



ИФЗ·РАН

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

**Научная конференция молодых ученых и аспирантов
ИФЗ РАН**

9-11 ноября 2022 года

Тезисы докладов

Москва – 2022

УДК 55
ББК 26.3я43
НЗ4

НЗ4 Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН: Тезисы докладов.
Москва, ИФЗ РАН, 9-11 ноября 2022 г. М.: ИФЗ РАН, 2022 – 66 с.

ISBN 978-591682-064-5
<https://doi.org/10.21455/molkonf2022>

В сборнике публикуются тезисы докладов Научной конференции молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН, которая состоялась 9-11 ноября 2022 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 (November 9-11, 2022). 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

Редактор: к.г.-м.н. А.М. Фетисова, И.Е. Лебедев

УДК 55
ББК 26.3я43

ISBN 978-591682-064-5
<https://doi.org/10.21455/molkonf2022>

© Авторы, 2022
© ИФЗ РАН, 2022

Оргкомитет Конференции

Председатель оргкомитета конференции:

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

Заместитель председателя оргкомитета конференции:

Фетисова А.М. - инженер лаборатории 105, к.г.-м.н.

Члены оргкомитета:

Лиходеев Д.В. - учёный секретарь ИФЗ РАН, к.ф.-м.н., учёный секретарь конференции

Андреев А.С. - заместитель руководителя департамента по связям с общественностью

Афанасьева Л.В. - старший научный сотрудник лаборатории 601

Стрельников А.А. - научный сотрудник лаборатории 304

Иванов С.Д. - доцент аспирантуры, веб-разработчик департамента по связям с общественностью;

Багдасарян Т.Э. - н.с. лаб. 105.

Программный комитет Конференции

Председатель Программного комитета Конференции:

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

Заместитель председателя программного комитета конференции:

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

Члены программного комитета:

Собисевич А.Л. - заместитель директора ИФЗ РАН по научной работе, чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Камзолкин В.А. - заместитель директора ИФЗ РАН по научной работе, к.г.-м.н.

Татевосян Р.Э. - заместитель директора по вопросам инженерной сейсмологии и оценке сейсмической опасности, д.ф.-м.н.

Анисимов С.В. - директор ГО "Борок", д.ф.-м.н.

Пономарёв А.В. - руководитель научного направления "Физика сейсмического процесса и горных пород", д.ф.-м.н.

Конешов В.Н. - руководитель научного направления "Потенциальные поля", д.т.н.

Лиходеев Д.В. - учёный секретарь ИФЗ РАН, к.ф.-м.н.

Павлов В.Э. - заведующий лабораторией 105, д.ф.-м.н.

Овсяченко А.Н. - заведующий лабораторией 701, к.г.-м.н.

Дубиня Н.В. - с.н.с. лаборатории 202, к.ф.-м.н.

Жостков Р.А. - с.н.с. лаборатории 703, к.ф.-м.н.

Казначеев П.А. - с.н.с. лаборатории 301, к.т.н.

Маринин А.В. - с.н.с. лаборатории 204, к.г.-м.н.

Ученый секретарь конференции:

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

*Тезисы докладов
Научной конференции молодых учёных и аспирантов ИФЗ РАН
9-11 ноября 2022 г., ИФЗ РАН, Москва*

*Запись докладов доступна по ссылке:
https://youtube.com/playlist?list=PLvpWIKKEOTji_IGUpEB3Ryk5d5reGBRmfF*

Оглавление

<u>Организационный и Программный комитеты Конференции</u>	3
<u>ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ВЕНЕРЫ И РЕОЛОГИЯ ПЛАНЕТНЫХ НЕДР</u>	
<u><i>Amorim D.O., Гудкова Т.В.</i>.....</u>	10
<u>СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ</u>	
<u><i>Алёшин М.И., Токарев М.Ю., Миринец А.К.</i></u>	11
<u>ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКОЕ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЕ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО УРАЛА</u>	
<u><i>Аносова М.Б., Латышев А.В.</i>.....</u>	12
<u>РЕЗУЛЬТАТЫ LA-ICP-MS ТРЕКОВОГО ДАТИРОВАНИЯ АПАТИТА ИЗ ИНТРУЗИВНЫХ ТЕЛ СИБИРСКОЙ ТРАППОВОЙ ПРОВИНЦИИ</u>	
<u><i>Багдасарян Т.Э., Хубанов В.Б., Веселовский Р.В.</i>.....</u>	13
<u>НОВЫЙ АЛГОРИТМ ТОМОГРАФИИ ИОНОСФЕРЫ - КАССИОПЕЯ. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ С ИОНОЗОНДАМИ</u>	
<u><i>Васильев А.Е.</i>.....</u>	14
<u>МАГНИТНЫЕ МИНЕРАЛЫ И ПРИРОДА ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ В СПЕЛЕОТЕМЕ ИЗ ВОРОНЦОВСКОЙ ПЕЩЕРЫ</u>	
<u><i>Гаврюшкин Д.А., Пасенко А.М., Рудько Д.В., Сальная Н.В., Веселовский Р.В., Минаев П.А.</i>.....</u>	15
<u>ИЗУЧЕНИЕ ОЧАГОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ГЛУБОКИХ ДЛИННОПЕРИОДНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПОД КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППОЙ ВУЛКАНОВ (КАМЧАТКА) ПО ОТНОШЕНИЯМ АМПЛИТУД Р- И S- ВОЛН</u>	
<u><i>Галина Н.А., Шапиро Н.М.</i>.....</u>	16
<u>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ УПОРЯДОЧЕННЫХ СФЕРИЧЕСКИХ УПАКОВОК</u>	
<u><i>Гоморев М.А., Герке К.М., Евстигнеев Н.М., Хлюпин А.Н., Рябков.О.И.</i>.....</u>	17
<u>МОДЕЛИ ТЕОРИИ ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕД НА ЯЗЫКЕ PУТНОН</u>	
<u><i>Григорян Я.С.</i>.....</u>	18
<u>ПОДВИЖНОСТЬ РАЗЛОМОВ ОСТРОВА САХАЛИН</u>	
<u><i>Гридчина М.С., Стеблов Г.М.</i>.....</u>	19
<u>ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С УЧИТЕЛЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЛАБОРАТОРНЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ</u>	
<u><i>Егоров Н.А.</i>.....</u>	20
<u>ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИСТОРИИ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ДАННЫМ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ И СВОЙСТВАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ТРЕЦИН</u>	
<u><i>Ермолович Д.Д.</i>.....</u>	21
<u>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ УПРУГИХ ВОЛН (ПО ДАННЫМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ)</u>	

<i>Казначеев П.А., Краюшкин Д.В., Кох В.В.</i>	22
<u>НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ШЛИФОВ МЕТОДАМИ СТЕРЕОЛОГИИ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ</u>	
<i>Капков А.А., Карсанина М.В., Герке К.М.</i>	23
<u>СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВАРИАЦИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЁГКИХ ИОНОВ В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ</u>	
<i>Климанова Е. В., Анисимов С. В., Галиченко С. В., Афиногенов К. В.</i>	24
<u>ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ПАЛЕОЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В СЕВЕРНОЙ КАРЕЛИИ И НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ</u>	
<i>Клоков И.А., Горбатов Е.С., Романенко Ф.А., Стрельников А.А.</i>	25
<u>РАЗВИТИЕ СЛУЖБЫ СБОРА ОПЕРАТИВНЫХ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ГЛОБАЛЬНОГО ЦЕНТРА КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ</u>	
<i>Кондратов А.Д., Холодков К.И.</i>	26
<u>КОМПЛЕКС МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ПОСЛЕДНИКОВОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (ПО ОПЫТУ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛАБОРАТОРИИ 302 ИФЗ РАН 2017-2022 ГГ.)</u>	
<i>Королева А.О.</i>	27
<u>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СПЕКТРА ШУМОВ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА</u>	
<i>Котов А.Н., Гончаренко Б.И., Кузьменков В.Ю.</i>	28
<u>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЧАСТОТНЫХ И ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ И УСИЛИТЕЛЕЙ СИГНАЛОВ</u>	
<i>Кох В.В., Краюшкин Д.В., Казначеев П.А.</i>	29
<u>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ПРИ ИЗВУЧЕНИИ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОЙ МОНГОЛИИ</u>	
<i>Кошевой Н.Г., Овсяченко А.Н., Бутанаев Ю.В.</i>	30
<u>РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И УСИЛЕНИЯ СИГНАЛА С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ</u>	
<i>Краюшкин Д.В., Кох В.В., Казначеев П.А.</i>	31
<u>ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ МОДЕЛИ РАЗДВИГОВЫХ РАЗЛОМОВ</u>	
<i>Кузьмин Д.К.</i>	32
<u>НОВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ И ПЕТРОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ЛЕССОВО-ПОЧВЕННОГО РАЗРЕЗА КУЛЬДАРА, ЮЖНЫЙ ТАДЖИКИСТАН</u>	
<i>Кулакова Е.П.</i>	33
<u>О МОДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ЧАНДЛЕРОВСКОГО ПЕРИОДА ДЛЯ МАРСА</u>	
<i>Кулик Е.А., Гудкова Т.В.</i>	34
<u>РАСЧЕТ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛНОРАЗМЕРНОГО НЕКОНСОЛИДИРОВАННОГО КЕРНА С ПОМОЩЬЮ АПСКЕЙЛИНГА РЕКОНСТРУИРОВАННОГО ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА</u>	
<i>Кулыгин Д. А., Хлюпин А.Н., Герке К.М.</i>	35

<u>ОЦЕНКА ФИЛЬТРАЦИОННО-ЁМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН В СЛОЖНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ КУЮМБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ</u>	
<i>Куприн Д.Ю.</i>	36
<u>АНОМАЛЬНЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В КАМΠΑНСКИХ ВУЛКАНИТАХ ПРИМАГАДАНЬЯ</u>	
<i>Лебедев И.Е., Пасенко А.М.</i>	37
<u>АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТОДАМИ СПУТНИКОВОЙ И НАЗЕМНОЙ ГЕОДЕЗИИ НА НЕФТЕГАЗОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ</u>	
<i>Ломоносов М. Д.</i>	38
<u>ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ФЛЮВИАЛЬНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА И ИХ ПРИУРОЧЕННОСТЬ К ТЕКТОНИЧЕСКИМ СТРУКТУРАМ</u>	
<i>Мануилова Е.А.</i>	39
<u>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТОВОЛОКОННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ПРИ РАЗВЕДКЕ И МОНИТОРИНГЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ</u>	
<i>Марятов А.К.</i>	40
<u>ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ</u>	
<i>Мельник Г.Э., Стеблов Г.М.</i>	41
<u>МАГНИТНАЯ ТЕКСТУРА ЛЁССОВО-ПОЧВЕННЫХ СЕРИЙ ТАДЖИКИСТАНА И ПРИАЗОВЬЯ</u>	
<i>Мещерякова О.А., Курбанов Р.Н.</i>	42
<u>ПОИСК РАЗРЫВА ПО ТРЕЩИНАМ В ПРОГРАММЕ SIMSGM</u>	
<i>Молчанов А.Б., Гордеев Н.А.</i>	43
<u>СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ КОРЫ ФЕННОСКАНДИИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ</u>	
<i>Мягков Д.С.</i>	44
<u>КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ, ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ФИЛЬТРАЦИОННО-ЁМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД В ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЗОНЕ СУЛЬЦ-СУ-ФОРЕ (ФРАНЦИЯ)</u>	
<i>Ненюкова А.И., Спичак В.В.</i>	45
<u>ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ И МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ СМЕСЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В НАНОПОРИСТЫХ СРЕДАХ</u>	
<i>Нестерова И.С., Ваганова М.А., Хлюпин А.Н.</i>	46
<u>ПЕТРОУПРУГОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРИСТОГО КЕРОГЕНА</u>	
<i>Окуневич В.С.</i>	47
<u>МАРШРУТЫ МОБИЛЬНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ГНСС ДАННЫХ И СРАВНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ С ЦМР</u>	
<i>Передерин Ф.В., Алёшин И.М., Погорелов В.В., Холодков К.И.</i>	48
<u>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕИДЕАЛЬНОСТИ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ</u>	
<i>Платова А.Г., Быков А.А.</i>	49

<u>ИТОГИ КОНГРЕССА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ: СОЗДАНИЕ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА И ТЕХНОЛОГИЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ АВАЧИНСКОЙ И МУТНОВСКОЙ ГРУПП</u>	
<i>Преснов Д.А.</i>	50
<u>ОЦЕНКА ВКЛАДА АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОТНОГО ПРОФИЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ</u>	
<i>Прохорчук А.А., Галиченко С.В., Климанова Е.В., Анисимов С.В.</i>	51
<u>ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ДЖЕРКОВ ПО ДАННЫМ ОБСЕРВАТОРИИ ХЕРМАНУС (ЮАР)</u>	
<i>Рябова С.А., Шалимов С.Л.</i>	52
<u>ПОДГОТОВКА МАТЕРИАЛОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН ПО ДАННЫМ СТАРОГО ФОНДА ДЛЯ ЗАДАЧ ДИНАМИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ДАННЫХ</u>	
<i>Савойская М.К.</i>	53
<u>ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТЕЙ УПРУГИХ ВОЛН ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ ГРАНИТОИДОВ ИЗ РАЙОНА КОЙНА-ВАНРА</u>	
<i>Сергеев Д.С.</i>	54
<u>АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОРОВО-СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ПОРИСТЫХ СРЕД НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНТРОПИИ</u>	
<i>Сиразов Р.А., Самарин А.И., Хлюпин А.Н., Герке К.М.</i>	55
<u>СИЛЬНАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВО ВНУТРИГОРНЫХ ДОЛИНАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ</u>	
<i>Стрельников А.А., Franklyn K.</i>	56
<u>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД В НАУКЕ О ПОЧВЕ</u>	
<i>Голстыгин К.Д., Герке К.М., Хлюпин А.Н.</i>	57
<u>СОПОСТАВЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОННЫХ И ПЛАТФОРМЕННЫХ ИНКЛИНОМЕТРОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ</u>	
<i>Фаттахов Е.А.</i>	58
<u>МЕТОДОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАЦИЙ В ГАЛОГЕННО-КАРБОНАТНОМ РАЗРЕЗЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ</u>	
<i>Хабипьянов Л.С.</i>	59
<u>МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СТРУКТУРНЫХ ПОСТРОЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЕКТА В АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ</u>	
<i>Харитонов Н.В.</i>	60
<u>БАЗОВЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ МЕТРИКИ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА ПРИМЕРЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ ДЛЯ АВИАЦИИ</u>	
<i>Холодков К. И., Алёшин И.М.</i>	61
<u>ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗА «SWEET SPOT» ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТРИЗ</u>	
<i>Хуснутдинов Ф.Ф., Нугманов И.И.</i>	62
<u>АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ НА ОСНОВЕ MLP-НЕЙРОСЕТИ ПО НАЗЕМНЫМ ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ</u>	

<u>Чинкин В.Е., Гетманов В.Г.....</u>	<u>63</u>
<u>КОМПЛЕКСНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ U-PB LA-ICP-MS ДАТИРОВАНИЯ И РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ОБЛОМОЧНОГО ЦИРКОНА ИЗ ПОГРАНИЧНЫХ ПЕРМО-ТРИАСОВЫХ РАЗРЕЗОВ ВОСТОЧНОГО БОРТА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ</u>	
<u>Чистякова А.В., Веселовский Р.В.....</u>	<u>64</u>
<u>ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ НИЖНЕКАНСКОГО МАССИВА</u>	
<u>Шевчук Р.В., Маневич А.И.....</u>	<u>65</u>

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ВЕНЕРЫ И РЕОЛОГИЯ ПЛАНЕТНЫХ НЕДР

*Amorim D.O.¹, Гудкова Т.В.²*¹*МФТИ, Кафедра прикладной геофизики*²*ИФЗ РАН, Лаборатория происхождения, внутреннего строения и динамики Земли и планет (102)*

Исследование внутреннего строения Венеры является важной задачей, так как условия в недрах этой планеты тесно связаны с её эволюцией и могут объяснить ряд особенностей Венеры. Например, известно, что у Венеры нет собственного магнитного поля и это говорит о том, что её ядро должно заметно отличаться от земного ядра.

Единственные измеренные геофизические параметры Венеры – это момент инерции [1] и приливное число Лява k_2 [2]. Они пока измерены с невысокой точностью. С целью уточнения значений этих параметров и измерения других, разрабатываются миссии по исследованию Венеры: проект Роскосмоса - Венера-Д, проект Европейского космического агентства - EnVision и проект НАСА – VERITAS.

На основе модели Земли PREM [3], построены десятки моделей Венеры, отличающиеся радиусом ядра, плотностью мантии и плотностью ядра. Для всех моделей вычислен момент инерции. Сравнение модельных значений момента инерции с измеренным 0.337 ± 0.024 [1] позволяет заключить, что наиболее вероятные – это модели с радиусом ядра в интервале от 3000 до 3400 км.

В работе [4] предлагается использовать реологию Андраде для описания неупругости недр планет и спутников. Она активно применяется в исследованиях космических тел и имеет экспериментальное подтверждение для мантийных силикатов. В нашей работе мы также используем реологию Андраде для моделирования приливных деформаций Земли и Венеры. Эта реология зависит от некоторого неизвестного параметра альфа, зависящего от состава и условий вещества. Для “калибровки” реологического уравнения, мы вычислили приливные числа Лява Земли и их сравнили с табличными значениями. Рассмотрены различные профили вязкости. Получено что параметр альфа должен находиться в интервале от 0.2 до 0.35 чтобы правильно описывать приливные деформации Земли.

Для всех моделей Венеры вычислены числа Лява и ряд других геофизических величин. Сравнение модельных значений с измеренными позволяет заключить, что модели с маленьким ядром (радиус < 3000 км) маловероятные. Измерение приливного сдвига фазы необходимо для уточнения вязкости в недрах Венеры, что в свою очередь поможет определить размер ядра с хорошей точностью.

Список литературы:

1. *Margot, Jean-Luc, et al.* "Spin state and moment of inertia of Venus." *Nature Astronomy* 5.7 (2021): 676-683.
2. *Konopliv, A. S., and C. F. Yoder.* "Venusian k_2 tidal Love number from Magellan and PVO tracking data." *Geophysical research letters* 23.14 (1996): 1857-1860.
3. *Dziewonski, Adam M., and Don L. Anderson.* "Preliminary reference Earth model." *Physics of the earth and planetary interiors* 25.4 (1981): 297-356.
4. *Castillo-Rogez, Julie C., Michael Efroimsky, and Valéry Lainey.* "The tidal history of Iapetus: Spin dynamics in the light of a refined dissipation model." *Journal of Geophysical Research: Planets* 116.E9 (2011)

Докладчик: **Oliveira Amorim, Dargilan**, Студент 5го курса МФТИ, amorim.dargilan@gmail.com

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ
ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Алёшин М.И.^{1,3}, Токарев М.Ю.⁴, Миринец А.К.^{1,2,4}

¹ИФЗ РАН, Лаборатория геоинформатики (№501)

²Институт динамики геосфер Российской академии наук

³ООО Научная компания «Сплит»

⁴МГУ им. М.В. Ломоносова

Работа посвящена изучению строения и свойств четвертичных отложений Петрозаводской губы Онежского озера. В работе проведено комплексное исследование строения и свойств осадочного чехла Петрозаводской губы Онежского озера. На основе бурения со льда выполнена геологическая интерпретация геофизических данных на всю мощность надледникового разреза и кровлю моренных отложений. Впервые по геофизическим данным выделено пять сейсмокомплексов и составлена схема четвертичных отложений Петрозаводской губы Онежского озера.

Использованная технология позволила произвести количественную оценку физических свойств осадков, слагающих верхнюю часть геологического разреза Онежского озера. Для выделенных сейсмокомплексов были рассчитаны скорости продольных волн, плотности и удельные электрические сопротивления. Перечисленные характеристики осадков были получены либо прямыми лабораторными методами изучения кернов, либо посредством количественной интерпретации геофизических данных, включая скоростной анализ, сейсмическую и электромагнитную инверсию.

Впервые на акватории Петрозаводской губы Онежского озера были локализованы потенциально опасные геологические процессы и явления, определенные в СП-504.1325800.2021. Использованный комплекс методов позволил выявить следы техногенного воздействия, газонасыщенные грунты, каналы миграции газов, палеоврезы и тектонические нарушения, обнаружить в плане и разрезе геологические границы, обусловленные сменой литологического состава, а также выходы на поверхность скальных грунтов.

ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКОЕ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЕ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО УРАЛА.

Аносова М.Б.², Латышев А.В.^{1,3}

¹*ИФЗ РАН, Лаборатория археомагнетизма и эволюции магнитного поля (106)*

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

³*МГУ им. М.В. Ломоносова*

Объекты исследования – рифейские интрузивные тела из разных районов Башкирского антиклинория (Южный Урал). В рифее на территории Башкирского антиклинория находился эпиконтинентальный бассейн, где было несколько этапов рифтинга, в результате которого и сформировались изучаемые магматические тела. В позднем палеозое Башкирский антиклинорий был вовлечен в коллизионные процессы на Южном Урале, и значительная часть слагающих антиклинорий пород была перемагничена.

Позднепалеозойская вторичная компонента намагниченности была выделена в 37 из 74 отобранных сайтов (в случае маломощных интрузий один сайт как правило равен одному опробованному магматическому телу, в крупных же интрузивах, таких как Главная Бакальская дайка, отбиралось несколько сайтов). Полученные средние по сайтам направления позднепалеозойской компоненты образуют достаточно тесную группу в географической системе координат, а в стратиграфической имеют больший разброс. То есть позднепалеозойская компонента является постскладчатой. Средние по сайтам направления были объединены в несколько групп (районов), в зависимости от их географического положения и положения относительно главных разрывных нарушений. Средние по районам направления также образуют тесную группу в географической системе координат. Направления между отдельными районами не имеют статистических отличий, а распределение направлений не демонстрирует очевидных закономерностей, например, продвижения фронта перемагничивания с юга на север и др. То есть, перемагничивание произошло примерно одновременно на всей территории Башкирского антиклинория. Однако отдельные статистические различия между районами все же есть и могут объясняться: 1) Немного разным временем перемагничивания; 2) Локальными тектоническими движениями; 3) Недостаточным осреднением вековых вариаций.

Палеомагнитный полюс, рассчитанный по вторичной позднепалеозойской компоненте, совпадает со средним по 18 полюсам для Стабильной Европы с возрастом 279-299 млн лет.

Мы предполагаем химический генезис вторичной позднепалеозойской компоненты. Главный минерал-носитель намагниченности – магнетит имеет слишком высокие деблокирующие температуры для возможности формирования термовязкой компоненты. А также время формирования компоненты соответствует времени последнего этапа зеленосланцевого метаморфизма.

Таким образом, перемагничивание произошло на всей территории Башкирского антиклинория около 279-299 млн. лет. и связано с последним этапом зеленосланцевого метаморфизма. После образования вторичной позднепалеозойской компоненты не было значительных движений ни блоков внутри Башкирского антиклинория, ни Башкирского антиклинория относительно Восточно-Европейской платформы.

Докладчик: **Аносова Майя Борисовна**, ведущий инженер, mai.anosova@yandex.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ LA-ICP-MS ТРЕКОВОГО ДАТИРОВАНИЯ АПАТИТА ИЗ ИНТРУЗИВНЫХ ТЕЛ СИБИРСКОЙ ТРАППОВОЙ ПРОВИНЦИИ

Багдасарян Т.Э.^{1,2}, Хубанов В.Б.³, Веселовский Р.В.^{1,2}

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

²*МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический ф-т*

³*Геологический институт Сибирского отделения РАН*

Среди методов низкотемпературной геохронологии метод трекового анализа апатита занимает одну из ключевых позиций. Плотность треков спонтанного деления ^{238}U позволяет оценивать время, прошедшее с момента последнего остывания пород ниже 120°C , а распределение длин треков отражает скорость остывания до $\sim 60^\circ\text{C}$. Таким образом, трековый анализ апатита, в комбинации с результатами изотопного датирования полевых шпатов и слюд Ar/Ar методом, позволяет оценить термальную эволюцию пород от 350°C и ниже.

В данной работе представлены результаты трекового датирования апатита, впервые выполненного в Институте физики Земли РАН с использованием метода масс-спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и лазерной абляцией (LA-ICP-MS) для двух интрузивных тел Сибирской пермо-триасовой трапповой провинции: щелочно-ультрасосновного плутона Маган и Контайской интрузии, а также выполнено их сравнение с ранее опубликованными результатами из этих же интрузий, которые получены определением концентрации урана методом внешнего детектора [1]. Подсчет плотностей, диаметров треков и длин скрытых треков выполнялись в Центре коллективного пользования (ЦКП) Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (г. Москва) [2], измерение концентрации урана выполнялось в Геологическом институте СО РАН (г. Улан-Удэ) по протоколу [3].

Полученные трековые возрасты составляют 215 ± 18 и 238 ± 35 млн. лет для интрузии Маган и 142 ± 22 млн. лет для Контайской интрузии и маркируют время, прошедшее с момента их остывания ниже 110°C . Распределения длин треков исследованных образцов свидетельствует об их быстром остывании до приповерхностных температур.

Исследования выполнены на оборудовании ЦКП "Петрофизика, геомеханика и палеомагнетизм" ИФЗ РАН (Veselovskiy et al., 2022). Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90066.

Список литературы:

1. Bagdasaryan T.E., Thomson S.N., Latyshev A.V., Veselovskiy R.V., Zaitsev V.A., Marfin A.E., Zakharov V.S., Yudin D.S. Thermal history of the Siberian Traps Large Igneous Province revealed by new thermochronology data from intrusions // *Tectonophysics*. 2022. V.836. 229385.
2. Veselovskiy, R.V., Dubinya, N.V., Ponomarev, A.V., Fokin, I.V., Patonin, A.V., Pasenko, A.M., Fetisova, A.M., Matveev, M.A., Afinogenova, N.A., Rud'ko, D.V., Chistyakova, A.V. Shared research facilities "Petrophysics, geomechanics and paleomagnetism" of the Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2022. 13 (2), 0579.
3. Cogné N, Chew D.M., Donelick R.A., Ansberque C. LA-ICP-MS apatite fission track dating: a practical zeta-based approach *Chem. Geol.* 2020. 531, p. 119,302

Докладчик: **Багдасарян Татьяна Эдвардовна**, н.с., tanya.bagdasaryan@yandex.ru

НОВЫЙ АЛГОРИТМ ТОМОГРАФИИ ИОНОСФЕРЫ - КАССИОПЕЯ. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ С ИОНОЗОНДАМИ

Васильев А.Е.

Федеральное государственное бюджетное учреждение “Институт прикладной геофизики им. ак. Е.К. Федорова”

С 2008 года в России была развёрнута сеть высокоорбитальной радиотомографии ионосферы, в составе которой помимо измерительной аппаратуры был запущен сервер обработки с алгоритмом томографии, разработанным МГУ. К настоящему времени алгоритм технически устарел, языки программирования развились на новый уровень, стали широко применяться протоколы реального времени.

Проанализировано решение проблемы аппаратурных задержек DCB (Differential Code Biases) методом, принятым в мировой практике по открытым публикациям [1], выделены методические недостатки зарубежного алгоритма.

В рамках инициативной разработки ФГБУ “ИПГ” создано новое программное обеспечение - “Кассиопея”, свободное от лишних научных предположений и ограничений. “Кассиопея” запускалась на модельном распределении, а также на реальных данных российской и международной сетей. Алгоритм прошёл первые проверки путём сравнения данных с моделью ионосферы SIMP-2 (ФГБУ “ИПГ”), дополненной оперативными данными ионозондов российской и международной сетей.

Результаты проверки показали, что “Кассиопея” может быть использована для получения TEC/ПЭС и DCB с высокой оперативностью и точностью. Детальность результатов позволяет видеть эффект двойного дневного максимума (Double Diurnal Maxima, DDM) [2] по спутникам ГЛОНАСС/GPS, обнаруженный ранее по геостационарным спутникам Beidou/COMPASS китайскими учёными в азиатском регионе согласно их открытой публикации. Точность и оперативность получения аппаратурных поправок DCB “Кассиопеи” может превосходить открытые данные алгоритма мировой практики. “Кассиопея” позволяет импортозаместить зарубежные результаты DCB спутников аналогичными с высокой точностью, потребляя данные только сети приёмников ГНСС в России.

В дальнейшем предполагается усовершенствовать и развить новый алгоритм, провести больше видов сравнений и статистических оценок.

Работа выполнена без финансовой поддержки сторонних организаций.

Список литературы:

1. Wang N., Yuan Y., Li Z., Montenbruck O., Tan B. Determination of differential code biases with multi-GNSS observations // Journal of Geodesy. 2016. V. 90. Issue 3. P. 209-228.
2. Wang R., Chen P., Yao Y., An Z., Wang Z. Research on the ionospheric diurnal Double-Maxima patterns in Asia-Australian area based on the VTEC observations of BDS geostationary satellites // Advances in Space Research. 2022. V. 69, Issue 10. , P. 3705-3716.

МАГНИТНЫЕ МИНЕРАЛЫ И ПРИРОДА ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ В СПЕЛЕОТЕМЕ ИЗ ВОРОНЦОВСКОЙ ПЕЩЕРЫ

*Гаврюшкин Д.А.¹, Пасенко А.М.¹, Рудько Д.В.¹, Сальная Н.В.^{1,2}, Веселовский
Р.В.^{1,3}, Минаев П.А.¹*

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

²*ГИН РАН*

³*МГУ им. М.В. Ломоносова*

В последние годы спелеотемы – натечные образования пещер - зарекомендовали себя как уникальные природные архивы палеомагнитных данных, способные записывать и сохранять палеомагнитный сигнал высокого качества и временного разрешения [1], что позволяет использовать спелеотемы как идеальный объект для изучения вековых вариаций и, в частности, геомагнитных инверсий и экскурсов.

В изучаемом нами спелеотеке Vog из Воронцовской пещеры была обнаружена запись геомагнитного экскурса [2]. Для проверки надежности этого результата, а также с целью выявления минералов-носителей естественной остаточной намагниченности (NRM) и ее природы был проведен комплексный лабораторный анализ образцов с использованием петромагнитного (DTMA, анализ коэрцитивных параметров), микроскопического (SEM) и рентгенодифракционного (XRD) методов. Изучению подверглись: аншлифы (SEM), минеральная фракция (DTMA, анализ коэрцитивных параметров, XRD), магнитная фракция (XRD, SEM) из спелеотека, а также образцы грунта из источника сноса - русла ручья, питающего спелеотем, на поверхности и под землей (DTMA, анализ коэрцитивных параметров, XRD, SEM).

Проведенные исследования выявляют три основных магнитных фазы, способных нести NRM, интерпретируемых нами как магнетит, маггемит и гематит/гемоильменит, причем состав и свойства магнитных минералов в спелеотеке повторяют таковые в пробах из источника сноса. Схожие результаты были получены, например, в работе [3]. Это позволяет сделать вывод о преимущественно ориентационной (осадочной, DRM) намагниченности в спелеотеке Vog.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 22-27-00453.

Список литературы:

1. Ioan Lasca, Joshua M. Feinberg, Speleothem magnetism, Quaternary Science Reviews, Volume 30, Issues 23–24, 2011, Pages 3306-3320, ISSN 0277-3791, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.08.004>.
2. Gavriushkin D.A., Pasenko A.M., Veselovskiy R.V., Rud'ko D.V., 2022. Geomagnetic Excursion Record Preserved in the Speleothem from Western Caucasus: First Data. Geodynamics & Tectonophysics 13 (2s), 0624. doi:10.5800/GT-2022-13-2s-0624
3. Font, E., C. Veiga-Pires, M. Pozo, C. Carvallo, A. C. de Siqueira Neto, P. Camps, S. Fabre, and J. Mirão (2014), Magnetic fingerprint of southern Portuguese speleothems and implications for paleomagnetism and environmental magnetism, J. Geophys. Res. Solid Earth, 119, doi:10.1002/2014JB011381.

Докладчик: **Гаврюшкин Дмитрий Александрович**, вед. инж., аспирант,
dmitry.gavriushkin@gmail.com

ИЗУЧЕНИЕ ОЧАГОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ГЛУБОКИХ ДЛИННОПЕРИОДНЫХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПОД КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППОЙ ВУЛКАНОВ (КАМЧАТКА) ПО
ОТНОШЕНИЯМ АМПЛИТУД P- И S- ВОЛН

Галина Н.А.^{1,2}, Шапиро Н.М.²

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

²*Institut des Sciences de la Terre, Université Grenoble Alpes, CNRS*

Длиннопериодные землетрясения и треморы являются одним из двух основных классов вулканической сейсмичности. Глубокие длиннопериодные (ГДП) землетрясения представляют особый интерес, поскольку обычно они связаны с процессами в глубинных магматических резервуарах вблизи границы кора-мантия. Однако, физический механизм возникновения данных землетрясения еще не до конца понятен. Гипотезы об их происхождении включают в себя, например, термомеханические напряжения, вызванные охлаждением глубинных интрузий [1]; быструю дегазацию CO₂ из перенасыщенных базальтовых магм [2]; вторичное кипение магмы [3].

В данной работе изучаются ГДП землетрясения, происходящие на границе коры-мантия под Ключевской группой вулканов (Камчатка) с целью восстановить их механизм генерации. Рассматриваются три возможных источника (однонаправленная сила, подвижка по разлому и трещина отрыва), а также комбинированный источник (горизонтальная трещина с однонаправленной силой), которые могли бы вызывать ГДП события. При заданных положениях гипоцентров и диаграммах направленности излучения были рассчитаны теоретические значения амплитуд P- и S-волн на станциях и их отношение. Для каждого рассматриваемого физического механизма был произведен перебор по сетке всех возможных углов ориентации источника для нахождения оптимального решения, которое минимизирует значение невязки между наблюдениями и теоретическими значениями.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки No 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)

Список литературы:

1. Aso, N., & Tsai, V. C. Cooling magma model for deep volcanic long-period earthquakes // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 2014. V. 119. № 11. P. 8442-8456.
2. Melnik, O., Lyakhovsky, V., Shapiro, N. M., Galina, N., & Bergal-Kuvikas, O. Deep long period volcanic earthquakes generated by degassing of volatile-rich basaltic magmas // Nature communications. 2020. V. 11. № 1. P. 1-7.
3. Wech, A. G., Thelen, W. A., & Thomas, A. M. Deep long-period earthquakes generated by second boiling beneath Mauna Kea volcano // Science. 2020. V. 368, № 6492. P. 775-779

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ УПОРЯДОЧЕННЫХ СФЕРИЧЕСКИХ УПАКОВОК

Гоморев М.А.¹, Герке К.М.¹, Евстигнеев Н.М.², Хлюпин А.Н.³, Рябков.О.И.²

¹ *Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение Науки Институт Физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской Академии Наук (ИФЗ РАН)*

² *Федеральный Исследовательский Центр «Информатика и Управление» Российской Академии Наук(ФИЦ ИУ РАН)*

³ *Московский физико-технический институт*

В данной работе представлено полуаналитическое решение для граничных условий «стенка» (условие прилипания) для модельных пористых сред из упорядоченных сферических упаковок различных типов. Рассмотрены результаты CFD моделирования для периодических граничных условий и ГУ «стенка», которые подтверждают полученное полуаналитическое решение. Приведены практические примеры использования полученного решения для расчета проницаемости канала квадратного сечения с ГУ «стенка», заполненного сферическими упаковками. С развитием вычислительной гидродинамики (CFD) появилась возможность построения цифровых моделей пористых сред и исследования влияния граничных условий и объема образца на получаемые фильтрационные характеристики [1]. В середине прошлого века, для модельных пористых сред на основе упорядоченных сферических упаковок различных типов было получено аналитическое решение для проницаемости в постановке периодических граничных условий [2], которое соответствует проницаемости бесконечного объема пласта. CFD моделирование свойств бесконечного объема пласта, содержащего большое число N элементарных ячеек, ограничивается вычислительными возможностями кластера. В данной работе дана попытка обойти это ограничение. Предложено полуаналитическое решение для упорядоченных сферических упаковок с граничными условиями «прилипания» (ГУ «стенки»), которое соответствует постановке лабораторного эксперимента. Полученное решение позволяет рассчитать проницаемость псевдопористой среды с ГУ «стенки» произвольных размеров N^3 ($N \geq 1$), где N – целое число ячеек, укладываемых по стороне канала, что позволяет обойти проблему ограничений оперативной памяти вычислительного кластера, характерную при использовании CFD моделирования.

Список литературы:

1. Gerke, K. M., Karsanina, M. V., & Katsman, R. (2019). Calculation of tensorial flow properties on pore level: Exploring the influence of boundary conditions on the permeability of three-dimensional stochastic reconstructions. *Physical Review E*, 100(5), 053312.
2. Larson R. E., Higdon J. J. L. A periodic grain consolidation model of porous media // *Physics of Fluids A: Fluid Dynamics*. 1989. Т. 1. № 1. С. 38–46

МОДЕЛИ ТЕОРИИ ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕД НА ЯЗЫКЕ PYTHON

Григорян Я.С.¹

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

Физику горных пород часто называют наукой о «скорости-пористости». Идея, лежащая в основе этого названия, заключается в прогнозировании скоростей упругих волн в пористой породе по ее пористости или реализации обратной операции и интерпретации скоростей, измеренных в скважине. Одним из основных инструментов этой науки является теория эффективных сред.

Теория эффективных сред (ТЭС) позволяет рассчитывать упругие свойства композитных сред, такие как модуль сжатия и модуль сдвига [3]. В данной теории модель рассматривается как фоновая твердая среда с добавлением включений различной формы.

ТЭС широко используется для оценки скорости волн в пористой среде.

В данной работе была поставлена цель создания пакета программ, который позволит строить различные модели ТЭС с помощью языка программирования Python.

В пакете представлены такие модели, как модели границ Фойгта-Ройсса и Хашина-Штрикмана; модель включений Берримана [1] для включений с различным аспектным отношением; модель включения Т-матрицы, которая может быть использована для моделирования упругих свойств эффективных сред композитов, состоящих из анизотропных эллипсоидальных включений на анизотропном фоне; модель цементированного (твердого) песка, позволяющая рассчитать модуль сжатия и модули сдвига сухого песка, в котором цемент осаждается на контактах зерен; модель нецементированного (мягкого) песка, с помощью которой можно рассчитать упругие модули сухого песка, где цемент осаждается вдали от контактов с зернами [2], а также модели Вилли и Реймера, модели «скорости-пористости».

Техническим результатом данного решения является возможность автоматизации процесса построения моделей ТЭС, что значительно сокращает временные затраты на вычислительные операции и упрощает процесс моделирования в целом.

Список литературы:

1. *Berryman, J.G.*, 1995 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, pp. 205–228.
2. *Dvorkin, J. and Nur, A.*, 1996. Elasticity of high-porosity sandstones: theory for two North Sea datasets. *Geophys.*, 61, 1363–1370.
3. *Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J.* The Rock Physics Handbook. 2-nd Edition // Cambridge Univ. Press. 2009.

ПОДВИЖНОСТЬ РАЗЛОМОВ ОСТРОВА САХАЛИН

*Гридчина М.С.^{1,2}, Стеблов Г.М.¹**¹ИФЗ РАН, Лаборатория спутниковых методов изучения геофизических процессов (203)**²ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»*

Основная задача исследования подвижности разломов острова Сахалин состоит в оценке распределения движений по разлому, наилучшим образом согласующегося с наблюдаемыми скоростями смещения пунктов на земной поверхности.

Систематизированы материалы многолетних повторяемых полевых измерений глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) на пунктах Северо-Сахалинского геодинамического полигона Росреестра, в результате обработки которых получены уточнённые оценки средних скоростей движения наблюдательных пунктов.

Рассмотрены модели движения тектонических блоков в районе о. Сахалин. Получены отклонения движения наблюдательных пунктов вследствие деформаций на контакте плит от модельного вращения блоков. По результатам анализа отклонений в первом приближении предложена модель распределения движений на контакте плит, объясняющая измеренные скорости. Результаты могут быть использованы для дальнейших выводов о потенциальной сейсмической активности в отношении главных сейсмогенерирующих структур о. Сахалин.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С УЧИТЕЛЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЛАБОРАТОРНЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Егоров Н.А.¹

¹*ИФЗ РАН, Центр петрофизических и геомеханических исследований (ЦПГИ)*

Построение геомеханической модели месторождения в настоящее время является одним из необходимых этапов при разведке и разработке месторождений углеводородов.

Определение параметров механических свойств горных пород при пластовых давлениях и температурах в лаборатории, необходимое для построения геомеханических моделей является трудоемким и дорогостоящим. В рамках данной работы было выполнено исследование возможности прогнозирования параметров механических свойств по результатам не полного набора испытаний при помощи регрессионной модели машинного обучения.

Проведен предварительный анализ результатов фильтрационно-емкостных и упруго-прочностных свойств горных пород. Фильтрационно-емкостные свойства включали в себя определения пористости и плотности образцов методом гидростатического взвешивания. Упруго-прочностные свойства были получены по результатам геомеханических испытаний образцов керна на сервогидравлической установке высокого давления GCTS – RTR 4500 [1].

По результатам обучения модели машинного обучения были выявлены факторы, которые нецелесообразно включать в модель. Алгоритмы тестировались с различным размером тестовой и тренировочной выборки, а также с различным набором признаков. Тем самым был определен оптимальный набор испытаний для прогнозирования параметров механических свойств. Анализировалась метрика среднеквадратической ошибки в зависимости от сложности применяемой модели. Применялись и сравнивались различные типы регрессионной модели: множественная линейная регрессия, полиномиальная регрессия, дерево решений и случайный лес [2].

Полученные результаты машинного обучения в данной работе с достаточной точностью позволяют прогнозировать прочностные свойства горных пород.

Работа выполнена на основании результатов испытаний в ЦКП "Петрофизика, геомеханика и палеомагнетизм" ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. С.А. Тихоцкий, И.В. Фокин, И.О. Баяк, Д.Е. Белобородов, И.А. Березина, Д.Р. Гафурова, Н.В. Дубиня, М.А. Краснова, Д.В. Корост, А.А. Макарова, А.В. Патонин, А.В. Пономарёв, Р.А. Хамидуллин, В.А. Цельмович Комплексные лабораторные исследования керна в ЦПГИ ИФЗ РАН // Наука и технологические разработки, 2017, том 96, №2, с.17-32.
2. Гудфеллоу Я. Глубокое обучение / пер. с англ. А.А. Слинкина. – 2-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИСТОРИИ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ДАННЫМ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ И СВОЙСТВАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ТРЕЩИН

Ермолович Д.Д.¹

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

В работе изучается вопрос неоднородности напряженно-деформированного состояния (НДС) и упруго-пластических свойств горных пород околоскважинной зоны по данным о естественной трещиноватости, а также восстановление истории изменения НДС горных пород на основании лабораторных прочностных тестов и распределении естественных трещин.

Для изучения напряженно-деформированного состояния и происходящих в нем геомеханических процессов, а также для разработки эффективных методов управления ими важно знать механические свойства горных пород и особенно их прочность. Поэтому, образцы для прочностных тестов должны быть достаточно большими, чтобы содержать достаточное количество зерен, но, в тоже время достаточно малыми, чтобы исключить любой серьезный структурный разрыв. Точнее, рекомендуется, чтобы диаметр образца был более чем в 10 раз больше диаметра самого крупного зерна породы [1].

Отношения между напряжениями и деформациями определялись на основании проведенных тестов на трехосное сжатие, где образец подвергается осевому сжатию с равномерным радиальным напряжением путем насыщения породы жидкостью. Таким образом, поле наложенных напряжений определяется осевым напряжением σ_a , всесторонним давлением p_c и поровым давлением p_p . Эта нагрузка связана с деформированным состоянием, определяемым осевой деформацией ϵ_a и радиальной деформацией ϵ_r . Образование трещин в пластах в значительной мере обусловлено полями напряжений в породе. В трещиноватом пласте поле напряжений является анизотропным, а сами трещины способны отражать напряженно-деформированное состояние в пласте [2].

Для тестов использовались карбонатные горные породы, так как оценка трещиноватости в них является ключевым показателем к увеличению нефтеотдачи, и позволяет бурить наклонные или горизонтальные скважины так, чтобы их ствол проходил, по возможности, перпендикулярно плоскости трещин. Скважина, пробуренная в таком направлении в породе с низкой проницаемостью, будет пересекать большое количество трещин, и будет иметь более высокий дебит, в сравнении со скважиной, пробуренной в направлении, параллельном относительно трещиноватости [3].

На основании проведенных тестов на трехосное сжатие были построены графики девиаторных и осевых напряжений, а также рассчитаны эффективные напряжения, действующие на образцы в процессе тестов. В дальнейших планах реконструкция направлений главных напряжений, расчет напряжений для синтетических трещин из распределения Фишера для разных кучностей, а также учет нелинейности и расчет кейсов для горизонтальных скважин.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЧАСТОТНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ УПРУГИХ ВОЛН (ПО
ДАНЫМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ)

Казначеев П.А.¹, Краюшкин Д.В.^{1,2}, Кох В.В.^{1,2}

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

²*НИУ МЭИ*

В процессе измерения физических величин основополагающей является процедура нормирования сигнала. Она заключается в преобразовании исходной измеряемой физической величины к виду, удобному для конечной регистрации, с минимальным внесением искажений и шумов. При этом дополнительно может производиться усиление и частотная фильтрация сигнала, а также ограничение уровня.

В лабораторных геомеханических исследованиях зачастую необходимо зарегистрировать сигналы упругих возмущений в твердых средах ультразвукового диапазона частот. Основной тип датчиков упругих волн – это пьезоакустоэлектрические преобразователи (ПЭП). С их помощью сигналы упругих волн преобразуются в электрический сигнал, который затем, с помощью соответствующего устройства («усилителя»), преобразуется в сигнал напряжения для последующей регистрации. ПЭП является источником электрической энергии малой мощности, поэтому электрическая нагрузка, обусловленная «усилителем» сигнала, будет оказывать влияние на режим работы ПЭП. Изучение этой проблемы важно для задачи корректной регистрации сигналов акустической эмиссии (АЭ).

В разных работах большое внимание посвящено преобразованию сигнала АЭ в самом твердом теле от места его возникновения (как правило, микротрещины) до места регистрации [1, 2]. В настоящей работе рассмотрено, как влияют различные параметры, прежде всего связанные с пьезоэффектом и электрической нагрузкой ПЭП, на его частотные характеристики. Исследование проводилось с помощью численного моделирования с учетом самосогласованного характера задачи [3]. Было показано, что для материалов со слабым пьезоэффектом, соотношение электрических импедансов пьезокристалла и предусилителя не влияет на упругую, но влияет на акустоэлектрическую частотную характеристику. Для материалов с сильным пьезоэффектом от электрических импедансов зависит как упругая, так и акустоэлектрическая частотные характеристики. Кроме того, проведено сравнение частотных характеристик для разных пьезоэлектриков с разной ориентацией кристаллографических осей.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. *McLaskey G., Glaser S.* Acoustic emission sensor calibration for absolute source measurements // J. Nondestr. Eval. 2012. V. 13. P. 157-168.
2. *Keprt J., Benes P.* Progress in primary calibration of acoustic emission sensors // J. of the Acoust. Soc. of America. 2008. V. 123. N. 5. P. 3317.
3. *Грищенко Е.К.* О различии в оценке параметров пьезопреобразователей методами заданного и самосогласованного полей // Акуст. журнал. 1979. Т. 25. № 1. С. 44-52.

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

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ШЛИФОВ МЕТОДАМИ СТЕРЕОЛОГИИ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Капков А.А.¹, Карсанина М.В.¹, Герке К.М.¹

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

На сегодняшний день стохастическая реконструкция гетерогенных сред, таких как пористые и композитные среды при наличии ограниченной морфологической информации является актуальной задачей, которая направлена на дополнение традиционных лабораторных исследований образцов горных пород богатыми возможностями вычислительного эксперимента [1]. Лабораторные исследования керн заключаются в определении таких физических свойств образцов, как пористость, абсолютная и относительная фазовые проницаемости. Однако исследования, проведенные лабораторным путем, как правило, обладают рядом недостатков, среди которых можно отметить: сложность в получении и последующей обработки кернового материала, невозможность результатов при множественном проведении лабораторных работ с одним и тем же образцом, отсутствие возможности ряда методик получения информации о 3D структурах с субмикронным разрешением. Используя численный эксперимент на основе стохастической реконструкции, можно избавиться от вышеперечисленных проблем. Стохастическая реконструкция пористых сред представляет собой процесс создания трёхмерной модели внутреннего строения горных пород по неполным данным, в том числе реконструкция трехмерной структуры по двухмерным срезам [2]. Основными задачами данной работы являются: 1) реализация двух методов стохастической реконструкции: имитации «отжига» [2] и восстановления фазы [3]; 2) проведение стохастических реконструкций различных пористых сред; 3) сравнение используемых методов на основе коэффициента проницаемости. Наилучший результат показал метод восстановления фазы, при котором разница в значении коэффициента проницаемости между реконструируемым изображением и оригиналом составила около 10% (в данном случае рассматривался песчаник Berea). Расчеты проницаемости проводились с помощью конечно-разностной схемы, представленной в статье [4]. Полученные результаты в дальнейшем будут лежать в основе статьи, описывающей данные методы стохастической реконструкции.

Список литературы:

1. *Cule D., Torquato S.* Generating random media from limited microstructural information via stochastic optimization // *Journal of applied physics.* 1999. V.86. №. 6., P.3428-3436.
2. *Карсанина М. В., Герке К.М., Васильев Р.В.* Моделирование структуры материалов, обладающих желаемыми свойствами, с помощью корреляционных функций. // *Математическое моделирование.* 2015. Т.27. №.4. С.50-63.
3. *Cherkasov A.M., Ananov A.A., Karsanina M.V., Gerke K.M.* Adaptive phase-retrieval stochastic reconstruction with correlation functions: Three-dimensional images from two-dimensional cuts // *Phys. Rev.* 2021. V.3, P.104-107.
4. *Gerke, K.M., Vasilyev R.V., Khirevich S. et al.* Finite-difference method Stokes solver (FDMSS) for 3D pore geometries: Software development, validation and case studies. // *Computers & geosciences.* 2018. V.114. P.41-58

Докладчик: **Капков Арсений Алексеевич**, аспирант, arseniy.ka@mail.ru

СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВАРИАЦИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЁГКИХ ИОНОВ В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ

Климанова Е. В., Анисимов С. В., Галиченко С. В., Афиногенов К. В.¹

¹*Лаборатория геофизического мониторинга ГО «Борок» ИФЗ РАН*

Электрическая проводимость атмосферы поддерживается образованием ионов из газовых молекул вследствие их взаимодействия с энергичными частицами и квантами электромагнитного поля. Основной вклад в проводимость воздуха обеспечивают легкие ионы, нижней границей диапазона подвижности которых условно считается значение $0.5 \text{ В}^2/(\text{см с})$.

Некоторые свойства вариаций концентрации легких ионов и температуры получены в результате проведения экспериментальных исследований в приземной атмосфере с использованием статистических методов обработки больших массивов данных [1–2].

На ГО «Борок» ИФЗ РАН в летний период 2020 – 2021 годов проводились натурные наблюдения концентраций лёгких ионов. Использовались два типа размещения датчиков (3 датчиков проводимости и 2 метеостанций): горизонтальная линейка и крепление на вертикальной мачте высотой 6 м. Для анализа отбирались данные синхронных разносенных измерений вариаций температуры и концентраций лёгких ионов, полученные в дневных невозмущенных условиях. Были построены функции плотности вероятности для измеряемых величин, которые аппроксимировались непрерывно усечёнными устойчивыми распределениями (smoothly truncated stable distribution) [3]. Проведен анализ статистики временных и пространственных разностей, рассмотрено изменение структурных функций и корреляции указанных величин в зависимости от расстояния между датчиками. Выполнена процедура рескейлинга полученных распределений в зависимости от ширины временного окна между двумя выбранными последовательными измерениями.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-17-00053) и государственного задания ГО «Борок» ИФЗ РАН № FMWU-2022-0025.

Список литературы:

1. *Anisimov S.V., Galichenko S.V., Aphinogenov K.V., Klimanova E.V., Kozmina A.S.* Small air ion statistics near the earth's surface // *Atm. Res.* 2022. V. 267. 105913.
2. *Warhaft Z.* Passive Scalars in Turbulent Flows // *Annu. Rev. of Fluid Mech.* 2000. V. 32. P. 203–240.
3. *Menn C.* Smoothly truncated stable distributions, GARCH-models, and option pricing / *C. Menn, S.T. Rachev* // *Math. Meth. Oper. Res.* 2009. V. 69. № 3. P. 411–438.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ
ПАЛЕОЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В СЕВЕРНОЙ КАРЕЛИИ И НА КОЛЬСКОМ
ПОЛУОСТРОВЕ

Клоков И.А.¹, Горбатов Е.С.¹, Романенко Ф.А.², Стрельников А.А.¹

¹ИФЗ РАН, Лаборатория палеосейсмологии и палеогеодинамики (304)

²МГУ им. М.В.Ломоносова, Географический факультет, Кафедра геоморфологии
и палеогеографии

Новые полевые исследования, в том числе геоморфологические, позволили выявить множество древних катастрофических землетрясений на территории северной Карелии и Кольского полуострова: интенсивностью до 10 баллов и магнитудой 5,37. Установлено, что для этой территории в результате сейсмического процесса образуются 5 типов сейсмодислокаций: 1) Сейсмолинеаменты и микротрещины; 2) Сейсмогравитационные: 1. Выколы, 2. “Каменные перья” или “Каменные столбы” 3. Обвалы и оползни, 4. Сели; 3) Деформации встряхивания; 4) Раздробленные массивы; 5) Валунные поля. Для каждого из этих типов характерны определённые геоморфологические (плановые, морфологические, морфометрические) и геологические особенности, которые можно считать критериями, позволяющими их отличить от форм иного генезиса. При чем обязательными являются: 1) Высокая плотность, разнообразие, парагенетическая сгруппированность и близкая ориентировка на небольшой территории [1]; 2) Формы должны иметь угловатые и резкие плановые очертания, а заполняющие или перекрывающие их обломки должны обладать острыми неоглаженными рёбрами; 3) Сейсмолинеаменты: не сужаются по глубине [3]; 4) Выколы: отброшенный блок и ниша, от которой он откололся, совпадают по формам и размерам, а расселины между отодвинувшимся блоком и “материнской скалой” не сужаются по глубине; 5) Зона аккумуляции сейсмообвальной массы должна в 2-4 раза превышать высоту склона [2, 3].

Работа выполнена в рамках Госзадания

Список литературы:

1. Горбатов Е.С., Сорокин А.А., Мараханов А.В., Ларьков А.С. Результаты детальных палеосейсмологических исследований в районе полуострова Киндо (Карельский берег Белого моря)// Вопросы инженерной сейсмологии. 2017. С. 5-24
2. Горбатов Е.С., Разумный С.Д., Стрельников А.А., Родина С.Н. Выявление Чупинской сейсмогенной структуры (Северная Карелия) и параметризация палеоземлетрясений в районе Кандалакшского грабена // Вопросы инженерной сейсмологии. 2020. Т. 47. № 1. С. 24–50
3. Никонов А.А., Николаева С.Б., Шварев С.В. Мурманское побережье – крупнейшая в Российской Арктике сейсмогенерирующая зона: новейшие разработки// Природные ресурсы и комплексное освоение прибрежных районов Арктической зоны: Сб. научных трудов. 2015. С. 34-40

РАЗВИТИЕ СЛУЖБЫ СБОРА ОПЕРАТИВНЫХ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ГЛОБАЛЬНОГО ЦЕНТРА КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

Кондратов А.Д.¹, Холодков К.И.^{1,2}

¹*Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской академии наук,
Лаборатория геоинформатики (№501)*

²*Институт прикладной геофизики им. Е. К. Федорова, АО ГИ (№1)*

Глобальные центры космической погоды для авиации [1] предназначены для представления консультативной информации об эффектах в ионосфере и магнитосфере Земли, которые могут влиять на безопасность полётов, здоровье пассажиров и экипажа.

Одним из критических компонентов Российского узла Российско-Китайского консорциума — глобального центра космической погоды (China-Russia Consortium — Global Space Weather Center CRC) — является служба сбора гелиогеофизических данных.

Данная служба производит сбор данных из различных источников и предоставляет их для автоматических систем анализа и для визуализации оперативным дежурным. Интерес представляют следующие данные: спутниковые данные КА РОСГИДРОМЕТА, КА NOAA, NASA, ESA, геомагнитные индексы, карты ПЭС, сцинтилляций, карты мощности дозы облучения на эшелонах авиаперелетов, а также данные моделей других поставщиков информации о космической погоде [2].

Со временем количество источников, предоставляющих данные, продолжает расти, поэтому уже сейчас можно наблюдать необходимость в расширении функционала и структурном обновлении данной службы. Среди перспективных направлений развития можно выделить: переход к многопоточности, «умный» сбор и сравнение временных меток данных на наличие повторов, детальная диагностика отказов.

Список литературы:

1. Приложение 3 к Конвенции о международной гражданской авиации - Метеорологическое обеспечение международной аэронавигации, дополнение 78(2016) // ISBN 978-92-9249-991-4, 2016, ИКАО, Монреаль, Канада.
2. *Алешин И.М., Аракелов А.С., Бруевич Е.А.* Методы мониторинга сильных возмущений космической погоды в интересах международной аэронавигации // Метеорология и гидрология. — 2021. — № 3. — С. 102–110.

КОМПЛЕКС МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ПОСЛЕДНИКОВОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (ПО ОПЫТУ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛАБОРАТОРИИ 302 ИФЗ РАН 2017-2022 ГГ.)

Королева А.О.^{1,2}

¹*ИФЗ РАН, лаборатория сейсмической опасности (302)*

²*ИГ РАН, лаборатория геоморфологии*

На территории Кольского полуострова российскими и зарубежными исследователями выявлено значительное число сейсмодислокаций, которые наблюдаются как в кристаллическом фундаменте, так и в рыхлых четвертичных отложениях, что свидетельствует о наличии здесь сильных землетрясений в прошлом. Эти данные необходимо принимать во внимание при оценке сейсмической активности региона. Во время полевых исследований последних пяти лет, выполненных сотрудниками лаборатории 302 совместно с исследователями ИГ РАН, КНЦ РАН, ИТПЗ РАН, для обнаружения свидетельств постледниковой активности комплексно использованы следующие методы:

Геоморфологические наблюдения. Основываются на полевых измерениях параметров различных сейсмодислокаций, выраженных в рельефе (скальных уступов, разрывов, ущелий, взбросов и сбросов, глыбовых обвалов и других) [1].

Смещения скальных отдельностей. На исследуемом участке проводится поиск и измерение величин блоковых смещений, затем отстраивается гистограмма азимутов смещений, где выявляются основные приоритетные системы направлений азимутов и оценивается интенсивность и направление сейсмических воздействий [1].

Лихенометрия. На обломках скальных обвалов проводятся измерения максимальных размеров диаметра выбранного типа лишайника (*Phizocarpon geographicum*), определяется время начала роста лишайника на отколотых скальных блоках, что позволяет предположить дату возникновения обвала [1].

Геологические исследования. Раскапывание шурфов, зачистка поверхностей обнажений, бурение рыхлых отложений и донных осадков озер [2].

Датирование событий. Отбор образцов для датирования радиоуглеродным методом (¹⁴C) и оптически стимулированного люминесцентного датирования (OSL).

Геофизические методы. Электроразведочный метод ЗСБ (зондирование становлением поля в ближней зоне), сейсмоакустические методы [1].

Исследования с воздуха. Съемка с квадрокоптера DJI Mavic Pro по заданной схеме профилей, построение ортофотопланов и цифровых моделей местности в Agisoft PhotoScan Professional, дешифрирование данных.

Работы выполнены в рамках Госзадания ИФЗ РАН № FMWU-2022-0009 по теме «Исследование разномасштабных свойств сейсмического процесса в пространстве и во времени с целью развития методов оценки и прогноза сейсмической опасности».

Список литературы:

1. Королева А.О., Родкин М.В. Комплекс геофизических, геоморфологических и сеймотектонических исследований в изучении постледниковой активности Западных Хибин (на примере ущелья Аку-Аку) // Тр. ФНС Ги КНЦ РАН. 2021. № 18. С. 211-217.

2. Толстобров Д.С., Николаева С.Б., Королева А.О. и др. Литология донных отложений озер на Мурманском побережье Баренцева моря // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2021. № 8. С. 235-239.

Докладчик: **Королева Александра Олеговна**, Научный сотрудник, kao@ifz.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ
ФОРМИРОВАНИЯ СПЕКТРА ШУМОВ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО
АППАРАТА

Котов А.Н.¹, Гончаренко Б.И.², Кузьменков В.Ю.³

*¹ИФЗ РАН, Лаборатория фундаментальных проблем экологической геофизики и
вулканологии (703)*

²МГУ им. М. В. Ломоносова, кафедра Акустики

*³ОКБ «ЛЭМЗ» ПАО «Научно-производственное объединение «Алмаз» им А. А.
Расплетина*

Представлены результаты натурных экспериментов с целью изучения акустических и электромагнитных шумов четырёхмоторного беспилотного летательного аппарата на этапе взлёта, висения и полёта с маневрированием в различных условиях. Отмечено существенное изменение собственной частоты магнитного шума излучения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) на взлёте с одновременным обогащением спектра в низкочастотной области. Аналогичный эффект не наблюдается в режиме висения, при этом характерный спектр шумов БПЛА естественно зависит от высоты полёта и обусловлен в основном турбулентностью в зоне аэродинамического контакта вращающегося винта с вмещающей средой. Проанализированы изменения частотного состава шумов малогабаритного БПЛА в различных режимах горизонтального полёта с маневрированием, а также явление интерференции с образованием «зон тени» в результате отражения звука от дневной поверхности, в том числе и в условиях плотной городской застройки.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СРАВНИТЕЛЬНОГО
АНАЛИЗА ЧАСТОТНЫХ И ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ И УСИЛИТЕЛЕЙ СИГНАЛОВ

Кох В.В.^{1,2}, Краюшкин Д.В.^{1,2}, Казначеев П.А.¹

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

²НИИ «МЭИ»

При определении частотных и шумовых характеристик датчиков и усилителей сигналов существует проблема эффективного и быстрого измерения нужных величин. Существенное время требуется для снятия вручную амплитудно-частотных (АЧХ), фазо-частотных (ФЧХ) и шумовых характеристик в широком диапазоне частот. Для эффективного исследования датчиков и усилителей необходимо разработать программное обеспечение (ПО) для автоматизации построения частотных и шумовых характеристик исследуемых объектов.

На базе LabVIEW и компьютерного осциллографа VDS3104 было разработано программное обеспечение (ПО) для автоматического снятия частотных и шумовых характеристик исследуемых объектов в требуемом диапазоне частот. Данная программа позволяет существенно сократить время для исследования объекта (например, датчика или усилителя сигналов) и упрощает процесс сравнительного анализа нескольких исследуемых объектов. Макет для исследования характеристик состоит из генератора сигналов (для формирования свип-сигнала), исследуемого объекта, компьютерного осциллографа VDS3104, подключаемого к персональному компьютеру, и программы определения частотных и шумовых характеристик. Программа получает данные с осциллографа, определяет коэффициент передачи исследуемого объекта, оценивает спектральную плотность шума, формирует и сохраняет массив данных для построения АЧХ, ФЧХ, спектральной плотности шума.

В результате данной работы была разработана программа для автоматизированного снятия частотных и шумовых характеристик датчиков и усилителей сигналов, а также проведен сравнительный анализ нескольких пьезоэлектрических датчиков акустической эмиссии и усилителей сигналов для них.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Баран Е.Д. LabVIEW FPGA. Реконфигурируемые измерительные и управляющие системы // ДМК Пресс, 2009. 448 с.
2. Dunn C.J. ARTA-HANDBOOK. A guide to the ARTA family of programs // New Zealand, Hamilton, 2014. 189 p.
3. LabVIEW. Руководство пользователя // Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. 410 с.
4. Owon VDS Series User Manual // Dec. 2013 edition V1.3.

Докладчик: **Кох Виктор Витальевич**, Инженер-исследователь лаборатории 301,
vitya.kohh@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ПРИ ИЗВУЧЕНИИ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОЙ МОНГОЛИИ

Кошевой Н.Г.¹, Овсяченко А.Н.¹, Бутанаев Ю.В.²

¹*ИФЗ РАН Лаборатория методов прогноза землетрясений*

²*ТувИКОПР РАН*

Изучение разрывных нарушений являлось актуальной задачей на протяжении всей истории геологических исследований. Основными способами изучения разломов были и остаются дистанционные методы и полевые исследования. Однако при прослеживании зафиксированного разрывного нарушения в полевых условиях всегда существовал ряд проблем такие как: недостаточное разрешение спутниковых аэрофотоснимков и высокая стоимость заказной аэрофотосъемки пилотируемых летательных объектов. Решение такого рода проблем пришло с развитием современных технологий и использованием беспилотных летательных аппаратов, которые позволяют проследить геологические структуры, выходящие на дневную поверхность рельефа, в труднодоступных местах и на большие расстояния. Следует отметить, что данные технологии уже несколько лет используются в решении различных геологических задач в других странах. В то время как в России данное направление только начинает развиваться, но развивается со значительной скоростью.

В данной работе представлены результаты изучения разрывных нарушений Северной Монголии с помощью аэрофотосъемки с БПЛА и достоинства данного метода. Большая территория Монголии представлена лесостепями, степными зонами, пустынями и полупустынями. В связи с малой залесённостью, ландшафт Монголии является идеальным объектом для изучения геологических структур, в том числе разрывных нарушений, с помощью аэрофотосъемки. Использование дрона позволяет построить ортофотоплан и цифровую модель рельефа с точной пространственной привязкой по выполненным фотографиям, что позволяет не только отдешифрировать исследуемую область, но и сопоставить её с различными геологическими данными. В результате проделанной съемки удалось:

1. Уточнить и проследить простираие разрывных нарушений Северной Монголии;
2. Детально изучить и отдешифрировать Цэцэрлэгский разлом;
3. Провести дешифрирование сейсмогравитационных трещин зоны выхода очага Хубсугульского землетрясения (12.01.2021 года, Mw=6.7, глубина очага 8 км) на поверхность в масштабе 1:500.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 22-17-00049.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И УСИЛЕНИЯ СИГНАЛА С
ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ
РЕГИСТРАЦИИ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Краюшкин Д.В.^{1,2}, Кох В.В.^{1,2}, Казначеев П.А.¹

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

²НИИУ «МЭИ»

Для организации экспериментов в лабораторных условиях по регистрации сигналов (в нашем случае - акустической эмиссии), необходимым условием является нормирование и согласование сигнала между изучаемым объектом и системой регистрации. Это обусловлено как особенностями работы источника сигнала при различных режимах [1], так и параметрами регистрирующего устройства (частота регистрации, входное сопротивление, допустимый диапазон входных напряжений и т.д.). Кроме того, требуется предусмотреть высокий уровень усиления в рабочем диапазоне частот, а также фильтр для снижения механических и акустических фоновых шумов [2]. Для решения данной задачи было разработано специальное устройство преобразования и усиления сигнала, выполняющее роль промежуточного звена между пьезоэлектрическим преобразователем (ПЭП) и системой регистрацией данных NI PXI.

Структурная схема устройства включает в себя следующие узлы, которые решают соответствующие задачи:

1. Protection – защита входа измерительного канала.
2. PreAmplifier – предусиление сигнала и согласование импеданса.
3. ARC1 и ARC2 – усиление в рабочем диапазоне частот.
4. Clamp – усиление мощности, ограничение уровня сигнала, согласование импеданса.
5. Supply и Ref – вспомогательные модули для обеспечения питанием и опорным напряжением операционных усилителей, входящих в состав устройства.

Такое устройство обладает низким уровнем шума на выходе, а его реализация основана на модульном принципе (одна плата – один канал), что позволяет наращивать количество измеряемых каналов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Inaba H. AE Sensor (AE transducer), in *Practical Acoustic Emission Testing* // The Japanese Society for Non-Destructive Inspection, Springer Japan. 2016. P. 35-60.
2. Pollock A.A. Acoustic Emission Inspection, in *ASM Handbook: Nondestructive Evaluation and Quality Control, Vol. 17* // ASM, 1989. P. 278—294.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ МОДЕЛИ РАЗДВИГОВЫХ РАЗЛОМОВ

*Кузьмин Д.К.**ИФЗ РАН, Лаборатория современной и прикладной геодинамики (201)*

Наиболее часто встречаемым случаем проявления локального оседания при повторных геодезических измерениях на геодинамических полигонах является разлом. Как правило, это квазисимметричные, пикообразные кривые, своим характером указывающие на кинематику разломов раздвигового типа [1, 2, 5, 8]. Проведен информационный анализ повсеместных проявлений данного типа аномалии и установлены среднестатистические кривые. На основании аналитической «параметрически-индуцированной» модели [3, 4, 6, 7, 8] проведен анализ, позволяющий определить условия и границы существующих конфигураций разломов, способных привести к соответствующим деформациям. Полученные результаты соотношения ширины и глубины залегания модели разлома сведены в таблицу. Идея работы состоит в определении чувствительности решения задачи о вертикальных смещениях земной поверхности в модели раздвиговых разломов к изменению геометрических параметров разломных зон.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН за 2022 г.

Список литературы:

1. Кузьмин Д.К. Сопоставление моделей деформационной активности раздвиговых разломов с результатами геодинамического мониторинга объектов нефтегазового комплекса // Проблемы недропользования. 2019. №4. С. 18 – 27.
2. Кузьмин Д.К. Оценка напряженного состояния недр на разрабатываемых месторождениях нефти и газа. // Маркшейдерский вестник. 2020. № 5. С. 37 – 43.
3. Гатиятуллин Р.Н., Кузьмин Д.К., Фаттахов Е.А. Анализ результатов многолетних геодезических наблюдений на месторождении сверхвязкой нефти, юго-восток Татарстана. // Наука и технологические разработки. 2021. Т. 100. № 4. С. 5-24.
4. Кузьмин Ю. О. Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная малыми природно-техногенными воздействиями // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2002. №9. С. 48-54.
5. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика раздвиговых разломов // Физика Земли. 2018. № 6. С. 87-105.
6. Кузьмин Ю. О. Современные объемные деформации разломных зон // Физика Земли. 2022. №4. С. 3-18.
7. Кузьмин Ю. О. Проблемные вопросы изучения деформационных процессов в современной геодинамике // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2008. № 3. С. 98-107.
8. Кузьмин Ю. О. Деформационные последствия разработки месторождений нефти и газа // Геофизические процессы и биосфера. 2021. Т. 20, № 4. С. 103-121.

Докладчик: **Кузьмин Дмитрий Кузьмич**, младший научный сотрудник, dimak1292@mail.ru

НОВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ И ПЕТРОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ЛЕССОВО-ПОЧВЕННОГО РАЗРЕЗА КУЛЬДАРА, ЮЖНЫЙ ТАДЖИКИСТАН

Кулакова Е.П.¹

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

Лессово-почвенные серии Средней Азии по полноте стратиграфической и палеоклиматической записи сопоставимы с разрезами Китайского Лессового Плато, но до сих пор остаются малоизученными. Актуальность работ на лессово-почвенных разрезах Таджикистана определяется наличием археологических находок (преимущественно раннепалеолитических орудий) в различных палеопочвах и реже лессах, выделяемых в собственную каратаускую культуру и объединяемых термином «лессовый палеолит» [1]. В последние годы проходит активная работа на нескольких лёссовых стоянках на юге Таджикистана, содержащих три основных культурных горизонта с находками каменных орудий древнего человека (*Homo erectus* и *Homo sapiens*). Разрез Кульдара является одним из изучаемых объектов и древнейшим археологическим памятником региона, где культурный горизонт с каменными орудиями *Homo erectus* обнаружен в педокомплексах 11-12 и оценен в 850-950 тыс. лет [2].

Для уточнения хронологии лёссово-почвенной толщи и определения палеоклиматических условий проведен комплекс естественнонаучных исследований, включающий палеомагнитные и петромагнитные исследования. По разрезу Кульдара впервые для региона получены детальная магнитостратиграфическая шкала (охватывающая последнюю инверсию магнитного поля Матуяма-Брюнес) и данные по магнитной восприимчивости. Переход полярности Матуяма-Брюнес охватывает в разрезе зону мощностью 3 м, обнаруживаясь как в лессовом прослое 10, так и в начале вышележащего педокомплекса 9, и включает в себя 7 скачков полярности и аномальные направления. Величина магнитной восприимчивости коррелирует с литологией: лёссы имеют в среднем низкие значения $0,3-0,4 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$, тогда как в педокомплексах значение восприимчивости увеличивается в 2-4 раза, достигая максимальных значений в $1,8 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$. При этом значения магнитной восприимчивости неравномерны и имеют резкое изменение в педокомплексе 4 (~420 тыс. лет назад): вверх по разрезу увеличиваются амплитуда и степень вариаций как в лессе, так и в палеопочвах. Такое поведение может быть связано с различной магнитной минералогией, что, в свою очередь, может быть обусловлено различными палеоклиматическими условиями при общей тенденции к увеличению аридизации и похолоданию климата. Таким образом, новые палеомагнитные и петромагнитные данные позволяют уточнить хронологию и палеоклиматические реконструкции для Средней Азии.

Список литературы:

1. *Ранов В.А.* Лёссово-почвенная формация Южного Таджикистана и лёссовый палеолит // Археологические работы в Таджикистане Вып. XXVII. 2000. С. 21-49.
2. *Ранов В.А., Додонов А.Е., Ломов С.П., Пахомов М.М., Пеньков А.В.* Кульдара — новый нижнепалеолитический памятник Южного Таджикистана // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР. 1987. №56. С. 65-75.

Докладчик: **Кулакова Екатерина Петровна**, аспирант, ek.kula@yandex.ru

О МОДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ЧАНДЛЕРОВСКОГО ПЕРИОДА ДЛЯ МАРСА

Кулик Е.А.^{1,2}, Гудкова Т.В.²¹Московский физико-технический институт (научно-исследовательский университет)²ИФЗ РАН, Лаборатория происхождения, внутреннего строения и динамики Земли и планет (102)

Одна из задач получения модели внутреннего строения Марса связана с космогоническим аспектом проблемы: в какой степени можно использовать модель Марса, чтобы подтвердить или опровергнуть фундаментальную гипотезу о хондритовом составе планет земной группы.

Измеряемые геодезические параметры служат ограничителями моделей внутреннего строения Марса. Таковыми являются момент инерции и число Лява k_2 . Модели внутреннего строения Марса построены, используя метод, описанный в [1]. Они основаны на минералогической модели Wanke-Dreibus ([2]). Модельные упругие значения $k_2^e=0.163-0.170$, соответствующие $0.168-0.175$ с поправкой на неупругость, удовлетворяют данным из [3].

Реологическое поведение пород мантии при приливных периодах частотно-зависимо. Неупругое поведение мантии уменьшает жесткость мантии и ведет к росту k_2 и периоду чандлеровских колебаний (ЧК). Мы используем оценку неупругости, основанную на степенном законе, который обычно применяется для приливов на Земле. Открытым вопросом остается выбор показателя степени в степенной функции крипа. Точное его значение неизвестно. Оценки для Марса: $0.07-0.35$ в [3] и $0.09-0.35$ в [4]. Согласно оценкам нашей модели, чтобы получить период ЧК около 206 дней, следует использовать показатель 0.4 , что дает поправку к периоду 3.5 . Другая возможность удовлетворить наблюдаемому значению ЧК для наших моделей состава DW – это ввести частично расплавленный слой у кромки мантии (около 200 км). В данном случае показатель равен $0.15-0.2$.

Благодаря длинному периоду ЧК, знание о нем может значительно улучшить наше понимание о поведении мантийной реологии на больших периодах.

Работа выполнена в рамках госзадания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Zharkov V.N., Gudkova T.V. Construction of Martian interior model // Solar Syst. Res. 2005. V. 39. P. 343-373.
2. Dreibus G., Wanke H. Mars, a volatile-rich planet // Meteoritics. 1985. V. 20. P. 367-381
3. Konopliv A.S., Park R.S., Rivoldini A., Baland R.-M., Le Maistre S., Van Hoolst T. et al. Detection of the Chandler wobble of Mars from orbiting spacecraft // Geophysical Research Letters. 2020. V. 47. I. 21, e2020GL090568.
4. Harada Y. Reconsideration of the anelasticity parameters of the martian mantle: Preliminary estimates based on the latest geodetic parameters and seismic models // Icarus. 2022. V. 383. 114917

Докладчик: Кулик Егор Александрович, студент 6 курса МФТИ, инженер ИФЗ лаб 102, kulik.ea@phystech.edu

РАСЧЕТ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛНОРАЗМЕРНОГО
НЕКОНСОЛИДИРОВАННОГО КЕРНА С ПОМОЩЬЮ АПСКЕЙЛИНГА
РЕКОНСТРУИРОВАННОГО ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

Кулыгин Д. А.¹, Хлюпин А.Н.¹, Герке К.М.^{2,3}

¹*«МФТИ (НИУ)», Российская Федерация, 141701, Московская область, г. Долгопрудный*

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

³*Институт динамики геосфер Российской академии наук*

В работе демонстрируется построение модели неконсолидированного керна из данных растровой электронной микроскопии (РЭМ) и микрокомпьютерной томографии полноценного керна с последующим сравнением результатов расчетов PNM [1] с лабораторными исследованиями.

Расчет физических свойств модели полноразмерного керна выполнялся методом steady state upscaling, на микрокомпьютерной томографии полноразмерного керна сегментировались несколько прослоев-фаз, соответствующие различным составам горных пород. Апскейленная модель состоит из ячеек, петрофизические свойства которых определяются принадлежностью к конкретной фазе. Для расчета петрофизических свойств отдельных фаз авторы работы реконструировали трехмерную модель порового пространства каждой из фаз из двумерных изображений растровой электронной микроскопии и гранулометрического анализа. Реконструкция отдельной фазы состоит из упакованных зерен и вписанной между ними глины, процентное соотношение порового пространства, зерен и глины определялось из сегментации и разделения на маски зерен РЭМ изображения. Трехмерные зерна для упаковки генерируются из трех взаимно ортогональных двумерных масок зерен [2], глина вписывается между упакованными зернами различными методами стохастической реконструкции [3,4].

Значение абсолютной проницаемости составило 248 мД, что соответствует 5% отклонению от экспериментальных данных. Для дальнейшей апробации метода необходимо исследовать большее количество неконсолидированных и слабо консолидированных образцов. Кроме того, метод можно апробировать на традиционных породах коллекторах, с различными прослоями.

Список литературы:

1. *An S. et al.* Influence of pore structure parameters on flow characteristics based on a digital rock and the pore network model //Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2016. – Т. 31. – С. 156-163.
2. *Mollon G., Zhao J.* Generating realistic 3D sand particles using Fourier descriptors //Granular Matter. – 2013. – Т. 15. – №. 1. – С. 95-108.
3. *Cherkasov A. et al.* Adaptive phase-retrieval stochastic reconstruction with correlation functions: Three-dimensional images from two-dimensional cuts //Physical Review E. – 2021. – Т. 104. – №. 3. – С. 035304
4. *Gerke K. M., Karsanina M. V.* Improving stochastic reconstructions by weighting correlation functions in an objective function //EPL (Europhysics Letters). – 2015. – Т. 111. – №. 5. – С. 56002

Докладчик: **Кулыгин Дмитрий Александрович**, аспирант, kulygin.da@phystech.edu

ОЦЕНКА ФИЛЬТРАЦИОННО-ЁМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПО ДАННЫМ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН В СЛОЖНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ
КУЮМБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Куприн Д.Ю.¹

¹ИФЗ РАН

Исследуемое месторождение принадлежит к Юрубчено-Тохомской зоне, расположенной в юго-западной части Сибирской платформы. Зона приурочена к Камовскому своду Байкитской антеклизы. Юрубчено-Тохомская зона нефтегазонакопления относится к одной из самых перспективных территорий в Восточной Сибири в плане разведки и добычи углеводородов. Месторождение характеризуется карбонатным разрезом, трещинно-кавернозным типом коллектора, приуроченным к рифейским и нижневендским отложениям, осложнённым сложной системой трещин и разломов.

Объектом исследования являются продуктивные отложения рифея сложенные трещиноватыми и кавернозными доломитами. Основная роль в формировании данных коллекторов принадлежит межблоковой трещинно-кавернозной пористости. Матрица коллектора представлена низкопористой и низкопроницаемой породой, полностью насыщенной водой.

В субгоризонтальных скважинах месторождения в продуктивных пластах проводился современный комплекс скважинных исследований. При интерпретации данных, полученных при проведении этих исследований не было получено необходимой информации для построения количественной оценки фильтрационно-ёмкостных свойств коллектора, а также построения пространственной модели коллектора по геофизическим данным [1,2].

Для решения данной проблемы использовался дополнительный комплекс геофизических исследований скважин состоящий из двух приборов: FMI – fullbore formation microimager и UBI – ultrasonic borehole imager. Данные, полученные при проведении исследований дополненным комплексом позволили подтвердить и уточнить результаты проведённых ранее петрофизических исследований и, следовательно, улучшить точность подсчёта запасов месторождения [3]. Также при дальнейшей обработке возможно построение пространственной модели коллектора и, при использовании данных дополненного комплекса вкуче со стандартным – построить математическую петроупругую модель коллектора месторождения.

Список литературы:

1. *Латышова М.Г.* Практическое руководство по интерпретации данных ГИС. М:Недра. 2007 г. 327 с.
2. *Фарманова Н.В., Костерина В.А.* Разделение сложнопостроенных коллекторов месторождения Тенгиз по структуре порового пространства // Геология нефти и газа 1991 г., №5
3. *Poppelreiter, M.* Dipmeter and Borehole Image Log Technology / M. Poppelreiter, C. Garcia-Carballido, M.A. Kraaijveld. – Tulsa, 2010. – 92 p

АНОМАЛЬНЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В КАМΠΑНСКИХ ВУЛКАНИТАХ ПРИМАГАДАНЬЯ

Лебедев И.Е.¹, Пасенко А.М.²

¹*ИФЗ РАН, Лаборатория археомагнетизма и эволюции магнитного поля Земли
(106)*

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

Кампанские вулканиты слагают относительно высокогорные плоские плато к северу от Магадана. Плато представлены «Верхними базальтами» мыгдыкитской свиты, которые венчают разрез Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП). Схожих плато в данном регионе несколько и наиболее крупные из них: Ольское, Арманское, Хетское, Янское и Гипотетическое, которые названы по одноименным рекам протекающим рядом. В местных кругах данные базальты широко известны благодаря находкам поделочных камней: агатов и аметистов. Кроме того, мыгдыкитские базальты по целому ряду причин представляются великолепным объектом для разнообразных палеомагнитных исследований: 1. потрясающая обнаженность, где в одном разрезе выходит до сотни вулканических потоков; 2. хорошо обоснованный возраст базальтов изотопно-геохронологическими данными как узкий интервал 80-77 млн лет [1].

Мыгдыкитские базальты отбирались для палеомагнитных исследований на двух плато: Ольском в 2020-2021 гг и Хетском в 2022 г, где было отобрано 77 и 12 индивидуальных вулканических потока соответственно. Породы обладают отличным качеством палеомагнитной записи, а ее первичность поддерживается положительным тестом контакта с рвущей плато комагматичной дайкой.

Однако картина омрачается при рассмотрении среднесайтовых направлений по Ольскому плато, где отобрано наибольшее количество потоков. Направления четко бьются на три кластера. Наиболее вероятная причина объяснения подобного поведения палеомагнитных направлений в аномальном состоянии поля в это время или TPW (True polar wander). Для кампанского времени уже известны работы где описаны подобные аномальные направления. Работа, основанная на наиболее надежных данных [2] указывает на событие TPW, однако у нас наблюдается куда больший масштаб наблюдаемого смещения направлений, а главное, что у нас скорее два таких события.

Ближайшим к ожидаемому направлению является второй кластер Ольского плато, который также поддерживается более поздними комагматичными интрузивными телами, а также вулканитами Хетского плато. Для расчета палеомагнитного полюса аномальные направления Ольского плато отбрасывались, что оставило для расчета всего 26 сайтов. Получившийся полюс статистически значимо различается с референтными полюсами для этого времени, что скорее всего указывает на недостаточное осреднение вековых вариаций оставшимися сайтами после фильтрации аномальных направлений.

Список литературы:

1. Акинин В.В., Миллер Э.Л. Эволюция известково-щелочных магм Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Петрология. 2011. Т. 19. № 2. С. 1–42.
2. Mitchell R.N., Thissen C.J., Evans D.A.D. et al. A Late Cretaceous true polar wander oscillation // Nat Commun. 2021. 12, 3629

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТОДАМИ СПУТНИКОВОЙ И НАЗЕМНОЙ ГЕОДЕЗИИ НА НЕФТЕГАЗОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Ломоносов М. Д.

Лаборатория современной и прикладной геодинамики (201), ИФЗ РАН

Известно, что нивелирные измерения направлены, в первую очередь на контроль динамики формирования обширного оседания земной поверхности территории всего месторождения и деформационной активности разломных зон. Повторные ГНСС измерения используются для уточнения пространственной картины распределения векторов вертикальных и горизонтальных смещений земной поверхности [1, 2, 3, 4, 5].

В докладе приведен анализ результатов наземных и спутниковых, повторных геодезических наблюдений на нефтегазовом месторождении, расположенном в Центральной Азии. Имеющаяся геолого-геофизическая, промысловая и геодезическая информация по месторождению позволила провести сравнительный анализ модельных и натуральных характеристик вертикальных и горизонтальных смещений. Аналитические расчеты были произведены на основе модели деформируемого пласта [6, 7, 8, 9].

Полученные результаты сравнительного анализа свидетельствуют как о закономерных соответствиях, так и о несоответствии результатов между наземными и спутниковыми наблюдениями, отмечавшееся на других геодинамических полигонах.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН за 2022 г.

Список литературы:

1. Кузьмин Ю. О. Проблемные вопросы изучения деформационных процессов в современной геодинамике // Горный информационно - аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2008. № 3. С. 98-107.
2. Изюмов С.Ф., Кузьмин Ю.О. Исследование современных геодинамических процессов в Копетдагском регионе. // Физика Земли. 2014. №6. С. 3 - 16.
3. Кузьмин Ю. О. Парадоксы сопоставительного анализа измерений методами наземной и спутниковой геодезии в современной геодинамике // Физика Земли. 2017. №6. С. 24-39.
4. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика: от движений земной коры до мониторинга ответственных объектов // Физика Земли. 2019. № 1. С. 78 – 103.
5. Кузьмин Ю. О. Актуальные вопросы использования геодезических измерений при геодинамическом мониторинге объектов нефтегазового комплекса // Вестник СГУГИТ. 2020. Том 25. №1. С. 43 - 54.
6. Кузьмин Ю. О. Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная малыми природно-техногенными воздействиями // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2002. №9. С. 48-54.
7. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика раздвиговых разломов // Физика Земли. 2018. №6. С. 87-105.
8. Кузьмин Ю. О. Деформационные последствия разработки месторождений нефти и газа // Геофизические процессы и биосфера. 2021б. Т. 20, № 4. С. 103-121.
9. Кузьмин Ю. О. Современные объемные деформации разломных зон // Физика Земли. 2022. №4. С. 3-18.

Докладчик: **Ломоносов Михаил Дмитриевич**, аспирант, mclomonosov@gmail.com

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ФЛЮВИАЛЬНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА И ИХ ПРИУРОЧЕННОСТЬ К ТЕКТОНИЧЕСКИМ СТРУКТУРАМ

Мануилова Е.А.

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

В настоящее время территория Таманского полуострова омывается водами Черного и Азовского морей, а также имеет большое количество лиманов. Несмотря на обилие водных ресурсов реки на этой территории отсутствуют. Лишь в восточной части района находится долина р. Кубань, в юго-восточной части — р. Гостагайка и др. менее крупные реки. Однако из сведений, дошедших до нас от древних авторов (Страбон, Полибий, Гераклид и др.) известно, что на этой территории существовала иная гидросеть. Таким образом, целью исследования являлось выделение древней гидросети Таманского полуострова. Для этого проведено дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли и полевые геоморфологические наблюдения.

В работе использованы космические снимки (Corona, SPOT, Landsat), аэрофотоснимки, топографические карты разного масштаба и цифровая модель рельефа. Анализ этих данных позволил выявить современную и древнюю гидросеть Таманского полуострова, а также выделить их генетические типы (промоины, балки, висячие долины и др.). Помимо этого, удалось проследить приуроченность определенных генетических типов флювиальных форм рельефа с тектоническими структурами этого района.

Отмечу, что на территории Таманского полуострова некоторые археологические объекты расположены под водой [Паромов, 2015], из чего следует, что и рельеф этой территории претерпел значительные изменения за 2,5 тыс. лет. В связи с этим, возникает вопрос: «Какие процессы повлияли на эту перестройку?». Многие исследователи связывают это с изменением уровня моря, с другой стороны — с современными тектоническими движениями [Юбко и др., 2016; Попков и др., 2013].

В дальнейшем для расширения знаний о перестройке рельефа и гидросети полуострова предполагается проведение геолого-геоморфологических и геофизических исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ N 22-27-00591.

Список литературы:

1. Паромов Я.М. Краеугольный камень Таманской палеогеографии / Краткие сообщения Института археологии. 2015. № 241. С. 137–153.
2. Попков В.И., Фоменко В.А., Глазырин Е.А., Попков И.В. Катастрофическое тектоническое событие лета 2011 года на Таманском полуострове / ДАН. 2013. Т. 448. № 6. С. 680.
3. Юбко В.М., Глазырин Е.А., Шестопалов В.Л. Опыт измерения современных движений земной коры в районе Азово-Черноморского побережья РФ / Тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН. М.: ИФЗ, 2016. С. 298–303.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТОВОЛОКОННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ
ДАТЧИКОВ ПРИ РАЗВЕДКЕ И МОНИТОРИНГЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
УГЛЕВОДОРОДОВ

Марятов А.К.

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

Оптическое волокно в качестве измерительного элемента было впервые использовано в 1970-х годах. Примечательно, что оно позволяет регистрировать большой круг физических величин – деформацию, давление, температуру, расход вещества, радиацию, силу тока и много другое [2]. В сейсмических приложениях оптоволоконно начали применять в 2000-х годах. Благодаря стойкости к коррозии и отсутствию электрических элементов, оптические датчики стали востребованы в задачах мониторинга различных объектов.

В настоящее время сейсмические датчики на основе оптического волокна используются в сейсмологии для регистрации землетрясений, в эхолокации на подводных лодках, при охране режимных объектов, при мониторинге инженерных сооружений и месторождений углеводородов.

По сравнению с классическими электродинамическими геофонами и пьезоэлектрическими гидрофонами оптоволоконные сейсмические датчики имеют следующие преимущества: они не требуют электрической энергии для регистрации событий, не подвержены коррозии, имеют небольшой размер, что особенно упрощает работу при скважинных исследованиях, и имеют малый шаг между приёмниками, что позволяет производить детальную регистрацию волнового поля. Среди недостатков оптоволоконных датчиков можно выделить их подверженность воздействию высоких температур, что ухудшает соотношение сигнал-шум, низкая чувствительность к низкочастотным колебаниям, крайне узкая диаграмма направленности и проблемы обработки данных, которые на данный момент не позволяют проводить динамический анализ волнового поля [1].

В докладе рассмотрены перспективы применения оптоволоконных датчиков, их устройство и примеры полевых проектов с использованием оптоволоконных технологий.

Список литературы:

1. Кислов К.В., Гравиров В.В. Распределенное акустическое зондирование: новый инструмент или новая парадигма // Сейсмические приборы. 2022. Т. 58, № 2. С.5–38. <https://doi.org/10.21455/si2022.2-1>
2. Т.Окиси и др., Волоконно-оптические датчики. Энергоатомиздат, 1990, 256с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Мельник Г.Э.^{1,2} Стеблов Г.М.¹

¹*ИФЗ РАН, Лаборатория спутниковых методов изучения геофизических процессов (203)*

²*Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных.*

По результатам обработки измерений, полученных с помощью глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), сформированы временные ряды геоцентрических координат для пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети, которые расположены практически равномерно по всей территории Российской Федерации.

Из анализа временных рядов определены линейные скорости изменения координат, значения которых сопоставлены со скоростями, по трём моделям движения тектонических плит, а именно MORVEL56, NUVEL-1A и ITRF2014.

По оценкам линейных скоростей вычислены интенсивности плоских латеральных деформаций методом конечных элементов. Построенное, по данным ГНСС, распределение деформаций на земной поверхности подготовлено для сравнительного анализа деформаций по модели конвекции мантии.

МАГНИТНАЯ ТЕКСТУРА ЛЁССОВО-ПОЧВЕННЫХ СЕРИЙ ТАДЖИКИСТАНА И ПРИАЗОВЬЯ

Мещерякова О.А.¹, Курбанов Р.Н.²

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

²*Институт Географии РАН*

Представлены результаты изучения магнитной текстуры (МТ) лёссовых отложений Таджикской депрессии и Приазовья, являющейся чувствительным индикатором климатических условий прошлого. Магнитная текстура отложений определяется по анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ). Изучение магнитной текстуры применяется при реконструкциях условий осадконакопления субаэральных отложений и направлений ветра, определявших перенос атмосферной пыли в четвертичное время.

После успешного применения метода АМВ для изучения магнитной текстуры отложений Китайского Лессового плато [1] этот метод активно использовался для реконструкции направлений палеоветров в различных лёссовых регионах мира. Актуальность нашего исследования определяется первым применением этого метода для четвертичных лёссово-почвенных серий двух опорных регионов лёссового пояса Евразии: Таджикской депрессии и Приазовья. Объектами исследования являются разрезы Хонако-II (один из самых геологически полных разрезов Таджикистана [2]), Беглица и Чумбур-коса (стратотипы внеледниковой области Русской равнины).

Для изучения магнитной текстуры лёссово-почвенных серий мы отобрали ориентированные палеомагнитные блоки, которые впоследствии были распилены на кубики размером 2х2х2, для которых была измерена АМВ на приборе МФК-1 (AGICO). В результате нами охарактеризована магнитная текстура отложений, в которой была обнаружена изменчивость преобладающих направлений максимальной и минимальной оси магнитной восприимчивости. Полученные результаты фиксируют несколько характерных направлений в разрезе Хонако-II, резкое изменение которых объясняется как изменение климатических условий и может быть интерпретировано как смена направлений ветров. Магнитная текстура разрезов Беглица и Чумбур-коса является вторичной (вероятно, это связано с активными педогенными процессами в условиях незначительного поступления атмосферной пыли), что не позволило нам реконструировать направления палеоветров. Таким образом, реконструкция палеоветров методом АМВ – может быть успешно применена при изучении лёссово-почвенных серий, но для сохранения записи должны существовать определенные условия (доминирование лёссонакопления над педогенезом).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 22-18-00649 (исследования в Таджикистане) и 22-17-00265 (работы в Приазовье).

Список литературы:

1. Liu X., Xu T., Liu T. *The Chinese loess in Xifeng, II. A study of anisotropy of magnetic susceptibility of loess from Xifeng // Geophysical Journal International.* – 1988. – Т. 92. – №. 2. – С. 349-353
2. Додонов А. Е. Четвертичный период Средней Азии (Стратиграфия, корреляция, палеогеография). – 2001.

Докладчик: Мещерякова Ольга Андреевна, в.и., аспирант, olga251294@mail.ru

ПОИСК РАЗРЫВА ПО ТРЕЩИНАМ В ПРОГРАММЕ SIMSGM

Молчанов А.Б., Гордеев Н.А.

*ИФЗ РАН, Лаборатория прикладных и фундаментальных проблем
тектонифизики им. М.В. Гзовского (204)*

Авторами работы на протяжении нескольких лет ведется усовершенствование работы структурно-геоморфологического метода Л.А. Сим [1]. Была разработана программа по автоматизации этого метода – SimSGM [2, 3].

В новой версии программы SimSGM был разработан алгоритм интерполяции трещиноватости с опорой на существующие одномерные данные. Зачастую использование одних только карт высот и спутниковых снимков является недостаточным для получения полной картины трещиноватости исследуемого региона, что, в свою очередь, приводит к неточностям в реконструкции неотектонических напряжений. При этом, если имеются дополнительные данные других геологоразведочных методов по данной территории, их использование оказывается весьма целесообразным. Так, к решению задачи могут быть непосредственно привлечены данные интерпретации сейсмических профилей, представляющие собой одномерные линии разломов и других трещин, пересекающих профили. Тем не менее, в большинстве случаев, по таким данным невозможно восстановить всю карту трещин, поскольку каждая такая линия уходит вглубь разреза и не позволяет судить о направлении проходящей через неё трещины. Поэтому предлагается провести интерполяцию этих данных с опорой на вычисленные по карте высот или спутниковому снимку тренды трещиноватости. Известные тренды позволяют рассчитать наиболее вероятные расположения трещин, полученных по данным интерпретации сейсмических профилей, и включить их в общую выборку для последующей реконструкции неотектонических напряжений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Сим Л.А. Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации) // Изв. вузов. Геол. и разв. 1991. № 10. С. 3-22.
2. Гордеев Н. А., Молчанов А. Б. Автоматизация структурно-геоморфологического метода реконструкции сдвиговых тектонических напряжений Л.А. Сим // Геоинформатика. 2019. № 2. С. 25-33.
3. Молчанов А.Б., Гордеев Н.А. Автоматическое определение типов и трендов трещиноватости в зоне новейших разрывов в программе SimSGM // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2022. 19. С. 244-247. doi.org/10.31241/FNS.2022.19.044

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ КОРЫ ФЕННОСКАНДИИ ОТ
РАЗЛИЧНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ

Мягков Д.С.¹

*¹ИФЗ РАН, Лаборатория фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики
(204)*

Исследование посвящено поиску источников нагружения коры Фенноскандии. Актуальная на данный момент проблема: создание общей геодинамической модели Фенноскандии, на данный момент не решена, что связано, как с многообразием источников нагружения коры, так с сравнительно скудными сейсмологическими данными, на основании которых может быть получена модель современного напряжённого состояния. Среди источников нагружения традиционно рассматривается предполагаемое давление со стороны зоны спрединга, также важным фактором является вклад гляциоизостатического процесса. Отдельным и самостоятельным источником является денудация, которая, как было показано в том числе в работе [1], может приводить к формированию аномальных напряжений горизонтального сжатия достаточно высокого уровня (до первых десятков МПа). В данном исследовании представлены результаты математического моделирования для денудационного фактора и давления со стороны оси спрединга. Полученные результаты сравниваются с тектонофизическими данными о напряжённом состоянии коры Фенноскандии.

Для численного расчёта применялась явная конечно-разностная схема, разработанная Уилкинсом для исследования упруго-пластических тел и усовершенствованная Стефановым [2]. Тела модели рассматриваются как упрочняющиеся упруго-пластичные с законом пластического течения Друкера-Прагера-Николаевского для коры и Мизеса для мантии. Свойства среды подбирались опираясь на имеющийся комплекс геолого-геофизических данных, в первую очередь на гравиметрические данные и сейсмические разрезы [3]. Моделирование проводилось в 2D постановке по 2 профилям, проходящим через восточную Фенноскандию. Результаты моделирования показали, что хотя обе модели способны воспроизводить соответствующее природным данным напряжённое состояние, результаты денудационной модели более перспективны и лучше соответствуют тектонофизическим данным.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 22-17-00208.

Список литературы:

1. Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Козырев А.А. О возможном механизме генерации избыточного горизонтального сжатия рудных узлов Кольского полуострова (Хибины, Ловозеро, Ковдор) // Геология рудных месторождений. 2017. Т. 59. № 4. С. 263–280.
2. Стефанов Ю.П. Некоторые особенности численного моделирования поведения упруго-хрупкопластичных материалов // Физ. мезомех. 2005. Т. 8. - № 3. С. 129-142.
3. Glaznev V.N., 2003. Complex geophysical models of a lithosphere of the Fennoscandian. // Apatity, "Каем". 252 p.

Докладчик: Мягков Дмитрий Сергеевич, н.с., dsm@ifz.ru

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ, ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И
ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД В ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЗОНЕ
СУЛЬЦ-СУ-ФОРЕ (ФРАНЦИЯ)

Ненюкова А.И.^{1,2}, Спичак В.В.²

¹МГРИ-РГГРУ имени С. Орджоникидзе

²ЦГЭМИ ИФЗ РАН

Целью проведенных в работе исследований является комплексный анализ петрофизических, теплофизических и фильтрационно-емкостных свойств пород в геотермальной зоне Сульц-су-Форе (Франция) с последующим выделением перспективных участков для проведения разведочного бурения. По результатам магнитотеллурических зондирований, проведенных вдоль профиля, и измерений в скважинах ранее были построены двумерные модели удельного сопротивления, температуры, теплопроводности, теплоемкости, пористости, водонасыщенности и проницаемости пород [1-4]. В работе проведен их кластерный анализ методом К-средних с использованием пакета программ KKAnalysis [5]. Для сжатия пространства данных применялись метод главных компонент и “самоорганизующиеся карты” Кохонена (SOM). Для определения оптимального числа кластеров в работе использовался индекс Дэвиса-Боулдина (DBI). Результаты комплексного анализа представлены в виде двумерных кластерных разрезов в пространстве координат. Проведен анализ полученных результатов кластеризации для различных конфигураций исходных параметров. На основе выполненных исследований предложены индикаторы поиска участков земных недр, перспективных для разведки геотермальных ресурсов. В частности, с их помощью выделен участок в геотермальной зоне Сульц на глубинах 2-3км, характеризующийся благоприятными параметрами для бурения геотермальных скважин. Разработанный подход к построению “карт перспективности” участков может быть востребован для эффективного поиска и определения запасов не только геотермальной энергии, но и углеводородов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 20-17-00155.

Список литературы:

1. Спичак В.В., Гойдина А.Г., Захарова О.К. Построение разрезов теплофизических свойств пород по данным электромагнитных зондирований и лабораторных измерений // Геология и геофизика (в печати).
2. Спичак В.В., Захарова О.К. Электромагнитный геотермометр / М., Научный мир. 2013.
3. Спичак В.В., Захарова О.К. Электромагнитный прогноз проницаемости вне скважин // Геофизические исследования. 2022. Т. 23. №2. С.18-38.
4. Спичак В.В., Захарова О.К. Построение разрезов пористости и водонасыщенности по данным электромагнитных зондирований и измерений в скважинах // Геофизические исследования (в печати).
5. Langer H, Falsaperla S., Hammer C. Advantages and Pitfalls of Pattern Recognition. Selected Cases in Geophysics / Elsevier, Amsterdam. 2020.

Докладчик: **Ненюкова Алёна Игоревна**, студент, nenyukovaai@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ И МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ СМЕСЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В НАНОПОРИСТЫХ СРЕДАХ

Нестерова И.С., Ваганова М.А., Хлюпин А.Н.¹

¹*Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)*

Нетрадиционные месторождения являются одним из перспективных энергетических ресурсов, так как они содержат запасы в несколько раз превышающие традиционные [1]. Однако классические способы добычи не применимы для таких коллекторов, поскольку их характерный размер пор на несколько порядков меньше, чем для традиционных месторождений [2]. Поведение флюидов в порах такого масштаба (нанометры) критическим образом отличается от классического представления из-за сильного влияния межмолекулярных взаимодействий [3].

Цель этого исследования заключается в том, чтобы выяснить каким образом ведут себя многокомпонентные смеси углеводородов и диоксида углерода в нанопористых системах. Для этого рассматривается поведение смесей метана, этана, бутана и диоксида углерода в системе нанопоры до 50 нм, соединённой с макропорой. Для этих смесей проводятся расчёты компонентного состава, селективности и адсорбции. Расчёты компонентного состава и адсорбции проводятся с помощью теории функционала плотности, а расчёты селективности с помощью молекулярной динамики.

Результаты исследования подтверждают, что компонентный состав смеси реализуемый в нанопорах отличается от её состава в макропорах, а также зависит от температуры, давления, ширины поры и химического состава компонент. Также компонентный состав сильно зависит от соотношения размера молекул смеси и ширины поры так как в случае укладывания целого числа молекулярных слоёв, адсорбция такой компоненты усиливается. Кроме того, было выявлено, что селективность компонент носит сложный характер в зависимости от ширины поры и давления. В расчётах адсорбции было обнаружено, что с ростом давления компонента, которая адсорбируется больше, может меняться при определенных условиях.

Таким образом проведённое исследование показывает сложный характер поведения многокомпонентных флюидов в нанопористых средах, что подтверждает неприменимость классических подходов для описания таких систем. Мы надеемся, что данное исследование станет полезной основой для формирования новых технологий добычи углеводородов из нетрадиционных коллекторов.

Список литературы:

1. *Zou C.*, Unconventional Petroleum Geology. Beijing; Geological Publishing House, 2014.
2. *Yu W. et al.* Compositional simulation of CO₂ huff'n'puff in Eagle Ford tight oil reservoirs with CO₂ molecular diffusion, nanopore confinement, and complex natural fractures //SPE Reservoir Evaluation & Engineering. – 2019. – Т. 22. – №. 02. – С. 492-508.
3. *Liu X., Zhang D.* A review of phase behavior simulation of hydrocarbons in confined space: Implications for shale oil and shale gas //Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2019. – Т. 68. – С. 102901.

Докладчик: **Нестерова Ирина Сергеевна**, аспирант, irina.nesterova@phystech.edu

ПЕТРОУПРУГОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРИСТОГО КЕРОГЕНА

*Окуневич В.С.¹**¹ИФЗ РАН, Лаборатория фундаментальных проблем нефтегазовой геофизики и геофизического мониторинга (202)*

В настоящее время большое внимание уделяется нетрадиционным коллекторам, которые, как правило, являются низко пористыми и малопроницаемыми. С целью повышения добычи углеводородов из таких коллекторов их подвергают специальным воздействиям, для успешного применения которых необходимы надежные знания о физических свойствах этих коллекторов. В данной работе основой для проведения исследования являлось теоретическое моделирование эффективных упругих свойств керогена. Для определения эффективных упругих свойств керогена были использованы методы теории эффективной среды (ТЭС).

Кероген является нефтематеринским веществом. Оценка его свойств и степени его созревания важное знание для нефтяной промышленности. Доманиковые отложения богаты керогеном, что делает их важными промысловыми отложениями.

В статье [1] авторы измеряют упругие свойства образцов керогена, полученных в лабораторных условиях. Однако авторы получают значение модуля всестороннего сжатия K и отношения модуля всестороннего сжатия к модулю сдвига K/μ с помощью ультразвуковых измерений, не имея представления о внутренней структуре исследуемых образцов. Целью данного исследования – изучения внутреннего строения образцов с помощью Теории эффективных сред и моделирования их петроупругих свойств. В рамках данного исследования также ставятся задачи по выбору метода моделирования и методу решения обратной задачи.

Изучение упругих свойств керогена, а как следствие керогеносодержащих пород, таких как, например, Доманиковые отложения, является основой для интерпретации данных сейсморазведки.

Список литературы:

1. Yan Fuyong, Han De-Hua Measurement of elastic properties of kerogen.// SEG Houston 2013 Annual Meeting. DOI <http://dx.doi.org/10.1190/segam2013-1319.1>

МАРШРУТЫ МОБИЛЬНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ГНСС ДАННЫХ И СРАВНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ С ЦМР

Передерин Ф.В.¹, Алёшин И.М.¹, Погорелов В.В.², Холодков К.И.¹

¹ИФЗ РАН, Лаборатория “Геоинформатики” (501)

²ИФЗ РАН, Лаборатория “Спутниковых методов изучения геофизических процессов” (203)

На разработанном в ИФЗ РАН устройстве регистрации геофизических данных была реализована регистрация сигналов ГНСС с высокой частотой опроса. Данная система использовалась при поездках на автомобилях по субмеридиональным профилям в ходе экспедиционных и полевых работ Института, а также размещалась на ледоколе «Илья Муромец», который совершил переход по трассе Северного Морского пути в рамках комплексной экспедиции РГО и Северного флота на арктические архипелаги [1, 2].

Полученные данные обрабатывались с использованием технологии Precise Point Positioning (PPP), оценивалась возможность точного позиционирования на протяженных субмеридиональных профилях от арктических широт до юга России. Также было проведено сравнение навигационных решений с глобальной и региональной цифровой моделью рельефа [3].

Работа выполнена в рамках бюджетных тем ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Передерин Ф.В., Алёшин И.М., Иванов С.Д., Михайлов П.С., Погорелов В.В., Холодков К.И. Портативный комплекс регистрации сигналов ГНСС с высокой частотой опроса: полевые испытания и перспективы применения. // Наука и технологические разработки. 2018. Т. 97. № 4. С. 28-40. DOI: 10.21455/std2018.4-2
2. Погорелов В.В., Михайлов П.С., Спесивцев А.А., Преснов Д.А., Лиходеев Д.В., Жостков Р.А., Передерин Ф.В., Холодков К.И. Экспериментальные оценки глобальной модели геоида с использованием подспутниковых измерений на подвижном основании. / XIX международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)», ИКИ РАН, Москва, Россия, 15-19 ноября 2021
3. Минеев А.Л., Полякова Е.В., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Надёжность цифровой модели рельефа Архангельской области для проведения геоэкологических исследований // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 4. С. 58–67. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-4-58-67.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕИДЕАЛЬНОСТИ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Платова А.Г., Быков А.А.

Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)

Для определения упругих свойств материала по данным на сжатие цилиндрических образцов обычно считают, что трение между сжимающим плунжером и торцом образца отсутствует и напряженно-деформированное состояние (НДС) является однородным. На основе данного предположения были разработаны отраслевые стандарты для определения упруго-прочностных свойств образцов горных пород [1.-3.]. Однако, если учитывать трение, то НДС не является однородным, и необходимо разработать методику определения модуля Юнга, коэффициента Пуассона, коэффициента когезии и угла внутреннего трения материала по результатам испытаний, чему и посвящена данная работа.

В процессе исследования с помощью программного пакета Abaqus был проведен ряд расчетов процесса сжатия стандартного цилиндрического образца (с отношением высоты к диаметру равным 2) при различных значениях коэффициента Пуассона, модуля Юнга, параметров поверхности текучести Друкера-Прагера, а также обжимающих образец напряжениях. Затем после обработки расчетных данных получены корреляционные зависимости истинных упругих модулей от эффективных (определяемых по стандартным методикам), и коэффициента когезии и тангенса угла внутреннего трения от значений обжимающих напряжений и напряжений, при которых образец начинает пластически деформироваться, определяемых по двум испытаниям. В докладе будут представлены методика получения корреляционных зависимостей и алгоритм их применения для обработки результатов испытаний, полученных по стандартизированным методам [1.-3.].

Средняя точность корреляционных зависимостей по полученному расчетному набору данных для коэффициента когезии не превышает 3%, а тангенса угла внутреннего трения не превышает 20%.

Список литературы:

1. ГОСТ 28985-91. Породы горные. Метод определения деформационных характеристик при одноосном сжатии. Введ. 01.07.1992. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2004. – 11с.
2. ASTM D7012-10. Standard test method for compressive strength and elastic moduli of intact rock core specimens under varying states of stress and temperatures, West Conshohocken: ASTM International, 2010. — 9 p.
3. DIN EN 14580:2005-07. Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung des statischen Elastizitätsmoduls, Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V., 2005. — 15 p.

ИТОГИ КОНГРЕССА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ: СОЗДАНИЕ СИСТЕМ
КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА И ТЕХНОЛОГИЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ АВАЧИНСКОЙ И МУТНОВСКОЙ ГРУПП

Преснов Д.А.

*ИФЗ РАН, Лаборатория фундаментальных проблем
экологической геофизики и вулканологии (703)*

В 2022 году в Российской Федерации стартовало Десятилетие науки и технологий, в рамках которого в различных регионах страны проводятся мероприятия-спутники Конгресса молодых ученых. Основная цель проводимых мероприятий - вовлечение российского научного сообщества в решение реальных задач регионов. Одна из таких задач под названием “Создание систем комплексного мониторинга и технологий прогнозирования извержений вулканов Авачинской и Мутновской групп” стояла перед участниками мероприятия-спутника в г. Петропавловск-Камчатский. В работе экспертной группы принимали участие молодые и ведущие ученые в области геофизики со всей страны, что позволило сформулировать основные требования к перспективной системе мониторинга катастрофических вулканических и сейсмических процессов на п-ве Камчатка.

В результате было показано, что для обеспечения безопасности жителей региона и пассажиров авиалайнеров система мониторинга вулканов на Камчатке требует серьезного развития, как в рамках расширения действующей сейсмической сети [1], так и в части создания принципиально новых комплексных подходов к наблюдению за вулканами [2], которые могут включать автономные регистрирующие станции [3]. Современное техническое оснащение позволит разрабатывать новые подходы к прогнозу извержений вулканов, изучению их глубинного строения, а также привлекать международные научные коллективы к исследованиям в Камчатском крае.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Сенюков С.Л., Нуждина И.Н., Дроздина С.Я., Блинецов В.Е., Гарбузова В.Т., Кожевникова Т.Ю., Назарова З.А., Соболевская О.В. Мониторинг активности вулканов Камчатки с 01.01.2011 г. по 31.05.2015 г. / Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Десятой Международной сейсмологической школы. Геофизическая служба РАН. 2015. С. 295-299.
2. Озеров А.Ю., Мельников Д.В. Новый подход к мониторингу вулканов авачинский и корякский / Вулканизм и связанные с ним процессы. материалы XXII Всероссийской научной конференции, посвящённой Дню вулканолога. 2019. С. 24-27.
3. 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.

ОЦЕНКА ВКЛАДА АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ В
ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОТНОГО ПРОФИЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НИЖНЕЙ
АТМОСФЕРЫ

Прохорчук А.А.¹, Галиченко С.В.¹, Климанова Е.В.¹, Анисимов С.В.¹

¹ГО «Борок» ИФЗ РАН, Лаборатория геофизического мониторинга

Эффективность и полярность конвективного электрического генератора «хорошей погоды» зависит от факторов, формирующих высотное распределение электропроводности атмосферы [1], в том числе, распределения интенсивности образования легких аэроионов вследствие каскадного взаимодействия электронных оболочек атомов с квантами электромагнитного излучения высоких энергий, основными источниками которых в атмосферном пограничном слое являются естественные радиоактивные элементы, содержащиеся в верхнем слое земной коры.

С помощью программного инструментария «Geant4» [2] в горизонтально однородном приближении была решена задача о высотном распределении дозы ионизирующей радиации вышеуказанного типа. Показано, что внутри атмосферного пограничного слоя амплитуда интенсивности ионизации гамма-квантами распада внутрипочвенных радионуклидов превосходит амплитуду интенсивности ионизации галактическими космическими лучами, формирующими высотный тренд интенсивности ионизации в большей части атмосферного пограничного слоя. Оценивается вклад активности радионуклидов цепочек распада урана-238 и тория-232 в формирование высотного профиля вертикального электрического тока атмосферного пограничного слоя.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-17-00053) и государственного задания ГО «Борок» ИФЗ РАН № FMWU-2022-0025.

Список литературы:

1. Anisimov S.V., Galichenko S.V., Prokhorchuk A.A., Aphinogenov K.V. Mid-latitude convective boundary layer electricity: A study by large-eddy simulation // *Atm. Res.* 2020. V. 244. Iss. May. P. 105035.
2. Agostinelli S., Allison J., Amako K., Apostolakis J. et al. Geant4—a simulation toolkit // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment.* 2003. V. 506. Iss. 3. P. 250-303.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ДЖЕРКОВ ПО ДАННЫМ ОБСЕРВАТОРИИ ХЕРМАНУС (ЮАР)

Рябова С.А.^{1,2}, Шалимов С.Л.¹

¹ *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук*

² *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского Российской академии наук*

Известно, что вариации магнитного поля Земли неравномерно распределены по земному шару [1]. Рассматриваемый в настоящей работе регион относится к Южной Африке, характеризующейся по ряду исследований быстрыми изменениями геомагнитного поля [2].

В нашем исследовании изучается динамика первой производной векового изменения магнитного поля Земли, а именно ее проявления в виде изменения наклона производной, так называемых геомагнитные джерки [3].

В качестве исходных данных использовались результаты инструментальных наблюдений за тремя компонентами магнитного поля на обсерватории, расположенной в г. Херманус Южно-Африканской Республики (HER, 34°25'30" S; 19°13'30" E). Рассматривались данные за период с 2000 по 2020 год.

Сегментированный регрессионный анализ использовался в качестве метода вычисления наклона первой производной вековой вариации с идентификацией местоположения точек переключения (в нашем случае, геомагнитного джерка) с помощью алгоритма дифференциальной эволюции.

На основе представлений о неустойчивости Велихова [4] выполнена интерпретация частоты геомагнитных джерков, обнаруженной по данным регистрации геомагнитного поля на обсерватории Херманус.

Экспериментальные исследования выполнены в рамках государственного задания ИДГ РАН № 1220329000185-5 "Проявление процессов природного и техногенного происхождения в геофизических полях", интерпретация результатов выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. *Campbell W.* Introduction to geomagnetic fields. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 337 p.
2. *Mandea M., Korte M., Mozzoni D., Kotze P.* The magnetic field changing over the southern African continent - a unique behaviour // South African Journal of Geology. 2007. Vol. 110. P. 193-202.
3. *Адушкин В.В., Рябова С.А., Стивак А.А.* Геомагнитные эффекты природных и техногенных процессов. М.: ГЕОС, 2021. 264 с.
- Велихов Е.П.* Устойчивость течения идеально проводящей жидкости между вращающимися цилиндрами в магнитном поле // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1959. Т. 36. № 5. С. 1398-1404.

ПОДГОТОВКА МАТЕРИАЛОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
СКВАЖИН ПО ДАННЫМ СТАРОГО ФОНДА ДЛЯ ЗАДАЧ ДИНАМИЧЕСКОЙ
ИНТЕРПРЕТАЦИИ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ДАННЫХ

Савойская М.К.^{1,2}

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

²*ФГБУ «ВНИГНИ»*

Одной из существенных частей работ по камеральной обработке и интерпретации сейсмических данных является динамическая интерпретация, которая не может проводиться без опоры на скважинные данные. Поэтому при изучении недр в рамках камеральных работ предусмотрена обработка и интерпретация скважинной информации, составление петрофизического обоснования и проведение флюидозамещения.

На региональном этапе исследований большая часть объектов не обладает скважинами с достаточным комплексом ГИС.

Следовательно, возникает потребность в подборе методики для работы с урезанным комплексом ГИС для решения задач подготовки материалов к динамической интерпретации сейсморазведки. Автором была предложена и пошагово рассмотрена соответствующая методика:

- 1) получение глинистой компоненты модели путём расчёта коэффициента глинистости;
- 2) получение компонент матрицы путём синтеза из нейтронного гамма-каротажа кривых времени пробега продольной волны, нормированных на матрицы доломита и кальцита для карбонатного разреза;
- 3) расчёт общей и эффективной пористости;
- 4) построение детальной минеральной модели и минеральной модели по методике Н.З. Заляева в опорной скважине с расширенным комплексом ГИС с целью оценки применимости данного подхода на изучаемой территории работ.

Таким образом, даже в условиях ограниченного комплекса ГИС возможно восстановить модель среды. Результаты, представленные автором, могут быть применимы в ситуациях аналогичных рассмотренной.

ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТЕЙ УПРУГИХ ВОЛН ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ ГРАНИТОИДОВ ИЗ РАЙОНА КОЙНА-ВАНРА.

Сергеев Д.С.^{1,2}

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

²ИФЗ РАН, ЦПГИ

В районе Койна-Варна (Западная Индия) проводятся полевые сейсмологические работы по исследованию механизмов возникновения сейсмических событий и закономерностей наведенной сейсмичности, вызванной заполнением водохранилищ [1,2].

Эти исследования сопровождаются лабораторными экспериментами по моделированию сейсмического режима и изучению петрофизических свойств пород из указанного региона.

Эксперименты проводились на образцах гранитоидов, отобранных из специально пробуренных для исследовательских целей скважин, на сервогидравлической установке высокого давления GCTS RTR 4500 в ЦПГИ Центра коллективного пользования ИФЗ РАН.

В ходе экспериментов измерялись осевая, радиальная и объемная деформации, скорости продольных и поперечных волн на частоте 1МГц, при всестороннем давлении и осевой нагрузке. Использовались различные режимы нагружения образцов горной породы.

Рассмотрены особенности изменения скоростей упругих волн V_p и V_s , соотношения V_p/V_s . Практически у всех исследуемых образцов отмечается увеличение значения V_p/V_s , связанное с ростом трещиноватости, которое рассматривается как признак формирования макроразрушения.

Список литературы:

1. Смирнов В.Б., Пономарев А.В. Физика переходных режимов сейсмичности. М.: РАН, 2020 – 412 с.
2. Harsh K. Gupta. Review: Reservoir Triggered Seismicity (RTS) at Koyna, India, over the Past 50 Yrs. BSSA, vol. 108, No. 5B, pp. 2907–2918, November 2018, doi: 10.1785/012018

АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОРОВО-СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ПОРИСТЫХ СРЕД НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНТРОПИИ

Сиразов Р.А.¹, Самарин А.И.², Хлюпин А.Н.³, Герке К.М.^{1,4}

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

² *Московский государственный университет*

³ *Московский физико-технический институт*

⁴ *Институт динамики геосфер Российской академии наук*

Существует множество подходов к расчету фильтрационно-емкостных свойств пористых образцов. Порово-сетевые модели являются одним из способов проведения подобных оценок.

В настоящей работе предлагается метод восстановления порово-сетевой модели пористого образца, применимый в том числе к задачам построения образца более крупного размера на основе имеющегося.

Используемый в рамках работы алгоритм состоит из двух основных частей:

1. Генерация положения центров пор на основе градиентного спуска для моделей максимальной энтропии [1]
 - a. Проводим свертку изображения, содержащего точки, представляющие из себя центры пор, с гауссовым фильтром
 - b. Делаем вейвлет преобразование полученного изображения
 - c. Считаем кросс-корреляции вейвлет-преобразования изображения
 - d. Считаем функции потерь для оптимизационного процесса
 - e. Проводим оптимизацию, повторяя шаги 1a-1d до минимизации дескриптора
2. Генерации каналов, параметров пор и каналов на основе одномерных и двумерных параметров оригинальной порово-сетевой модели

В результате работы был разработан метод реконструкции порово-сетевых моделей пористых сред, сохраняющий фильтрационные свойства реконструируемого образца. В отдельных случаях ошибка расчета проницаемости реконструированного образца по сравнению с оригинальным уменьшилась в 2 раза при переходе от классической модели [2, 3], использующей равномерное распределение центров пор по пространству, к новой модели.

Список литературы:

1. *Jin B., Bi R., Nasrabadi H.* Molecular simulation of the pore size distribution effect on phase behavior of methane confined in nanopores //Fluid Phase Equilibria. – 2017. – Т. 452. – С. 94-102.
2. *Taghavinejad A. et al.* Flow modeling in shale gas reservoirs: A comprehensive review //Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2020. – С. 103535.
3. *Jiménez-Serratos G. et al.* Aggregation behavior of model asphaltenes revealed from largescale coarse-grained molecular simulations //The Journal of Physical Chemistry B. – 2019. – Т. 123. – №. 10. – С. 2380-2396.

СИЛЬНАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВО ВНУТРИГОРНЫХ ДОЛИНАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ

А.А. Стрельников¹, К. Franklyn²

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

²*Birkbeck University of London, Department of History, Classics and Archaeology*

Иссык-Кульская впадина относится к одним из самых сейсмоактивных регионов: здесь с начала голоцена по данным археологической и палеосейсмологической информации обнаружены многочисленные примеры сильной сейсмической активности [1]. Также и в настоящее время здесь регистрируется большое количество как слабых, так и достаточно сильных землетрясений [2].

Представлены результаты исследований проводимых международной группой ученых из Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта и Birkbeck University of London в 2022 году в области археологической и палеосейсмологической информации. Во внутригорных долинах южной части Иссык-Кульской впадины: Чон-Кызыл-Суу, Джууку, Барксоон, Тосор, Коргонду-Булак и Конур-Олён, обнаружены деформированные в результате сильной сейсмической активности археологические памятники II, VI, IX, XII и XVII веков нашей эры [3]. По результатам первичной датировки подтверждены ранее обнаруженные и ранее неизвестные сильные землетрясения на юге Иссык-Кульской впадины. Приведена дополненная хронология сейсмических событий прошлого [4].

Список литературы:

1. Кальметьева З.А., Миколайчук А.В., Молдобеков Б.Д., Мелешко А.В., Жантаев М.М., Зубович А.В. Атлас землетрясений Кыргызстана // Бишкек. ЦАИИЗ. 2009. 73 с.
2. Корженков А.М., Абдиева С.В., Рогожин Е.А., Сорокин А.А. Неизвестное сильное землетрясение в Иссык-Кульской котловине // Природа. 2018а. № 3. С.24–35.
3. Корженков А.М., Абдиева С.В., Гладков А.С., Деев Е.В., Лю Ц., Мажейка Й.В., Рогожин Е.А., Родкин М.В., Сорокин А.А., Турова И.В., Фортуна А.Б. Палеосейсмичность вдоль адырных разломов (на примере Коконадыр-Тегерекского разлома в Юго-Западном Прииссыккулье, Тянь-Шань) // Вулканология и сейсмология. – 2019. – № 5. – С. 36-53.
4. Стрельников А.А., Корженков А.М. Разрушение средневековых археологических памятников сильными землетрясениями в юго-восточной части Иссык-Кульской впадины, Тянь-Шань // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2020. – Т. 47. – № 3. – С. 54-73.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД В НАУКЕ О ПОЧВЕ

Толстыгин К.Д.¹, Герке К.М.², Хлюпин А.Н.³

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра физики и мелиорации почв

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

³ Институт динамики геосфер Российской академии наук

В работе исследовано применение подхода выделения поросетевых моделей из 3D-изображений компьютерной микротомографии почв и дальнейший расчет ненасыщенной гидравлической проводимости. Эти расчеты сравнивались с общепринятым в физике почв расчетом по уравнению ван Генухтена – Муалема [1,2, 3].

В результате нам удалось сравнить два подхода между собой. Относительные проводимости, полученные двумя методами, показывают сильную дивергенцию в области пор большого и малого радиусов.

В силу того, что уравнение ван Генухтена-Муалема обладает рядом недостатков, а именно:

- Не учитывает динамику порового пространства почвы, то есть является абсолютно статической и устойчивой
- Склонно к завышению количества пор большего размера, нежели фактическому распределению пор в почве
- Создана фактически методом подгона параметра связности пор под использованные в оригинальном исследовании образцы почв

мы склонны считать, что подход, используемый в исследовании нефтесодержащих пород, является более корректным. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования этого подхода на образцах почв разного генезиса, адаптация этого подхода под специфику почвы как объекта, отличающегося от породы в ее классическом понимании (например, крайне высокая динамика порового пространства, наличие неоднородного распределения органического вещества и так далее [1,3]), а также формулировка модели, позволяющей производить корректный расчет и определение функции влагопроводности.

Список литературы:

1. Theories and methods of soil physics Collective monograph / Edited by E.V. Shein, L.O. Karpachevsky, publishing house "Grif and K", 2007, 616 pages, in Russian
2. *Шейн Е.В.* Курс физики почв. Издательство Московского университета, 2005 г., 432 стр., УДК: 631, ISBN: 5-211-05021-5
3. *van Genuchten, M.* Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:892-898.

СОПОСТАВЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОННЫХ И ПЛАТФОРМЕННЫХ ИНКЛИНОМЕТРОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Фаттахов Е.А.¹

¹*ИФЗ РАН, Лаборатория современной и прикладной геодинамики (201)*

Необходимость в создании геодинамического полигона на шельфовом нефтегазовом месторождении обусловлена различными нормативными документами Ростехнадзора с целью обеспечения промышленной безопасностью и охраны недр. В этой связи на рассматриваемых месторождениях в северном Каспии установлены комплексы различных приборов на платформах и морском дне, которые в перманентном режиме фиксируют текущее состояние морского дна и платформ [1, 2, 3].

Целью данного доклада является демонстрация результатов геодеформационного мониторинга по длительным инклинометрическим наблюдениям на различных платформах и донных станциях на месторождениях северного Каспия [4, 5]. Проведено сравнение многолетних наблюдений с данными изменения давления. По всем приборам, которые фиксируют наклоны (крен и дифферент) сделан расчет спектральных характеристик с помощью специализированного программного обеспечения (пакет WinABD), разработанного в ИФЗ РАН [6]. В результате такого сравнения показано, что донные станции лучше отражают динамику дна моря, чем приборы на платформе.

Работа выполнена в рамках гос. задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Кузьмин Ю. О. Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная малыми природно-техногенными воздействиями // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2002. №9. С. 48-54.
2. Кузьмин Ю. О. Парадоксы сопоставительного анализа измерений методами наземной и спутниковой геодезии в современной геодинамике // Физика Земли. 2017. № 6. С. 24-39.
3. Кузьмин Ю. О. Деформационные последствия разработки месторождений нефти и газа // Геофизические процессы и биосфера. 2021. Т. 20, № 4. С. 103-121.
4. Кузьмин Ю.О., Децеровский А.В., Фаттахов Е.А., Кузьмин Д.К. и др. Инклинометрические наблюдения на месторождении им. Ю. Корчагина // Геофизические процессы и биосфера. - 2018. - Т. 53. - № 3. - С. 31-41.
5. Кузьмин Ю.О., Децеровский А.В., Фаттахов Е.А., Кузьмин Д.К. и др. Анализ результатов деформационных наблюдений системой инклинометров на месторождении им. В. Филановского // Геофизические процессы и биосфера. - 2019. - Т. 18. - № 4. - С. 86-94.
6. Децеровский 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.

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАЦИЙ В ГАЛОГЕННО-КАРБОНАТНОМ РАЗРЕЗЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Хабипьянов Л.С.

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

Объектом исследования является нефтегазовое месторождение Восточной Сибири, которое находится в пределах складчато-надвиговой структуры Ангаро-Ленской ступени на юго-востоке Сибирской платформы. Промышленная продуктивность месторождения связана с песчаным горизонтом, который находится в составе автохтона. Выше отложения перекрыты телом аллохтона галогенно-карбонатного состава [1].

Ранее проведенные геологоразведочные работы на территории объекта исследования, показали весьма сложное геологическое строение осадочного чехла, существенно осложняющее процесс бурения и освоения [2]. В таких условиях понимание напряженно-деформированного состояния массива горных пород является определяющим успех освоения месторождения.

Для определения упруго-прочностных свойства горных пород и дальнейшего геомеханического моделирования лабораторные исследования 800 образцов керна из 20 скважин. Результатами лабораторных исследований являются определения литотипа, коэффициент пористости, объемной плотности пород, скорость продольной и поперечной волны, модуль Юнга и коэффициент Пуассона.

Анализ результатов исследования показал разделение образцов по упруго-прочностным свойствам на группы, которые мы ассоциируем с механическими фациями. Выделение механических фаций проводилось с использованием методов машинного обучения (алгоритмы k-средних, метод опорных векторов, спектральная кластеризация). Выделение кластеров со схожими упруго-прочностными свойствами позволило определить устойчивые зависимости керн-кern, которые будут применяться для восстановления свойств от уровня одной скважины до всего месторождения.

Список литературы:

1. *Кокарев П.Н., Диких И.А., Сердюкова В.А.* Особенности строения пород-коллекторов парфёновского горизонта ковыктинской зоны газонакопления по материалам геофизического исследования скважин и результатам испытаний скважин, *Науки о Земле и недропользование*, 2018. №41(3), С.78-92.
2. *Мандельбаум М. М., Хохлов Г. А., Кондратьев В. А., Мазур В. Б.* Методика и технология открытия крупных и уникальных месторождений нефти и газа на юге Сибирской платформы, *Разведка и охрана недр*. 2005. №2–3. С. 29–39.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СТРУКТУРНЫХ
ПОСТРОЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЕКТА В АКВАТОРИИ
КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Харитонов Н.В.^{1,2}

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

²*ООО «Лукойл-Инжиниринг»*

При выполнении сейсмических проектов на шельфе, часто приходится сталкиваться с проблемой недостаточной освещенности площади разведочным бурением, что связано с высокими экономическими издержками и рисками. В условиях недостатка скважинной информации, возникает проблема оценки неопределенности выполненных в рамках сейсмического проекта структурных построений.

В предложенном докладе рассмотрена методика оценки неопределенности структурных построений на примере сейсмического проекта в акватории Каспийского моря. На площади исследований отсутствует скважинная информация, поэтому были привлечены скважины с соседних площадей. Основным негативным фактором, требующим аккуратного учета, является наличие высокоскоростного неоднородного палеорула в верхней части разреза.

С применением статистического анализа и теории погрешностей выполнена оценка доверительных интервалов скоростей в слоях скоростной модели, по которым получены доверительные интервалы абсолютной глубины залегания горизонтов. В полученных диапазонах возможного отклонения структурного плана выполнено последовательное Гауссовское моделирование [1] для получения статистических оценок конфигурации структурного плана.

Одним из значимых результатов методики является карта вероятности замыкания структуры, которая служит критерием неопределенности структурных построений по сейсмическим данным при дальнейших оценках рисков бурения и подсчете ресурсов.

Список литературы:

1. *Deutsch, C. V., and Journel, A. G., GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press, New York, II ed., 1997. 369 p.*

БАЗОВЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ МЕТРИКИ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА ПРИМЕРЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ ДЛЯ АВИАЦИИ

Холодков К. И.^{1,2}, Алёшин И. М.^{1,2}

¹*Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской академии наук,
Лаборатория геоинформатики (№501)*

²*Институт прикладной геофизики им. Е. К. Федорова, АО ГИ (№1)*

Глобальные центры космической погоды для авиации [1] представляют собой оперативные центры слежения за солнечно-земной средой, которые в режиме реального времени оценивают феномены космической погоды и предоставляют сводки о возможных эффектах отрасли гражданской авиации.

Анализ базовых прикладных метрик, используемых в работе таких центров, возможен по данным выпускаемых ими сводок и ежедневных докладов, которые эти центры делают во время дежурства. В своей работе центры используют данные космических обсерваторий и наземных средств наблюдения: риометры, ионосферные зонды, геомагнитные обсерватории, станции ГНСС, радио- и оптические телескопы. Показатели некоторых инструментов, таких как мощности излучения в рентгеновском диапазоне, используются для оценки состояния космической погоды без существенной обработки. В то же время, показания других инструментов, например, спутниковые измерения станций ГНСС, — используется как параметры моделей, из которых делается оперативный или прогностический вывод. Совокупность выводов по инструментальным и модельным данным, для целей непосредственного применения как меры тяжести протекания эффекта космической погоды, в рамках этой работы, — это прикладная метрика космической погоды.

Исходя из анализа, можно заключить, что глобальные центры космической погоды, благодаря непрерывным работам по гармонизации источников данных и методов их обработки[2], используют, в основном, одни и те же метрики космической погоды, которые восходят к источникам данных космического базирования и моделям, использующие их данные. Однако, метрики космической погоды, которые основаны на данных наземных наблюдений, имеют некоторые отличия, как инструментальные, так и методологические.

Список литературы:

1. Приложение 3 к Конвенции о международной гражданской авиации - Метеорологическое обеспечение международной авиации, дополнения 78(2016)
2. *M. Ishii et al.* Comparison of Radiation Models for ICAO Space Weather Service. 44-я Научная ассамблея COSPAR, Афины, Греция, 16-24 июля, 2022.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗА
«SWEET SPOT» ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТРИЗ

Хуснутдинов Ф.Ф.^{1,2}, Нугманов И.И.²

¹*ИФЗ РАН*

²*АНО ВО «Университет Иннополис»*

Принято считать, что термин «sweet spot» характеризует интервалы в пределах месторождений ТРИЗ, которые обладают самым высоким относительным извлечением углеводородного сырья для целей эксплуатационного бурения. Прогноз на нетрадиционных месторождениях обычно включает идентификацию кластеров и эффективных параметров, которые указывают на объем ресурсов и параметры, связанные с добычей, т. е. параметры качества коллектора, такие как общее содержание органического вещества, пористость, проницаемость, толщина продуктивной зоны и т.д. [1]. Хотя понимание этих параметров имеет важное значение при разработке нетрадиционных ресурсов, возможность достижения плановых показателей добычи обусловлено успешностью операций гидроразрыва, возможность эксплуатации естественных трещин, или возможность достижения обоих условий, что в итоге определяет целесообразность разработки месторождений ТРИЗ [1, 2]. Целью работы является демонстрация использования знаний о геомеханических условиях (с использованием программного комплекса по трехмерному геомеханическому моделированию), которые благоприятны для достижения максимальной производительности от операций интенсификации. В содержательной части работы обсуждается рабочий процесс для прогнозного оконтуривания «sweet spot», включая механические свойства горных пород и распределение естественных трещин. Рабочий процесс требует междисциплинарного набора данных, включающего информацию о бурении, геологии, геофизике, добыче, геохимии и геомеханике. В качестве объекта исследования выбрано одно из месторождений ТРИЗ на севере Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. В связи с тем, что в районе моделирования имеется значительное количество скважин с достаточным комплексом данных для расчета геомеханических свойств - акустические данные и плотность породы были определены как базовые для распространения в межскважинном пространстве. Поровое давление в пределах участка моделирования восстанавливается на основе сейсмических кубов скорости, калиброванных по данным наблюдений за давлением. На основе информации сейсмических атрибутов была рассчитана генеральная характеристика трещиноватости и смоделирована сеть дискретной трещиноватости. На основе задания эффективных прочностных свойств для ячеек неповрежденной породы и ячеек сетки с трещинами восстановлено напряженно-деформированное состояние массива горных пород. По критериям величин относительных деформаций проведена кластеризация и оконтуривание прогнозных участков «sweet spot».

Список литературы:

1. *Zoback M.D. Unconventional Reservoir Geomechanics: Shale Gas, Tight Oil, and Induced Seismicity.* – Stanford University: Cambridge University Press, 2019.
2. *Zoback M.D. Reservoir geomechanics.* – Stanford University: Cambridge University Press, 2007.

Докладчик: **Хуснутдинов Фаниль Флерович**, аспирант, fanil395@yandex.ru

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ НА ОСНОВЕ MLP-НЕЙРОСЕТИ ПО НАЗЕМНЫМ ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Чинкин В.Е.^{1,2}, Гетманов В.Г.^{1,2}

¹ИФЗ РАН, Лаборатория геоинформатики (501)

² Геофизический центр Российской академии наук

Разработан и оптимизирован алгоритм распознавания геомагнитных бурь (ГМБ-распознавание) на основе MLP-нейросети (Multi-Layer Perceptron) по наземным данным космических лучей. Построение данного алгоритма проводилась с целью внедрения как базы алгоритма прогнозирования геомагнитных бурь (ГМБ-прогнозирование), необходимого для своевременного предотвращения последствий ГМБ.

На данный момент существуют различные методы долгосрочного ГМБ-прогнозирования, базирующиеся на численных решениях уравнений магнитогидродинамики гелиосферы, охватывающих временные периоды от нескольких дней до недели, множество методов краткосрочного прогноза, в основе которых данные солнечного ветра в точке Лагранжа L1, надежного ГМБ-прогнозирования до 12ч. Однако существует нехватка точности приведенных методов на дистанциях от 12ч. до 48ч. В то же время, существуют свидетельства возможности надежного прогноза на среднесрочной дистанции при использовании данных вариаций вторичных космических лучей. Поэтому данная работа посвящена дальнейшей модификации существующего алгоритма ГМБ-распознавания [1], который использовался как база для алгоритма ГМБ-прогнозирования [2].

Новизна работы заключалась в внедрении модификаций как в обработку данных, так и в подготовку наборов тренировки нейронной сети, так и в структуру самой сети, путем оптимизации параметров, а также в методику принятия решений. Обновленный алгоритм обеспечил повышение качества ГМБ-распознавания, за счет достижения лучшего компромисса между верным и ложным ГМБ-распознаванием.

Работа выполнена в рамках государственного задания Геофизического центра РАН, утвержденного Минобрнауки России.

Список литературы:

1. *Belov A. V. et al. Recognition of Geomagnetic Storm Based on Neural Network Model Estimates of Dst Indices // J. Comput. Syst. Sci. Int. 2022. Т. 61. № 1. С. 54–64.*
2. *Getmanov V. G. et al. Geomagnetic Storm Prediction Based on the Neural Network Digital Processing of Joint Observations of the URAGAN Muon Hodoscope and Neutron Monitor Stations // Geomagn. Aeron. 2022. Т. 62. № 4. С. 388–398.*

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb LA-ICP-MS ДАТИРОВАНИЯ И
РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ОБЛОМОЧНОГО ЦИРКОНА ИЗ
ПОГРАНИЧНЫХ ПЕРМО-ТРИАСОВЫХ РАЗРЕЗОВ ВОСТОЧНОГО БОРТА
МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

Чистякова А.В.^{1,3}, Веселовский Р.В.^{2,3}

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

²*ИФЗ РАН, Лаборатория Археомагнетизма и эволюции магнитного поля Земли
(106)*

³*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Мы представляем результаты U-Pb LA-ICP-MS датирования обломочного циркона из 12-ти проб, отобранных из пограничных пермо-триасовых пород восточного борта Московской синеклизы. Объектами исследования являются шесть представительных разрезов региона: Жуков овраг, Асташиха, Недуброво, Клыково и Балебиха. Следует отдельно отметить, что разрез Жуков овраг является опорным для границы перми-триаса Русской плиты. Генеральной целью настоящего исследования стала реконструкция палеогеографической обстановки в центральных районах Русской плиты в пограничное пермо-триасовое время, а также получение дополнительных ограничений для надежной корреляции соответствующих континентально-терригенных толщ. Палеогеографическая обстановка осадконакопления в бассейне Московской синеклизы на рубеже перми и триаса имеет длительную историю изучения (Н.И. Строк, И.С. Трофимова, В.К. Голубев, М.П. Арефьев, В.Н. Кулешов и др.) и продолжает уточняться до сих пор. Для решения данной задачи задействовались разнообразные методы. Тем не менее, следует учесть, что только сравнительно недавние исследования выполнялись на основе актуальной унифицированной стратиграфической схемы пермской системы, что накладывает значительные ограничения на анализ и интерпретацию результатов более ранних работ. Метод изотопного датирования зерен обломочного циркона, а также рамановская спектроскопия при исследованиях пермо-триасового комплекса Русской плиты ранее систематически не применялись.

U-Pb LA-ICP-MS датирование циркона проводилось на базе четырех институтов: ИГМ СО РАН (Новосибирск), ИГГД РАН (Санкт-Петербург), ИЗК СО РАН (Иркутск) и ГИН СО РАН (Улан-Удэ). Всего было получено 1444 оценки изотопного возраста, из них 1268 с дискордантностью менее 10%. Последние находятся в широком временном диапазоне от архея до позднего палеозоя и формируют либо в целом одномодальное, либо тримодальное распределение возрастов зёрен обломочного циркона. Хорошо прослеживается закономерное чередование этих двух типов спектров в зависимости от стратиграфического положения, отражающее сложную палеогеографическую обстановку на платформе. Одновременно полученные результаты могут применяться для получения дополнительных возрастных ограничений для пограничных пермо-триасовых разрезов с неоднозначной стратиграфической позицией. Дополнительно в ЦКП ИФЗ РАН для 11-ти проб были проведены исследования рамановских спектров датированных зёрен циркона, что позволило детализировать информацию о потенциальных источниках сноса обломочного материала и выявить питающую провинцию, в пределах которой проявилось наложенное термальное событие венд-кембрийского возраста.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 22-27-00597.

Докладчик: **Чистякова Альвина Владимировна**, аспирант, sinematograf11@ya.ru

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ НИЖНЕКАНСКОГО МАССИВА

Шевчук Р.В.^{1,2,3}, Маневич А.И.^{1,3}

¹*Геофизический Центр РАН,*

²*ИФЗ РАН, Лаборатория геоинформатики (501)*

³*Горный институт НИТУ «МИСиС»*

В 2021 г. в северной части Нижнеканского массива (Красноярский край) началось строительство уникального объекта - подземной исследовательской лаборатории (ПИЛ), необходимой для обоснования геоэкологической безопасности окончательной изоляции высокоактивных радиоактивных отходов (РАО) в геологических формациях [1-3]. Одним из важных аспектов обеспечения безопасности подземного сооружения является изучение геодинамических условий, включая современные движения земной коры (СДЗК). Для данного района на начало строительства отсутствовали инструментальные данные о горизонтальных скоростях СДЗК. Наиболее эффективным средством изучения современных движений земной коры сегодня являются глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС). В районе с 2012 г. функционирует геодинамическая сеть в составе 35 ГНСС-пунктов [4], на которых ежегодно проводятся наблюдения за пространственным изменением их координат в режиме полевых кампаний. Повторные геодезические измерения позволили оценить скорости современных движений и параметры деформаций земной поверхности за период с 2012 по 2021 год. Основными исследуемыми характеристиками были инвариантные по отношению к системе координат горизонтальные растяжения-сжатия по главным осям деформации конечного элемента (треугольника) и деформации площадного растяжения/сжатия – горизонтальная дилатация. Они позволяют оценивать и прогнозировать степень подвижности верхней части земной коры и связанных с ней процессов деструкции и разуплотнения горных пород. Для косвенной оценки изоляционных свойств породного массива по результатам ГНСС-наблюдений предложено использовать параметр, характеризующий дефицит горизонтальных смещений пунктов наблюдательной сети

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №18-17-00241)

Список литературы:

1. Лаверов Н.П., Омеляненко Б.И., Величкин В.И. Геологические аспекты проблемы захоронения радиоактивных отходов // Геоэкология. 1994. №6. С. 3-20.
2. Абрамов А.А., Большов Л.А., Дорофеев А.Н., Игин И.М., Казаков К.С., Красильников В.Я., Линге И.И., Трохов Н.И., Уткин С.С. Подземная исследовательская лаборатория в Нижнеканском массиве: эволюционная проработка облика // Радиоактивные отходы. 2020. №1 (10). С. 9-21. DOI: 10.25283/2587-9707-2020-1-9-21.
3. Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. 2018. № 2 (3). С. 114—120.
4. Гвишиани А.Д., Татаринов В.Н., Кафтан В.И., Маневич А.И., Дзедобоев Б.А., Лосев И.В. Скорости современных горизонтальных движений земной коры в южной части Енисейского кряжа по результатам ГНСС-измерений // Доклады Академии наук. Науки о Земле. 2020, том 493, №1, С.73-77. DOI: 10.31857/S2686739720070075.

Докладчик: **Шевчук Роман Васильевич**, м.н.с. ИФЗ РАН, аспирант НИТУ "МИСиС",
Shevchuk.002@mail.ru

Научное издание

Научная конференция молодых ученых и аспирантов
ИФЗ РАН, 9-11 ноября 2022 г.

Тезисы докладов Конференции

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

Редакторы: к.г.-м.н. А.М. Фетисова, И.Е. Лебедев

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

Москва, 2022