенной на близкой геомагнитной широте. Обнаружено, что каждый всплеск ГИТ вызван возникновением вихревой структуры, выделенной с помощью вышеизложенного метода. Таким образом, показано, что источником резких всплесков ГИТ с амплитудой до ~ 100 А в линиях электропередач могут быть локализованные короткоживущие вихревые структуры в ионосфере.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 16-17-00121.

Список литературы:

1. Чинкин В.Е., Соловьев А.А., Оценка масштабов конвективных вихрей в ионосфере в плоском приближении, Необратимые процессы в природе и технике: Десятая Всерос. конф. // М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2019
2. Kozyreva, O.V., V.A. Pilipenko, A.A. Soloviev, and M. J. Engebretson (2019), Virtual magnetograms - a tool for the study of geomagnetic response to the solar wind/IMF driving, Russ. J. Earth. Sci., 19, ES2005, doi:10.2205/2019ES000654.

Докладчик: **Чинкин Владислав Евгеньевич**, м.н.с., koladik@gmail.ru, онлайн-доклад

РЕКОНТРУКЦИЯ ИСТОЧНИКОВ СНОСА ПОГРАНИЧНЫХ ПЕРМЬ-ТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МОСКОВСКОГО БАССЕЙНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ U-PB ДАТИРОВАНИЯ ОБЛОМОЧНОГО ЦИРКОНА

Чистякова А.В.[1], Веселовский Р.В.[1,2], Семёнова Д.В.[3], Ковач В.П.[4], Адамская Е.В.[4], Фетисова А.М.[1,2,5]

[1]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

[2]Лаборатория главного геомагнитного поля и петромагнетизма (105), ИФЗ РАН

[3]Институт геологии и минералогии Сибирского отделения РАН, Новосибирск

[4]Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург

[5]Казанский Федеральный Университет, Казань

Разрез пермских и триасовых отложений Русской плиты является одной из наиболее полных записей развития позднепермского биосферного кризиса на суше. В связи с этим разработка качественных детальных стратиграфических построений для соответствующих осадочных комплексов уже много лет является актуальной задачей. Не менее важными остаются и вопросы, связанные с выявлением особенностей глобальной геосистемной перестройки вблизи границы палеозоя и мезозоя, неотъемлемой частью которых является реконструкция питающих провинций пермо-триасовых отложений и их эволюция во времени.

В данном исследовании обозначенные задачи впервые для пермь-триасовых осадочных комплексов Русской плиты решались на основе результатов U-(Th)-Pb LA-ICP-MS датирования обломочного циркона. Объектами исследования явились опорный разрез Жуков овраг (Владимирская область), а также разрез Недуброво (Вологодская область), время накопления которого спорно (поздняя пермь или ранний триас), однако обладающий высоким потенциалом в качестве регионального магнитостратиграфического маркера в связи с обнаружением в слагающих его породах аномальной палеомагнитной записи [1].

В результате проведенных исследований авторами зафиксирована существенная реорганизация питающих провинций, участвующих в формировании отложений Московского бассейна, а также предложена схема источников сноса для позднепермского и раннетриасового времени. Полученная информация служит дополнительным обоснованием раннетриасового возраста недубровской пачки, а также рассматривается в качестве конструктивной основы для качественных палеогеографических исследований, способной сыграть важную роль при создании схемы стратиграфической корреляции пограничных пермь-триасовых комплексов Восточно-Европейской платформы. *Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ (18–05–00593), а также НИР в рамках государственного задания ИФЗ РАН и геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.*

Список литературы:

1. Фетисова А.М., Балабанов Ю.П., Веселовский Р.В., Мамонтов Д.А. Аномальная намагниченность красноцветов недубровской пачки пограничных пермо-триасовых отложений Русской плиты // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63, № 4. С. 544–560.

Докладчик: **Щепалина Полина Денисовна**, м.н.с., polllina95@mail.ru, оффлайн-доклад

ЛУННО-СОЛНЕЧНЫЕ ПРИЛИВЫ И СЕЙСМИЧНОСТЬ: ПРИБАЙКАЛЬЕ, ПРОВИНЦИЯ СЫЧУАНЬ-ЮНЬНАНЬ (КИТАЙ)

Щепалина П. Д. [1,2]

[1]*Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, г. Москва*

[2]*Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва*

Непараметрическая статистика критерия Кёйпера [1] для циклических вариаций применена к двум региональным каталогам континентальных землетрясений. А именно, эмпирические распределения времен возникновения землетрясений Прибайкалья и китайской провинции Сычуань-Юньнань (СЮ) в диапазонах магнитуд $M \geq M_0$, где M_0-4.5, 4.0, 3.5, и 2.8 (Прибайкалье) и 5.5, 5.0, 4.5, 4.0, 3.5, 3.0, 2.5 (СЮ), рассмотрены относительно Лунного (MP) и Солнечного (JD) циклов.

Результаты теста Кёйпера, полученные для двух временных интервалов регистрации сейсмических событий на территории Прибайкалья не дали согласованных результатов. А именно - для временного интервала 1982–1997 гг. и всех магнитудных диапазонов значения теста не позволяют отвергнуть нулевую гипотезу как для MP, так и для JD. Для временного интервала 1994– 2018 гг. распределения событий с $M \geq 2.8$ для MP и JD позволяют с уверенностью отвергнуть гипотезу случайного возникновения сейсмических событий в периоды MP и JD циклов. Это утверждение сохраняется на сокращенной выборке для $M \geq 3.5$ для MP и JD, а в случае JD и для $M \geq 4.0$, тогда как для MP отрицание нулевой гипотезы становится достоверным лишь на уровне 92%. [2].

Результаты теста Кёйпера для каталога сейсмических событий провинции СЮ проведены как для всех сейсмических событий, так и для специальных выборок основных (MN), афтершоковых (AFT) и форшоковых (FOR) событий. Предварительное разделение землетрясений на фоновые и зависимые выполнено методом «ближайшего соседа» [3].

Тест Кёйпера для временного интервала 1970 –2019 гг. говорит о неслучайном возникновении землетрясений для всех диапазонов магнитуд в случае JD и землетрясений из диапазонов $M_0 \leq 4.5$ в случае MP. Вывод полностью подтверждается на специальной выборке AFT. Для выборки FOR нулевую гипотезу нельзя отвергнуть в случае MP, в то время как для JD и землетрясений из диапазонов $M_0 \leq 4.5$ неслучайность возникновения подтверждается. Для выборки MN неслучайность возникновения сейсмических событий подтверждается только по отношению к JD и событий из магнитудных диапазонов 2.5+ и 3.0+.

Результаты теста Кёйпера для СЮ и сокращенному временному интервалу, исключающему катастрофическое Венчуанское землетрясение (12 мая 2008 г.) с 1970 по 2007 гг. подтверждают вывод о неслучайном возникновении землетрясений для всех событий из каталога из диапазонов магнитуд с $M_0 \leq 4.0$ как для JD так и для MP. Вывод подтверждается для JD на выборках AFT и FOR, а для MP можно говорить о неслучайности возникновения сейсмических событий для расширенной выборки всех магнитудных диапазонов в случае AFT и сокращенной выборке FOR с $M_0 \leq 3.5$. В случае MN нулевую гипотезу можно отвергнуть только в случае JD и землетрясений с магнитудами 2.5+.

Отметим, что понимание циклических и других сил, управляющих геодинамикой, может дать фундаментальные подсказки для раскрытия характеристик возникновения землетрясений [4,5].

Докладчик: **Щепалина Полина Денисовна**, м.н.с., polllina95@mail.ru, оффлайн-доклад

Список литературы:

1. Kuiper N.H. Tests concerning random points on a circle // Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 1960, Series A 63, 38–47.
2. Щепалина П.Д., Кособоков В.Г., Некрасова А.К Лунно-солнечные приливы и сейсмичность Прибайкалья // В книге: Современные методы оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений. тезисы докладов и программа всероссийской научной конференции с международным участием. 2019. С. 92-94.
3. .Baiesi M., Paczuski M. Scale-free networks of earthquakes and aftershocks // Phys. Rev. 2004. E 69. 066106.
4. Doglioni C., Panza G., Chapter One - Polarized Plate Tectonics// Advances in Geophysics 2015, 56, 1-167, https://doi.org/10.1016/bs.agph.2014.12.001
5. Riguzzi F., Panza G., Varga P., Doglioni C. Can Earth's rotation and tidal despinning drive plate tectonics? // Tectonophysics 2010, 484, 60-73

Докладчик: **Щепалина Полина Денисовна**, м.н.с., polllina95@mail.ru, оффлайн-доклад

Оглавление

Организационный и Программный комитеты Конференции ……**3**

Программа Конференции ……**4**

Основные черты новейшей активизации докембрийских морфоструктур Северного Приладожья

Агибалов А.О., Сенцов А.А ……..……..…**10**

Совместное моделирование упругих и электрических свойств карбонатных коллекторов

Алексеев А.Г. ……..…….....**11**

Новые данные о глубинном строении Клинско-Дмитровской гряды и её обрамления

Андреева Н.В., Горбатиков А.В., Степанова М.Ю……...……...….**12**

Результаты трекового анализа пермо-триасовых интрузий Сибирской трапповой провинции

Багдасарян Т.Э., Веселовский Р.В., Зайцев В.А., Томсон С., Латышев А.В. ……**13**

Анализ аппроксимационной модели магнитного поля Марса

Батов А. В., Сальников А. М. ……..….**14**

Анализ чувствительности модели в петроупругом моделировании

Березина И. А. ……..……..….**15**

Численное решение уравнения изгиба океанических плит с переменной жесткостью

Бирючева Е.О., Трубицын В.П. ……**16**

Особенности напряженно-деформированного состояния центральной части Кольского полуострова

Бондарь И.В., Маринин А.В., Гордеев Н.А……..….**17**

Построение моделей начального приближения для сейсмической томографии по синтетическим сейсмическим данным, характерным для Западной Сибири

Волчкова В. А. ……..….....**18**

Палеомагнитная запись сталагмита IL-1, пещера Илюхинская (Абхазия)

Гаврюшкин Д.А., Веселовский Р.В. ……..…….....**19**

Кластерный анализ вулканических и тектонических землетрясений на камчатке

Галина Н. А., Шапиро Н.М., Дрознин Д. В. …….....**20**

Характер напряженно-деформированного состояния и источники его формирования на территории Лаптевоморского региона, северо-восточная часть Сибирской платформы

Гордеев Н.А. ……..**21**

Оценка затухания упругих волн в породах доманиковой свиты

Дамянович Д. И. ……..…….**22**

Лабораторные исследования эволюции фильтрационных свойств пород околоскважинной зоны в ходе направленной разгрузки пласта

Егоров Н.А., Гизатуллин Д.М., Леонова А.М. ……...**23**

Pmtools: комплексное программное обеспечение для палеомагнитных исследований

Ефремов И. В., Веселовский Р. В. …….....**24**

Анализ влияния шероховатости трещины на параметр раскрытости

Жигульский С. В. ……..……..……..**25**

Численное решение уравнений Навье-Стокса

Жуковец В.Н. ……..…...**26**

Регистрация сейсмоакустических сигналов на поверхности льда озера Байкал

Загорский Д. Л., Преснов Д.А. …….…….....**27**

Определение упругих характеристик горных пород с помощью комплексирования методов поверхностных и объемных волн

Зыков А. А. ….…….……..**28**

Оперативная передача геофизических измерений по протоколу MQTT

Иванов С.Д., Алешин И.М. …….……**29**

Влияние антропогенных форм рельефа на результаты электроразведочных исследований

Казначеев П.А., Ушаков Д.А., Попов И.Ю. ……...**30**

О взаимосвязи параметров Омори и Гутенберга–Рихтера в афтершоковых последовательностях

Карцева Т. И., Смирнов В. Б., Пономарев А. В., Патонин А. В., Bernard P., Михайлов В. О., Потанина М. Г. ……. ……...……..……**31**

Исследование вариаций объемной активности радона на основе результатов наблюдений на геофизической обсерватории «Борок»

Климанова Е. В., Анисимов С. В., Галиченко С. В., Афиногенов К. В. …….……**32**

Оценка суточного хода объемной активности приземного торона с использованием данных аэрофизических наблюдений

Козьмина А. С., Дмитриев Э. М. ……....**33**

О возможности уточнения геологического разреза пролива Великая салма (Белое море)

Королева А.О. ……..……..……**34**

Моделирование деформационных процессов на месторождении сверхвязких нефтей (юго-восток Татарстана)

Кузьмин Д. К. …….…..….**35**

Магнитные свойства лёссовых отложений и пепла в экспериментальных кострах: перспективы для изучения археологических палеокострищ

Кулакова Е.П., Дедов И.Е., Курбанов Р.Н. ……**36**

Новые палеомагнитные данные по Охотско-Чукотскому вулканическому поясу

Лебедев И.Е., Пасенко А.М., Бобровникова Е.М. ……..…**37**

Экспериментальное исследование механических свойств горных пород одного месторождения западной Сибири

Леонова А.М., Фокин И.В., Гизатуллин Д.М., Егоров Н.А. ……..**38**

Распознавание рудоносных морфоструктурных узлов в Алтайско-Саянском регионе

Горшков А.И., Новикова О.В., Ливинский А.И ……...**39**

ГИС-ориентированная база данных для оценки геодинамической устойчивости Нижне-Канского массива

Лосев И.В. ……...……..…**41**

Оценка полного электронного содержания ионосферы по двухчастотным измерениям ГНСС

Лукьянов Д.С. ……...**42**

kNN-анализ коры Фенноскандии по данным инверсии приёмных функций

Малыгин И. В., Алешин И.М. ……..……..……**43**

Моделирование поля скоростей горизонтальных движений Нижне-Канского массива по данным ГНСС-наблюдений

Маневич А.И. ……..……...**44**

Применение метода георадарного профилирования для изучения деталей приповерхностной структуры метаморфических толщ

Матвеев М.А., Александров П.Н., Морозов Ю.А., Кулаковский А.Л., Смульская А.И., Соколова Ю.Ф. ……..…**45**

Совместный анализ данных топографии и гравитационного поля Венеры

Менщикова Т.И. ……..……..**46**

Новые данные о лессово-почвенных сериях Таджикистана (по материалам разреза Хонако-2)

Мещерякова О.А., Курбанов Р.Н. …….....**47**

Новые результаты сравнения глобальных моделей гравитационного поля с морскими гравиметрическими съемками

Михайлов П. С., Грасс С. И. ……...……**48**

Численные и аналитические модели формирования напряжённого состояния системы хребет-впадина орогена в условиях горизонтального сжатия

Мягков Д. С. ……...……..**49**

Исследование неоднозначности решения обратных задач петроупругого моделирования

Насретдинова Д. И. ……..……..**50**

Возможности сейсмического оборудования для мониторинга основания железнодорожных путей в районах со сложными грунтовыми условиями

Орлова И.П., Капустян Н.К, Антоновская Г.Н. ……...**51**

Пространственно-временная локализация сейсмичности перед сильными землетрясениями Камчатки

Переяслов Л. В., Завьялов А. Д. ……...**52**

Учёт перемежаемости и статистики приземной турбулентности в модели электрического состояния конвективного атмосферного пограничного слоя

Прохорчук А. А., Галиченко С. В., Анисимов С. В. ……....**53**

Оценка долговременного сейсмического режима Кандалакшского грабена

Родина С.Н. ……..……..…**54**

Палеомагнитный тест «косой серии» на примере лопатинской свиты Енисейского кряжа: к обоснованию гипотезы гиперактивности геомагнитного поля на рубеже докембрия и фанерозоя

Рудько Д.В., Шацилло А.В., Рудько С.В., Колесникова А.А., Кузнецов Н.Б….…….**56**

Применение петроупругих моделей трещиноватых коллекторов при планировании сейсмических съемок

Рязанова М.В. ……...**58**

Геолого-геофизические особенности мест сильнейших землетрясений Тихоокеанского пояса

Горшков А.И., Семка М.А. …… **59**

Обобщение результатов анализа новейшей геодинамики Фенноскандии, Балтийской синеклизы и Воронежской антеклизы

Сенцов А.А., Агибалов А.О. ……..……..……...**60**

Использование подходов физики разрушения для анализа сейсмических и акустических событий

Синев И. О., Завьялов А. Д., Ботвина Л. Р. ……...**61**

Активная тектоника и палеосейсмичность северо-востока Иссык-Кульской котловины (Кыргызстан, Тянь-шань)

Стрельников А. А., Абдиева С. В., Корженков А. М. ……..……..**62**

Оценка возможной активизации вулкана Большая Удина на основе совместного исследования сейсмичности и данных РСА-интерферометрии

Тимофеева В.А., Сенюков С.Л., Михайлов В.О., Нуждина И.Н., Дрознина С.Я., Волкова М.С., Шапиро Н.М., Кожевникова Т.Ю., Назарова З.А., Соболевская О.В. **63**

Строение и условия формирования южного сегмента Срединно-Атлантического хребта

Толстова А.И., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л. ……..……**65**

Спектральный анализ ГНСС измерений на месторождении сверхвязкой нефти

Фаттахов Е.А. ……..…….……..…**66**

Магнитостратиграфия опорных пермо-триасовых разрезов Жуков овраг, Слукино и Окский съезд (Русская плита)

Фетисова А.М., Голубев В.А., Веселовский Р.В., Балабанов Ю.П. …….**67**

Применение проекционного метода к обратной задаче гравиразведке на примере Норильского месторождения

Фирсов И. А., Богоутдинов Ш.Р., Агаян С.М. ……...**68**

Метод обработки сигналов сети магнитных станций для определения параметров вихревых структур в ионосфере, ассоциированных с геоиндуцированными токами

Чинкин В. Е., Соловьев А. А., Пилипенко В. А. ……....**69**

Реконтрукция источников сноса пограничных пермь-триасовых отложений Московского бассейна по результатам U-Pb датирования обломочного циркона

Чистякова А.В., Веселовский Р.В., Семёнова Д.В., Ковач В.П., Адамская Е.В.,

Фетисова А.М. ……..……..…..**70**

Лунно-Солнечные приливы и сейсмичность: Прибайкалье, провинция Сычуань-Юньнань (Китай)

Щепалина П. Д. ……...…….**71**

Научное издание

Научная конференция молодых ученых и аспирантов
ИФЗ РАН, 28-29 октября 2020 г.

Тезисы докладов и программа Конференции

Ответственный редактор:
д.г.-м.н. Р.В. Веселовский

Редакторы: к.т.н. С.Д. Иванов, И.Е. Лебедев, Т.Э. Багдасарян

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

Москва, 2020

Издательство «Перо»
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 15, ком. 536
Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36
Подписано к использованию 16.11.2020.
Объем 0,8 Мбайт. Электрон. текстовые данные. Заказ 859.