



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**

6-7 ноября 2024 года

Тезисы докладов

Москва – 2024

УДК 55
ББК 26.3я43
НЗ4

НЗ4 Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН: Тезисы докладов. Москва, ИФЗ РАН, 6-7 ноября 2024 г. М.: ИФЗ РАН, 2024 – 71 с.

ISBN 978-591682-073-7

В сборнике публикуются тезисы докладов Научной конференции молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН, которая состоялась 6-7 ноября 2024 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 6-7, 2024). The results of scientific research in geophysics and related fields of Earth sciences (geology, geodesy, geoecology) obtained with the participation of young scientists, graduate students and students are presented.

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

Редакторы: Е.П. Кулакова, В.И. Дуданова

*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:

Кулакова Е.П. – н.с. лаборатории 105

Члены оргкомитета:

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

Киреева А.А. – руководитель департамента по связям с общественностью

Багдасарян Т.Э. – н.с. лаборатории 106, к.г.-м.н.

Стрельников А.А. – н.с. лаборатории 304, к.г.-м.н.

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

Дуданова В.И. – инж. лаборатории 105

Ролдугина Е.Ю. – ведущий эксперт департамента по связям с общественностью

Гринева Д.В. – ведущий эксперт иностранного отдела

*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. – первый заместитель директора ИФЗ РАН, 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.

Маринин А.В. – в.н.с., заведующий лабораторией 204, к.г.-м.н.

Овсяченко А.Н. – г.н.с., 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.

Пасенко А.М. – с.н.с. лаборатории 105, 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
6-7 ноября 2024 г., ИФЗ РАН, Москва*

Оглавление:

Организационный и программный комитеты конференции.....	3
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭПИЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗОН СИЛЬНЫХ КОРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КИТАЕ <i>Акматов Д.Ж., Маневич А.И.</i>	11
ПАРАМЕТРЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ ПО МЕТОДУ ЖУ И КАНАМОРИ <i>Астаскевич А.И., Алёшин И.М., Нестеренко М.Ю.</i>	12
ОЦЕНКА СВЯЗИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЬЕФА СВЕКО-НОРВЕЖСКОГО БЛОКА БАЛТИЙСКОГО ЩИТА С НОВЕЙШЕЙ СЕЙСМИЧНОСТЬЮ <i>Балашов Г.Р.</i>	13
ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТРАСТА «СУША-ОКЕАН» В ПАРАМЕТРАХ УНЧ-КНЧ ВАРИАЦИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЕ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ <i>Бондаренко А.М., Ягова Н.В.</i>	14
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕШЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ НА РАЗЛИЧНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ОРИЕНТИРАХ <i>Валов Г.Е.</i>	15
МОДЕЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ЗОНАХ НАКЛОННЫХ РАЗДВИГОВ <i>Васильев А.Н.</i>	16
КОМБИНИРОВАННАЯ ИНВЕРСИЯ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ <i>Верин Ф.С., Тихоцкий С.А., Кулаков И.Ю.</i>	17
ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЗОН РАЗВИТОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ НА ОДНОМ ИЗ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Воронов И.А., Дубиня Н.В.</i>	18
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ СЕДИМЕНТАЦИИ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РУССКО-ЧАСЕЛЬСКОГО МЕГАВАЛА ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО НГБ <i>Выговский Т.В., Жемчугова В.А.</i>	19
СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТОНОФИЗИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА <i>Гордеев Н.А.</i>	20
ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ РЕПЕРЫ В ЛЕССОВО-ПОЧВЕННОЙ СЕРИИ РАЗРЕЗА ОТКАЗНОЕ (ТЕРСКО-КУМСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ, СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ) <i>Дуданова В.И., Константинов Е.А.</i>	21

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ <i>Жарков Д.А., Жостков Р.А.</i>	22
ВЫЗЫВАЮТ ЛИ СОЛНЕЧНЫЕ ВСПЫШКИ И МЕЖПЛАНЕТНЫЕ УДАРНЫЕ ВОЛНЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И СЕЙСМИЧЕСКИЕ ШУМЫ? <i>Зинкин Д.В.</i>	23
АНАЛИЗ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ И МИКРОСТРУКТУРНЫХ ДАННЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ТЕРМИЧЕСКИ СТИМУЛИРОВАННОМУ РАЗРУШЕНИЮ ГОРНЫХ ПОРОД <i>Индаков Г.С., Казначеев П.А., Майбук З.-Ю.Я., Пономарев А.В., Матвеев М.А., Морозов Ю.А., Подымова Н.Б.</i>	24
ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В РЕШЕНИИ ГЕОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ <i>Камаев А.А.</i>	25
ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ПОЛЕЙ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ <i>Климанова Е.В., Анисимов С.В., Галиченко С.В., Афиногенов К.В.</i>	26
ДЕТАЛЬНЫЕ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ТРАВЯНОЙ ВАРАКЕ (МОЧЕЛУТОН) БАЛТИЙСКОГО ЩИТА <i>Клоков И.А., Горбатов Е.С., Бондарь И.В.</i>	27
АНАЛИЗ И ВЫБОР МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ИНВЕРСИИ ПОЛЯ ОТРАЖЁННЫХ И ПРЕЛОМЛЁННЫХ ВОЛН <i>Ковалев А.Г.</i>	28
ПОЛЕВОЙ СЕЗОН АЭРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ 2024 ГОДА - СТАТИСТИКА, МЕТОДЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ <i>Козьмина А.С., Галиченко С.В., Анисимов С.В.</i>	29
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСТСЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОБЛАСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЧИГНИК НА АЛЯСКЕ 29.07.2021 <i>Конвисар А.М., Михайлов В.О., Смирнов В.Б., Тимошкина Е.П.</i>	30
КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ПЛАНЕТАРНОГО К-ИНДЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ <i>Кондратов А.Д., Холодков К.И., Малыгин И.В., Буров В.А.</i>	31
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ПОВЕРХНОСТИ ФУНДАМЕНТА В ПРЕДЕЛАХ АКВАТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА РЕКИ ВУОКСА (ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ) <i>Королева А.О.</i>	32
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПО ДАННЫМ ГИС <i>Корочкин Г.М.</i>	33

ИЗУЧЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ШУМОВЫХ ПОЛЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТАНЦИЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА <i>Котов А.Н., Нурждаев И.А.</i>	34
СИСТЕМНАЯ ОЦЕНКА СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ РЕК ТАЛАССКОГО АЛАТАУ <i>Кочубей К.А.</i>	35
СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПОВ МОЛОДЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СМЕЩЕНИЙ В ОЧАГОВОЙ ЗОНЕ ХУБСУГУЛЬСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2021 ГОДА (СЕВЕРНАЯ МОНГОЛИЯ) <i>Кошевой Н.Г., Овсяченко А.Н., Бутанаев Ю.В.</i>	36
О ПРИМЕНЕНИИ ЦИФРОВЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ В СОСТАВЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗЛОМА <i>Краюшкин Д.В., Казначеев П.А., Майбук З.-Ю.Я., Пономарев А.В.</i>	37
БАЗА ДАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРЕКОВОГО ДАТИРОВАНИЯ "RUFT" <i>Кревсун Д.А., Веселовский Р.В., Багдасарян Т.Э., Чистякова А.В.</i>	38
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МАРСИАНСКИХ МЕТЕОРИТОВ JDDAT AL HARASIS 910 И NORTHWEST AFRICA 14243 <i>Круглова А.А., Лоренц К.А.</i>	39
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД СРЕДНЕГО ПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СГЛАЖИВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ОЦЕНОК СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ <i>Крушельницкий К.В.</i>	40
ОЦЕНКА ГРАДИЕНТОВ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА <i>Кузьмин Д.К.</i>	41
ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕМЕННЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ НА МАГНИТНУЮ ТЕКСТУРУ РАЗЛИЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД <i>Кулакова Е.П., Пасенко А.М.</i>	42
ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МАРСА С РАЗЛИЧНЫМ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИМ СОСТАВОМ МАНТИИ <i>Кулик Е.А., Гудкова Т.В.</i>	43
ПЕТРОТИПИЗАЦИЯ ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА С ЦЕЛЬЮ ПОСТРОЕНИЯ УТОЧНЕННЫХ ПЕТРОУПРУГИХ МОДЕЛЕЙ ГОРНЫХ ПОРОД <i>Куприн Д.Ю., Баяк И.О.</i>	44
НОВЫЕ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО ВУЛКАНИТАМ ОКРЕСТНОСТЕЙ ЗАЛИВА КРЕСТА (ЧУКОТСКИЙ АО) <i>Лебедев И.Е., Пасенко А.М.</i>	45

МАГНИТОСТРАТИГРАФИЯ ОРДОВИКСКИХ РАЗРЕЗОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРОБЛЕМА ТРЕТЬЕГО ФАНЕРОЗОЙСКОГО СУПЕРХРОНА <i>Леонова М.А., Марков Г.П., Павлов В.Э.</i>	46
ГЕОДИНАМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПОДЗЕМНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ НА ОСНОВЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ <i>Лосев И.В.</i>	47
УСТАНОВЛЕНИЕ КИНЕМАТИКИ НОВЕЙШИХ РАЗРЫВОВ ПО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО АЛТАЯ <i>Мануилова Е.А.</i>	48
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАМЧАТКИ С ОЧАГАМИ ТИПА НЕ ДВОЙНОГО ДИПОЛЯ <i>Маршакова Е.А.</i>	49
ИССЛЕДОВАНИЕ РОБАСТНОГО ПОДХОДА К ПОВЕРХНОСТНО-СОГЛАСОВАННОЙ ДЕКОНВОЛЮЦИИ <i>Матвеев Н.М.</i>	50
ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕООСАДКОВ ПЕТРОМАГНИТНЫМ МЕТОДОМ В ЛЕССОВО-ПОЧВЕННЫХ СЕРИЯХ ТАДЖИКИСТАНА (НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА ХОНАКО-II) <i>Мещерякова О.А., Казанский А.Ю., Сосин П.М., Курбанов Р.Н.</i>	51
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЭФФЕКТА БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ДЛЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ <i>Молокова А.П.</i>	52
2.5D ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДУЦИРОВАННЫХ МАГМАТИЗМОМ НАПРЯЖЕНИЙ АЛТАЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРУКТУР <i>Мяжков Д.С.</i>	53
О ВОЗМОЖНОСТИ СОВМЕСТНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И ИХ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПО СКВАЖИННЫМ ДАННЫМ О ЕСТЕСТВЕННОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ <i>Новикова Е.В., Дубиня Н.В.</i>	54
РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ УСТРАНЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ ПОМЕХИ ИЗ ФАЗОВОГО СИГНАЛА ПРИ РАСЧЁТЕ СМЕЩЕНИЙ ПО СПУТНИКОВЫМ РАДАРНЫМ СНИМКАМ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ КАМЧАТКИ <i>Османов Р.С., Волкова М.С., Михайлов В.О.</i>	55
НОВЫЕ УКАЗАНИЯ НА НИЗКУЮ НАПРЯЖЕННОСТЬ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В МЕЗОПРОТЕРОЗОЕ <i>Пасенко А.М., Щербакова В.В., Жидков Г.В.</i>	56
ОЦЕНКА КОРНЕР-ЧАСТОТ ИСТОЧНИКОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ <i>Пащенко Р.А.</i>	57

ОСОБЕННОСТИ АНОМАЛИЙ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПЕРЕД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ В КАЛИФОРНИИ <i>Петрушов А.А.</i>	58
СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ РС1 ПУЛЬСАЦИЙ ВО ВРЕМЯ МАГНИТНОЙ БУРИ В МАРТЕ 2023 Г. <i>Позднякова Д.Д.</i>	59
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НАВЕДЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В ОБЛАСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ КОЙНА И ВАРНА <i>Половникова А.И.</i>	60
ИСПЫТАНИЯ АВТОНОМНЫХ МОЛЕКУЛЯРНО-ЭЛЕКТРОННЫХ СЕЙСМОМЕТРОВ В СОСТАВЕ МАЛОАПЕРТУРНОЙ ГРУППЫ <i>Преснов Д.А.</i>	61
ГЕНЕРАЦИЯ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ КОМПОНЕНТ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В МОДЕЛИ АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ <i>Прохорчук А.А., Галиченко С.В., Анисимов С.В.</i>	62
РАСПОЗНАВАНИЕ МЕСТ ВОЗМОЖНОГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С М8.5+ В ТИХООКЕАНСКОМ ПОЯСЕ И ЯВАНСКОМ ЖЕЛОБЕ <i>Семка М.А., Горшков А.И.</i>	63
ОБРАЗОВАНИЕ МАГМАТИЧЕСКОГО ОЧАГА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕДРЕНИЯ ДАЕК И ПЛАВЛЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ: ДВУМЕРНАЯ ТЕРМОКОМПОЗИЦИОННАЯ МОДЕЛЬ <i>Сорокин М.А., Мельник О.Э.</i>	64
РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ <i>Стрельников А.А.</i>	65
СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ДОННЫХ И ПЛАТФОРМЕННЫХ ИНКЛИНОМЕТРОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ <i>Фаттахов Е.А.</i>	66
МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В УСЛОВИЯХ СОЧЕТАНИЯ СУХОПУТНЫХ И АКВАТОРИАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ПОМОЩИ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ С ГИБРИДНОЙ ТЕЛЕМЕТРИЕЙ <i>Фомичёв С.В., Тихоцкий С.А., Головин С.В.</i>	67
АНАЛИЗ ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВДОЛЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ <i>Шевалдышева О.О., Гвоздик С.А., Костяной А.Г., Лебедев С.А., Краснонёров Р.И., Николова Ю.И.</i>	68
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЕВОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ГНСС-ИЗМЕРЕНИЙ НА ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ <i>Шевчук Р.В.</i>	69

ВЛИЯНИЕ ПОМЕХ ОТ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ Ж/Д НА ДАННЫЕ МТЗ НА СЕВЕРЕ
МАССИВА СМОЛЕНСК

Ширяев М.И., Варенцов И.М., Куликов В.А., Ионичева А.П. 70

СПИРАЛЬНАЯ СХЕМА АФС КАК АЛЬТЕРНАТИВА КЛАССИЧЕСКИМ МАРШРУТНЫМ
ТРАЕКТОРИЯМ

Щербаков В.М., Холодков К.И., Скрыпичина Т.Н. 71

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭПИЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗОН СИЛЬНЫХ КОРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КИТАЕ

Акматов Д.Ж.¹, Маневич А.И.¹

¹*Геофизический центр РАН, Лаборатория геодинамики (1.4)*

Моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) ряда сильных континентальных землетрясений с магнитудой больше $M 6$ позволило установить общие повторяющиеся закономерности между результатами моделирования и параметрами землетрясений. При этом уровень соответствия результатов моделирования оценивается по результатам сейсмологических определений эпицентра, магнитуды землетрясения M , выделившейся сейсмической энергии E_s , протяженности образовавшегося разрыва L , сейсмического момента M_0 , сброшенных напряжений, локализации афтершоков, включая механизм разрыва, определяемый по инверсии объемных волн и данных спутниковых геодезических наблюдений, а также используется накопленный опыт в установленных эмпирических связях между этими параметрами [1, 2].

Гипоцентры большинства сильных континентальных землетрясений находятся в интервале глубин от 5 до 15 км. Для моделирования НДС эпицентральной зоны до и после землетрясения использована структурно-тектоническая схема разломной тектоники землетрясения и модель сейсмогенерирующего слоя мощностью 20 км. Метод конечных элементов использован для построения карт интенсивности напряжений и главных напряжений для анализа НДС до и после землетрясений. На основе анализа результатов моделирования НДС, предшествующих землетрясениям Тангшань и Акетао, с косейсмическими геофизическими и геодезическими данными была предложена модель формирования разрыва землетрясения. Показано, что разрыв зарождается в условиях пересечения критической изобары интенсивности напряжений $\sim 30\text{--}35$ МПа с областью отношения главных напряжений $\approx 3\div 4$. Разрыв из «фокуса» землетрясения распространяется за счет сброса накопленной потенциальной энергии в зонах высокой интенсивности напряжений. Направление разрыва соответствует доминирующему направлению главных тектонических разломов, а его протяженность определяется двумя зонами высокой интенсивности напряжений.

Полученные результаты дают основание для также направленных геолого-геофизических исследований в области предполагаемых гипоцентров с целью поиска предвестников землетрясения, ориентированных на оперативный прогноз катастрофического события.

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

Список литературы:

1. Ризниченко Ю.В. Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент // Исследования по физике землетрясений. М.: Наука. 1976. С. 9-27.
2. Wells D.L., Coppersmith K.J. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement // Bulletin of the Seismological Society of America. 1994. V. 84. No. 4. P. 975-1002.

Докладчик: Акматов Дастан Женишбекович, к.т.н., н.с. ГЦ РАН, d.akmatov@gcras.ru

ПАРАМЕТРЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ
ПО МЕТОДУ ЖУ И КАНАМОРИ

Астаскевич А.И.¹, Алёшин И.М.¹, Нестеренко М.Ю.²

¹*Институт физики Земли РАН, Лаборатория геоинформатики (501)*

²*Оренбургский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН*

В работе [1] были получены первые результаты применения метода функции приёмника на территории Оренбургской области. Методом инверсии приёмных функций была получена мощность земной коры под станцией ORR, равная 33 км, отношение $V_p/V_s = 1,9$. Результаты были получены по данным 21 сейсмического события с магнитудой более 5 и эпицентрными расстояниями от 30 до 100 градусов.

В 1989 году на данной территории были отработаны профили ГСЗ [2]. Профили 23 и 24 проекта «Батолит-2» являются ближайшими к станции ORR. По данным ГСЗ мощность земной коры в регионе составляет 40-42 км. Среднее значение V_p/V_s в земной коре равна 1,76. В качестве источников были использованы химические и «мирные» ядерные взрывы.

Третьим методом оценки глубины границы Мохо и залегания кристаллического фундамента является метод $H-k$ Жу и Канамори [3], в котором оценка толщины коры и коэффициента $k = V_p/V_s$ под сейсмической станцией определяется по серии приёмных функций, рассчитанных по событиям, зафиксированным на этой станции. Суть метода сводится к расчёту времён прихода фаз обменных волн для множества значений V_p/V_s и глубин H , км. При совпадении рассчитанных времён вступления обменных фаз с наблюдаемыми результирующая функция $S(H, k)$ будет принимать максимальное значение. Для реализации $H-k$ метода было отобрано 13 наименее шумных трасс с хорошо различимой фазой обмена на границе Мохо.

Функция S принимает максимальное значение при $k = 1,84$ и $H = 34$ км (Решение 1). Значения, полученные методом Жу и Канамори, согласуется с оценкой, полученной методом приёмных функций [1]. Сопоставимая по размеру и величине область повышенного значения S наблюдается при глубине $H = 43$ км и $k = 1,66$ (Решение 2). Схожие результаты были получены методом ГСЗ [2].

Разброс решений указывает на необходимость продолжения исследований с использованием большего количества сейсмических событий и дальнейшего уточнения параметров земной коры в регионе.

Список литературы:

1. Нестеренко М.Ю., Алёшин И.М., Гоев А.Г., Капустина О.А., Астаскевич А.И. Оренбургская региональная сеть «Нефтегаз-сейсмика» // Сейсмические приборы. 2023. Т. 59. № 2. С. 5-17.
2. Атлас «Опорные геолого-геофизические профили России». Глубинные сейсмические разрезы по профилям ГСЗ, отработанным в период с 1972 по 1995 год. Электронное издание. СПб.: ВСЕГЕИ. 2013. С. 45-47.
3. Zhu L., Kanamori H. Moho depth variation in southern California from teleseismic receiver functions // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 2000. V. 105. No. B2. P. 2969-2980.

Докладчик: Астаскевич Александра Игоревна, инженер, sashajedi@ifz.ru

ОЦЕНКА СВЯЗИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЬЕФА СВЕКО-
НОРВЕЖСКОГО БЛОКА БАЛТИЙСКОГО ЩИТА С НОВЕЙШЕЙ
СЕЙСМИЧНОСТЬЮ

Балашов Г.Р.¹

¹*Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН*

Проведённое исследование основано на расчете морфометрических характеристик рельефа части Свеконорвежского блока Балтийского щита с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР) FABDEM разрешением 1 угловая минута (~30 м) [1]. Цель исследования – выделение параметров, наиболее сильно коррелирующих с областями локализации эпицентров землетрясений [2]. Определения проводились на базе программного обеспечения Arcgis с использованием сетки 15x15 км, где искомые значения присваивались центру каждой ячейки. В качестве характеристик рельефа помимо стандартных показателей выступали результаты анализа эрозионной сети на основе методики В.П. Философова [3] как отражение тектонических движений в рельефе за новейший этап. Для полученных данных рассчитывались 2 и 3 квартили (Q_2 и Q_3). Связь исследуемых параметров с распределением эпицентров количественно оценивалась с помощью отношений доли значений в эпицентрах, превышающих 3 квартиль к доле значений, превышающих 2 квартиль.

По результатам исследования можно выделить параметры кривизны рельефа, разности базисных поверхностей 1 и 2 порядка, а также уклона как наиболее значимые в корреляции с распределением эпицентров землетрясений (соотношение долей значений в эпицентрах 0,62-0,64). Параметр средних высот в ячейках сетки, напротив, характеризуется отношением долей, близких к 0,5, что говорит практически об отсутствующей зависимости с областями современной сейсмичности.

Исходя из этого, можно сделать вывод об эффективности применения представленного подхода для выделения связи между характеристиками рельефа и зонами повышенной сейсмической активности и возможности его дальнейшей экстраполяции для территории всего Балтийского щита.

Исследование выполнено в рамках госзадания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Цифровая модель рельефа FABDEM V1-0. URL: <https://data.bris.ac.uk/data/dataset/25wfy0f9ukoge2gs7a5mqpq2j7/>. Дата обращения 09.10.2024.
2. Earthquakes in Finland and adjacent areas URL: <https://www.helsinki.fi/en/institute-seismology/earthquakes/earthquakes-finland-and-adjacent-areas>. Дата обращения 11.01.2024.
3. *Философов В.П.* Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур / под ред. А.А. Корженевского. Саратов, изд-во Саратовского университета, 1960, 91 с.

Докладчик: **Балашов Георгий Романович**, инженер

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТРАСТА «СУША-ОКЕАН» В ПАРАМЕТРАХ УНЧ-КНЧ
ВАРИАЦИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЕ ПРИ ПОМОЩИ
МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Бондаренко А.М.^{1,2}, Ягова Н.В.¹

¹*ИФЗ РАН, Лаборатория физики околоземного пространства (402)*
²*НИУ МЭИ, Кафедра прикладной математики и искусственного интеллекта*

Вариации параметров низкочастотного шума в диапазоне от долей герца до десятков герц (УНЧ-КНЧ) рассматриваются как один из каналов сейсмoeлектромагнитных связей и в ряде работ для них были установлены значимые эффекты перед землетрясениями. Колебания диапазона нескольких герц эффективно проникают в верхнюю ионосферу, что позволяет рассматривать не только наземный, но и ионосферный сигнал. Для задач о выделении аномалий необходимо знание параметров фоновых вариаций и их источников. Наличие или отсутствие контраста «суша-океан» в параметрах ионосферных УНЧ-КНЧ шумов важно и для понимания общей картины источников ионосферных возмущений этого диапазона, и для оценки фона при анализе сейсмоионосферных возмущений. Решению этой задачи и посвящена настоящая работа.

Исследовалась гипотеза о наличии контраста «суша-океан» в параметрах естественных УНЧ-КНЧ вариаций магнитного поля в верхней ионосфере. Для анализа использовались данные магнитных измерений на спутнике SWARM-A в августе-сентябре 2024 г. Рассматривалась область 20-55° с.ш. 120-160° в.д. Выбранный временной интервал характеризовался слабой геомагнитной возмущенностью ($K_p \leq 3$). Спектральное оценивание выполнялось в скользящем окне и выбирались параметры, характеризующие шумовую часть спектра и трех главных спектральных максимумов. В результате было создано описательное пространство из 12-компонентных векторов. Приведя данные по методу главных компонент в пространство меньшей размерности, наблюдаем, что выборка линейно неразделима, значит в исследуемой гипотезе нет линейной взаимосвязи, попробуем построить нелинейную при помощи метода градиентного бустинга над решающими деревьями, т.к. он позволяет выделять сложные нелинейные взаимосвязи в наборах данных. По методу решётчатого поиска с перекрёстной проверкой выбирается сочетание гиперпараметров, при котором устойчиво от разбиения выборки наблюдались высокие результаты. Полученная модель является статистически устойчивой.

Для оценки качества модели применялись метрики precision (точность), recall (полнота), f1-score и accuracy (правильность) для всей выборки и классов «суша»/«океан» соответственно. Исследовались кривая точности-полноты и ROC-кривая с выделением равновесной точки среди пороговых значений решающей функции модели. В этой точке удаётся достичь точности близкой к 1 при полноте ≈ 0.92 , а доля истинно положительных примеров ≈ 0.92 при нулевой доле ложно положительных. По результатам оценки характеристик моделирования, построенная модель статистически устойчива при высокой точности, значит в исследуемой задаче получилось выделить нелинейную статистическую взаимосвязь.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 22-17-00125.

Докладчик: **Бондаренко Алексей Максимович**, лаборант, bondarenkoam@ifz.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕШЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ НА РАЗЛИЧНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ОРИЕНТИРАХ

Валов Г.Е.¹

¹ИФЗ РАН, Лаборатория гравинерциальных измерений (601)

Текущая работа посвящена разработке альтернативного способа позиционирования морских транспортных средств в случае отсутствия/подавления/искажения сигналов Глобальных Навигационных Спутниковых Систем. Одним из самых перспективных способов альтернативной навигации является навигация по геофизическим полям Земли [1], в частности, по гравитационному полю Земли (ГПЗ) как наиболее стабильному и защищенному от искажений.

Ранее в работе [2] был представлен инструмент для моделирования решения навигационной задачи уточнения координатного положения по данным о ГПЗ, представляющий из себя программно–реализованную модель БИНС с подобранными оптимальными параметрами морских модулей БИНС и интегрированными в нее сведениями (реальными или модельными) о ГПЗ. Помимо сведений о ГПЗ (grid аномалии силы тяжести) в модель БИНС были включены уравнения погрешностей гравиметра и карты модели ГПЗ Sandwell and Smith, последнее было получено методом регрессионного анализа по данным реальных морских экспедиций, представленных в [3].

На текущем этапе исследования было осуществлено экспериментальное решение навигационной задачи по данным реальных морских экспедиций в различных акваториях Мирового океана, целями работы являлись: сравнение точности решения навигационной задачи при использовании различных моделей ГПЗ и различных алгоритмов (ранее представленного алгоритма, основанного на методе координатного спуска, и предлагаемого алгоритма, основанного на весовой реализации метода Монте-Карло); оценка влияния погрешности ошибочности определения нормальной составляющей аномалии силы тяжести вследствие неопределенности координатного положения, и разработка методического приема, позволяющего ослабить влияние указанной погрешности; апробация разработанной модели БИНС с интегрированными в нее сведениями о ГПЗ путем сравнения реального и модельного решения.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. *Белоглазов И.Н., Джанджгава Г.И., Чигин Г.П.* Основы навигации по геофизическим полям Земли. М.: Наука, 1985.
2. *Валов Г.Е.* Оценка возможности уточнения координат движущегося объекта по данным современной спутниковой модели гравитационного поля Земли // XXV Уральская молодежная научная школа по геофизике: Сборник научных материалов, Екатеринбург, 2024. С. 33-37.
3. *Михайлов П. С., Конешов В. Н., Соловьев В. Н., Железняк Л. К.* Новые результаты оценок современных глобальных ультравысокостепенных моделей гравитационного поля Земли в Мировом океане // Гироскопия и навигация. 2022. Т. 30. № 4(119). С. 36-53.

Докладчик: **Валов Георгий Евгеньевич**, н.с., аспирант, GeorgeValov@mail.ru

МОДЕЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ЗОНАХ НАКЛОННЫХ РАЗДВИГОВ

Васильев А.Н.¹

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

Представлено исследование смещений поверхности, возникающих в результате изменения физических параметров наклонных прямоугольных пороупругих включений (аналогов наклонных раздвиговых разломов) в однородном полупространстве. Оценки проводились в рамках аналитической 3d модели параметрически-индуцированных разломов [1, 2, 3, 4, 5, 6] и являются ее дальнейшим развитием. Получены аналитические выражения для смещений земной поверхности для различных углов наклона и соотношения сторон пороупругих включений и неоднородностей.

Анализ показывает значительные изменения в распределении смещений в зависимости от угла наклона включения и его геометрических параметров. Эти результаты демонстрируют важность учета углов наклона и геометрических факторов при анализе результатов геодинамического мониторинга разломных зон сейсмоактивных и нефтегазоносных регионах. В отличие от известных дислокационных моделей раздвиговых разломов [7, 8, 9] в данной модели использована ширина разломной зоны. Наличие ширины разломной зоны позволяет повысить эффективность решения обратных задач современной геодинамики разломов и существенно сократить разрыв между теоретическим моделированием и его практическим применением в приложении анализа результатов натурных геодезических наблюдений.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. М.: Агентство Экономических Новостей. 1999. 220 с.
2. Кузьмин Ю.О. Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная малыми природно-техногенными воздействиями // Горный информационно - аналитический бюллетень (научно-технический журнал). М.: МГГУ. N 9. 2002. С. 48-55.
3. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика системы разломов // Физика Земли. 2015. № 4. С. 25-30.
4. Кузьмин Ю. О. Деформационные последствия разработки месторождений нефти и газа // Геофизические процессы и биосфера. 2021. Т. 20, № 4. С. 103-121.
5. Кузьмин Ю. О. Современные объемные деформации разломных зон // Физика Земли. 2022. № 4. С. 3-18.
6. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика индуцированных разломов // Геофизические процессы и биосфера. 2023. Т. 22. № 3. С. 5-65.
7. Davis, P. M. Surface deformation associated with a dipping hydrofracture // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 1983. V. 88(B7). P. 5826-5834.
8. Okada, Y. Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space // Bull. Seismol. Soc. Am. 1985. V. 75. P. 1135-1154.
9. Singh S.J., Kumar A., Rani S., Singh M. Deformation of a uniform half-space due to a long inclined tensile fault // Geophys. J. Int. 2002. V. 148. P. 687-691.

Докладчик: **Васильев Артем Николаевич**, аспирант, vasilev.an@phystech.edu

КОМБИНИРОВАННАЯ ИНВЕРСИЯ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ

Верин Ф.С.¹, Тихоцкий С.А.¹, Кулаков И.Ю.²

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

²*Сколковский институт науки и технологий «Сколтех»*

Введение. В инженерной геофизике методы электротомографии (ЭТ) и сейсотомографии (СТ) широко применяются для изучения характеристик грунтов [1]. ЭТ и СТ предоставляют информацию о таких параметрах, как сопротивление и скорость распространения волн. Это создает потребность в оценке взаимосвязи между результатами этих методов и свойствами грунта, а также в возможности их совместной инверсии на основе всех доступных геофизических данных.

Основные проблемы. Хотя методы ЭТ и СТ часто применяются совместно, на практике их полевые данные обрабатываются инверсией отдельно [2]. Сопоставление результатов выполняется интерпретатором на качественном уровне. Также при проведении сейсмической инверсии необходима стартовая скоростная модель, которая при отсутствии априорной информации геологических данных и данных других геофизических методов создаётся математическими методами. Данный подход не всегда создаёт достоверную модель, не противоречащую геологическому строению [3]. В ходе работы были изучены возможности автоматического создания стартовой скоростной модели с помощью метода T0 и предварительной инверсии данных электротомографии.

Выводы. Актуальность данной работы обусловлена увеличивающимся спросом на инженерно-геофизические исследования, а также потребностью в совершенствовании методов обработки и интерпретации данных для повышения их точности и эффективности. Кроме того, современные задачи требуют разработки новых подходов, которые смогут учитывать сложные геологические условия и интегрировать различные геофизические методы.

Список литературы:

1. Бобачев А.А., Горбунов А.А., Модин И.Н., Шевнин В.А. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации // Приборы и системы разведочной геофизики. 2006. №2. С. 14-17.
2. Koulakov I., Stupina T., Kopp H. Forward modeling and tomographic inversion of seismic profiling data // Geophysics. 2010. V. 75, no. 3, pp. B115-B136.
3. Koulakov I., Kopp H., Stupina T. Finding a realistic velocity distribution based on iterating forward modeling and tomographic inversion // Geophysical Journal International. 2011. V. 186. P. 349-358.

ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЗОН РАЗВИТОЙ
ТРЕЩИНОВАТОСТИ НА ОДНОМ ИЗ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Воронов И.А.^{1,2}, Дубиня Н.В.^{1,2}

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

²Московский физико-технический институт

В данной работе на одном из месторождений было исследовано напряженно-деформированное состояние горных пород, проведено геомеханическое моделирование и по его результатам выполнен анализ естественной трещиноватости.

Моделирование выполнялось в два этапа – одномерное и трехмерное геомеханическое моделирование горных пород. Для моделирования были использованы результаты геофизических исследований скважин, данные лабораторных экспериментов на образцах керна, информация о стратиграфии и литологическом составе горных пород. Одномерное геомеханическое моделирование подразделяется на несколько этапов – моделирование механических свойств, расчёт горного и порового давлений, построение профилей горизонтальных напряжений, и их градиентов, а также градиентов обрушения и гидроразрыва. В результате были построены совмещенные графики устойчивости стволов скважин [1], по которым были сделаны выводы о прочности пород и проведено сопоставление с интервалами наличия естественных трещин.

Далее по результирующим данным было проанализировано напряженно-деформированное состояние естественных трещин с применением концепции критически напряженных трещин [2,3]. По данным об азимуте и угле падения трещин и смоделированным значениям горизонтальных напряжений, были рассчитаны нормальные и касательные напряжения, действующие на поверхностях, выделенных по геофизическим данным трещинам.

Следующим пунктом исследования являлось трехмерное геомеханическое моделирование, которое, в свою очередь, подразделялось на несколько стадий: экспорт исходных данных и результатов одномерного моделирования, построение геомеханической сетки, процедура ремасштабирования данных, пространственное распространение свойств горных пород и расчёт распределений напряжений по всему месторождению.

Список литературы:

1. *Zoback M.D.* Reservoir Geomechanics. Cambridge: University Press. 2007. 505 p.
2. *Barton C.A., Zoback M.D., Moos D.* Fluid flow along potentially active faults in crystalline rocks // *Geology*. 1995. V. 23, N 8. P.683-686.
3. *Дубиня Н.В.* Изучение поведения критически напряженных трещин на разных глубинах // *Геофизические исследования*. 2019. Т. 20. №. 4. С. 5-24.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ СЕДИМЕНТАЦИИ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РУССКО-ЧАСЕЛЬСКОГО МЕГАВАЛА ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО НГБ

Выговский Т.В.¹, Жемчугова В.А.¹

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых

Верхнемеловые отложения покурской и кузнецовской свит Русско-Часельского мегавала Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна являются основным объектом разработки нефти и газа в данном районе. Однако из-за высокой сложности освоения месторождений их разработка началась только в 2010-х годах с внедрением новых технологий. Сложность геологического строения пластов покурской свиты, связанная с седиментацией отложений в зоне развитых речных систем, сильное влияние тектонических нарушений на формирование залежей, а также сравнительно не глубокое залегание коллекторов являются основными проблемами при проектировании разработки месторождений [2]. Поиск седиментационных закономерностей – это основной подход в исследовании подобных объектов.

Верхнемеловые отложения Русско-Часельского мегавала формировались следующим образом: нижняя часть покурской свиты сформировалась в условиях аллювиальной равнины развитой речной системы с множеством врезов [1]. Верхняя часть покурской свиты начала формироваться в результате роста уровня мирового океана, и началом общей региональной трансгрессии, произошедшей на данной территории в сеноманское время и завершившейся отложением глубоководных глин кузнецовской свиты, залегающих над кровлей пласта ПК1. Кузнецовская свита формировалась в морских условиях осадконакопления и разделена на 4 пачки. Нижние 2 пачки глинистые, выше залегают глауконитовые пески и алевролиты. Эта часть разреза выделяется в газсалинскую пачку, которая имеет промышленную газоносность на Южно-Русском месторождении. Завершают разрез свиты глины с редкими включениями глауконита.

Механизмы седиментации газсалинской пачки до сих пор до конца не исследованы, и процесс формирования коллекторов является предметом для дискуссий. Поэтому исследование седиментационных процессов покурской и кузнецовской свит позволит детально проработать полноценную седиментационную модель.

Список литературы:

1. Жемчугова В.А., Бербенов М.О. Седиментационный контроль нефтегазоносности меловых отложений Русско-Часельского мегавала (Западно-Сибирский нефтегазоносный бассейн) // Вестник Московского Университета. Серия. 4. Геология. 2016. № 1. С. 63-70.
2. Эдельман И., Иванцов Н., Макаров Е., Закиров И. Подходы к разработке месторождений высоковязкой нефти в арктических условиях на примере Русского месторождения // Конференция SPE по разработке месторождений в осложненных условиях и Арктике – Москва – 2011.

СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТОНОФИЗИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА

Гордеев Н.А.¹*¹ИФЗ РАН, Лаборатория фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики
им. М.В. Гзовского (204)*

В данной работе мы погрузимся в некоторые аспекты применения беспилотных летательных аппаратов в структурной геологии и тектонофизике. Работа оператора строится относительно физических параметров объекта, который требуется обработать, строится примерный план съемки объекта. В качестве примера взяты борта карьеров. Для съемки необходимы проходки фотоснимков с постоянным перекрытием по осям XYZ на 20-50% для построения хорошего качества модели на основе метода фотограмметрии. В дальнейшем обязательна обработка в специализированных программных обеспечениях, позволяющих делать структурные измерения на основе объемных поверхностей с наложенной текстурой (стенки карьера). Полученный материал измерений со всей площади рассматриваемого объекта, который может быть 10-ки или 100-ни м² обрабатываем с помощью методов вычислений локальных напряжений, например, метод катакластического анализа [1], структурно-парагенетический метод Л.М. Расцветаева [1] и др.

Данный подход способствует: 1) увеличению анализируемого материала; 2) повышению точности структурных определений, таких как приразрывные складки или структуры дуплекса и другие признаки кинематики разрывов и других структур.

Работа выполнена при финансировании Государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В. От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методики и алгоритмы. М.: ГЕОС. 2017. 234 с.

ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ РЕПЕРЫ В ЛЕССОВО-ПОЧВЕННОЙ СЕРИИ РАЗРЕЗА
ОТКАЗНОЕ (ТЕРСКО-КУМСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ, СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ)

Дуданова В.И.¹, Константинов Е.А.²

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

²*Институт географии РАН, Лаборатория палеоархивов природной среды*

Лессово-почвенные серии (ЛПС), благодаря непрерывности и высоким скоростям осадконакопления, представляют собой наиболее информативный континентальный палеогеографический архив четвертичного периода. Комплексные исследования ЛПС позволяют получать информацию о вариациях климата, тонкой структуре геомагнитного поля, палеоветровом режиме и палеогеографических условиях их формирования [1, 2, 3]. При этом, основой для реконструкции природной среды последних 2.6 миллиона лет служат детальная хроностратиграфия лессово-почвенных последовательностей, а также их региональная и глобальная корреляция с морскими и континентальными осадочными записями.

Надежными хроностратиграфическими реперами четвертичного периода являются палеомагнитные реперы – инверсии и экскурсы геомагнитного поля. Магнитостратиграфические исследования лессово-почвенных серий необходимы для получения независимых ограничений на возраст отдельных стратиграфических горизонтов и, таким образом, для решения задач хроностратиграфического расчленения ЛПС.

В ходе полевых работ 2023-2024 г. нами был изучен лессово-почвенный разрез Отказное (44.17° с.ш., 43.51° в.д.), расположенный на восточном борту Отказненского водохранилища в пределах Терско-Кумской низменности. Детальные палеомагнитные исследования позволили надежно зафиксировать в разрезе Отказное три геомагнитных события: прекурс инверсии Матуяма-Брюнес (794 тыс. лет), границу Матуяма-Брюнес (773 тыс. лет), а также экскурс в нижнем неоплейстоцене, который предварительно может быть соотнесен с экскурсом Биг Лост (~540 тыс. лет) [5]. Полученные результаты позволяют использовать выявленные события в качестве надежных хроностратиграфических реперов как для региональных, так и для глобальных корреляций с другими осадочными архивами.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. *Maher B.A.* Palaeoclimatic records of the loess/palaeosol sequences of the Chinese Loess Plateau // *Quat. Sci. Rev.* 2016. V. 154. P. 23-84.
2. *Fan Y., Cai S., Pavon-Carrasco F.J., Xiong J., Deng C., Pan Y.* High-resolution paleomagnetic secular variation since ~13 ka from a loess section in Northwest China and a regional geomagnetic directional model for East Asia // *J. Geophys. Res.* 2024. V. 129 (4). e2023JB028094.
3. *Zhang R., Kravchinsky V.A., Zhu R., Yue L.* Paleomonsoon route reconstruction along a W-E transect in the Chinese Loess Plateau using the anisotropy of magnetic susceptibility: Summer monsoon model // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2010. V. 299 (3–4). P. 436-446.
4. *Channell J.E.T., Singer B.S., Jicha B.R.* Timing of Quaternary geomagnetic reversals and excursions in volcanic and sedimentary archives // *Quat. Sci. Rev.* 2020. V. 228. P. 106114.

Докладчик: Дуданова Варвара Ивановна, инж.-иссл. лаб. 105, varyanich1212@gmail.com

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Жарков Д.А.¹, Жостков Р.А.¹

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

Поверхностные акустические волны (ПАВ) часто используются в сейсморазведочной практике [1, 2]. В качестве исходной информации используются либо скоростные характеристики [3], либо амплитудные [4]. Методы, основанные на анализе скорости активно и успешно используются, в частности, из-за хорошо разработанной теоретической основы, которая позволяет реализовать инверсию данных, позволяющую получать количественную информацию о структуре недр. Амплитудные методы не имеют подобной процедуры и дают лишь качественную информацию.

Одним из активно используемых методов поверхностно-волнового изучения геофизических сред является метод микросейсмического зондирования (ММЗ) [4, 5], который в настоящее время не имеет достаточного теоретического обоснования, и, как следствие, неясным остается вопрос о параметрах среды, к которым чувствителен этот метод, однако эта задача является очень важной, поскольку напрямую влияет на интерпретацию получаемых результатов. Тем не менее при определенных обстоятельствах, например, априорном фиксировании значения коэффициента Пуассона среды, допустимо говорить о связи амплитуды ПАВ и скоростных характеристиках исследуемой среды. В настоящей работе, в частности, был исследован вопрос о чувствительности амплитуды поверхностной волны к изменению упругих параметров слоистой среды и показано, что сложный характер этой зависимости не позволяет однозначно выделить единственную доминирующую величину. Вклад различных параметров существенно меняется в зависимости от частоты и конфигурации системы.

Другой важной задачей работы являлось исследование так называемой ошибки метода, т.е. расхождений, вызванных предположениями, лежащими в основе используемой аналитической модели. На основе анализа результатов численного моделирования, выполненного в программном пакете COMSOL Multiphysics, было произведено сравнение аналитического и численного подхода. В результате продемонстрирована возможность аналитической параметризации среды по горизонтали, а также показано, что ошибка метода зависит как от геометрических и физических параметров системы, так и от номера зондируемого слоя.

Список литературы:

1. *Presnov D.A., Sobisevich A.L., Shurup A.S.* Model of the Geoacoustic Tomography Based on Surface-type Waves // *Physics of Wave Phenomena*. 2016. V. 24. № 3. P. 249–254
2. *Жостков Р.А., Преснов Д.А., Шуруп А.С., Собисевич А.Л.* Сравнение микросейсмического зондирования и томографического подхода при изучении глубинного строения земли // *Известия РАН. Серия физическая*. 2017. Т. 81. № 1. С. 725
3. *Park C., Miller R., Xia J.* Multichannel analysis of surface waves // *Geophysics*. 1999. V. 64. № 3. P. 800–808
4. *Горбатилов А.В., Барабанов В.Л.* Опыт использования микросейсм для оценки состояния верхней части земной коры // *Физика Земли*. 1993. № 7. С. 85–90
5. *Яновская Т.Б.* К теории метода микросейсмического зондирования // *Физика Земли*. 2017. № 6. С. 18

Докладчик: **Жарков Денис Александрович**, м.н.с, аспирант, denis.Zharkov2014@yandex.ru

ВЫЗЫВАЮТ ЛИ СОЛНЕЧНЫЕ ВСПЫШКИ И МЕЖПЛАНЕТНЫЕ УДАРНЫЕ ВОЛНЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И СЕЙСМИЧЕСКИЕ ШУМЫ?

Зинкин Д.В.¹

¹*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия*

В геофизической литературе активно обсуждается возможность триггерного воздействия солнечной активности и связанных с ней возмущений космической погоды на сейсмичность Земли [1, 2, 3]. Была предпринята попытка проверить идею о солнечных вспышках и межпланетных ударных волнах как триггере планетарной сейсмической активности. Методом наложенных эпох (МНЭ) рассмотрена статистика землетрясений разных классов на освещенной стороне Земли до и после солнечных вспышек и межпланетных ударных волн 2010–2020 гг. в интервале ± 1 день и ± 1 час, соответственно. Статистически значимых изменений сейсмичности не обнаружено. Полученные результаты ставят под сомнение гипотезу о солнечной вспышке или импульсе внезапного начала магнитной бури как возможных триггерах землетрясений.

Работа выполнена в рамках проекта РФФ 22-17-00125.

Список литературы:

1. Сычева Н.А., Богомолов Л.М., Сычев В.Н. О геоэффективных солнечных вспышках и вариациях уровня сейсмического шума // Физика Земли. 2011. №3. С. 55-71.
2. Тарасов Н.Т., Тарасова Н.В., Авагимов А.А., Зейгарник В.А. Воздействие мощных электромагнитных импульсов на сейсмичность Средней Азии и Казахстана, Вулканология и Сейсмология // 1999. №4-5. С. 152-160.
3. Козырева О.В., Пилипенко В.А. О взаимосвязи геомагнитной возмущенности и сейсмической активности для региона Аляски // Геофизические Исследования. 2020. том 21. № 1. С. 33-49.

АНАЛИЗ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ И МИКРОСТРУКТУРНЫХ ДАННЫХ В
ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ТЕРМИЧЕСКИ СТИМУЛИРОВАННОМУ РАЗРУШЕНИЮ
ГОРНЫХ ПОРОД

*Индаков Г.С.^{1,2}, Казначеев П.А.², Майбук З.-Ю.Я.², Пономарев А.В.², Матвеев М.А.²,
Морозов Ю.А.², Подымова Н.Б.^{1,2}*

¹*МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

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

Данная работа посвящена сравнительному анализу особенностей процесса термически стимулированного разрушения горных пород в лабораторных условиях на основе статистики импульсов термостимулированной акустической эмиссии (ТАЭ) для образцов горных пород разного состава и происхождения: гранитов, базальтов и осадочных пород, подвергшихся раннему метаморфизму, – метапесчаников.

Статистическими параметрами ТАЭ, рассмотренными в работе, являются активность акустической эмиссии и параметр наклона графика повторяемости – b-value. Параметр b-value был пересчитан для сопоставления с натурными данными [1]. Для объяснения выявленных закономерностей изменения b-value для образцов гранитов и базальтов предложена интерпретация в рамках модели лавинно-неустойчивого трещинообразования (ЛНТ) [2]. Выдвинута гипотеза о возможности наличия взаимосвязей между физически различными статистическими параметрами, характеризующими разрушение, и микроструктурой горных пород. Объектом исследования при изучении микроструктуры является зернистая структура горной породы как совокупность зерен, характерные величины каждого из которых измеримы, что позволяет оценить статистические параметры распределения величин, к которым относятся квантили 0,85-0,95, мода, медиана, средний размер [3]. В работе рассмотрены методы оценки распределения зерен горных пород по размерам, приведены примеры анализа оптических микрофотографий шлифов для исследуемых образцов методом пересечения опорных линий [4] и верификация полученных результатов методом оптико-акустической спектроскопии.

Экспериментальные данные получены в рамках гос. задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. *Индаков Г.С., Казначеев П.А.* Оценка статистических параметров потока импульсов термически стимулированной акустической эмиссии в лабораторных экспериментах // Учен. зап. физ. фак-та Моск. ун-та. 2021. № 1. 2110501.
2. *Соболев Г.А.* Модель лавинно-неустойчивого трещинообразования – ЛНТ // Физика Земли. 2019. № 1. С. 166-179.
3. *Papadakis E.P.* From micrograph to grain size distribution with ultrasonic applications // J. Appl. Phys. 1964. Vol. 35, no. 5. P. 1586-1594.
4. ASTM E112-13. Standard Test Methods for Determining Average Grain Size. – ASTM, 2021.

Докладчик: **Индаков Глеб Сергеевич**, инженер-исследователь ЛМНП ИФЗ РАН, аспирант МГУ им. М.В. Ломоносова, indakov.gs16@physics.msu.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В РЕШЕНИИ ГЕОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Камаев А.А.^{1,2}

¹ГЦ РАН, Лаборатория геоинформатики и Больших данных Арктики (1.7)

²Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) играет ключевую роль в геологических и экологических исследованиях, предоставляя данные, которые сложно или невозможно получить традиционными методами. В геологии ДЗЗ применяется для картирования поверхности, составления геологических карт, определения типов горных пород и структур, а также для поиска полезных ископаемых и отслеживания геодинамических процессов [1]. В экологии ДЗЗ используется для мониторинга изменений в экосистемах, контроля водных ресурсов и биоразнообразия, а также для выявления источников загрязнений [2]. ДЗЗ также применяется при оценке ущерба от природных и техногенных катастроф. Методы обработки данных включают визуальное, инструментальное и автоматизированное дешифрирование с использованием машинного обучения, что улучшает точность и скорость исследований. Результаты применения ДЗЗ включают создание геологических карт, оценку запасов полезных ископаемых, мониторинг сейсмической активности, картирование растительности и водоемов, а также оценку экологического состояния и мониторинг изменений в экосистемах.

В ходе исследований с применением методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для оценки геолого-экологических изменений были получены следующие результаты. Использование алгоритмов машинного обучения, таких как CART, Naive Bayes, Random Forest и других, позволило классифицировать нарушенные и рекультивированные земли на территории Кедровского угольного разреза. Метод Random Forest показал наибольшую точность, выявив ежегодное увеличение площади нарушенных земель на 4,5 км², в основном из-за вскрышных работ и создания новых отвалов и складов угля. Прогнозы свидетельствуют о дальнейшем росте этих территорий, что подчеркивает необходимость их рекультивации.

В дополнение к этому, метод композитирования геологических индексов Ф.Ф. Сабинса позволил выявить на территории Колмозерского месторождения аномалии, связанные с наличием железа, гидроокислов и минерала сподумена, используемого для добычи лития. Это подтверждает перспективность месторождения для разработки полезных ископаемых, особенно в условиях роста спроса на литий.

Список литературы:

1. *Sabins F.F.* Remote Sensing: Principles and interpretation. 2nd ed. New York: Freeman. 1986. 494 p.
2. *Shahabi M., Jafarzadeh A.A., Neyshabouri M.R., Ghorbani M.A., Valizadeh K.K.* Spatial modeling of soil salinity using multiple linear regression, ordinary kriging and artificial neural network methods // Archives of Agronomy and Soil Science. 2016. V. 63. No. 2. P. 151-160.

Докладчик: **Камаев Артем Анатольевич**, инженер ГЦ РАН, аспирант НИТУ МИСиС,
artemkakamaev@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ПОЛЕЙ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

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

¹ГО «Борок» ИФЗ РАН, Лаборатория геофизического мониторинга

Электродинамика невозмущённой нижней атмосферы определяется множеством процессов, таких как ионизация воздуха земным и космическим излучением, перенос заряженных частиц атмосферными течениями и электрическим полем, их адсорбция аэрозольными частицами и рекомбинация [1]. Для исследования связей между электрическим полем и параметрами, характеризующими состояние атмосферы, требуются методы получения и анализа данных, позволяющие выявлять закономерности на множестве неповторимых реализаций [2, 3]. Поскольку методы статистического анализа различного типа информации заметно развились за последнее время, то наращивание объёма данных за счёт усложнения системы наблюдений способствует повышению результативности исследований.

Настоящая работа базируется на материалах натуральных полевых наблюдений, проведённых на Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН. В летний период 2023 и 2024 годов измерительный комплекс состоял из восьми флюксометров, семь из которых были установлены на расстояниях, пропорциональных делениям шкалы линейки Голомба, двух датчиков концентрации лёгких аэроионов, двух метеостанций, а также аппаратной платформы с набором датчиков, подвешиваемой к привязному аэростату для высотных наблюдений. На основе полученных данных исследовались пространственные структурные функции напряжённости электрического поля, соотносились аэроэлектрические и метеорологические переменные, такие как температура, влажность, концентрация аэрозольных частиц. Результаты разнесённых наземных и высотных наблюдений были использованы для факторного анализа.

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., Prokhorchuk A.A. Evaluation of the atmospheric boundary-layer electrical variability // *Boundary-Layer Meteorology*. 2018. V. 167. P. 327-348.
2. Tianjiao D., Qili D., Jing D., Baoshuang L., Xiaohui B., Jianhui W., Yufen Z., Yinchang F. Measuring the emission changes and meteorological dependence of source-specific BC aerosol using factor analysis coupled with machine learning // *JGR Atmospheres*. 2023. V. 128, Iss. 15. e2023JD038696.
3. Анисимов С.В., Шихова Н.М. Исследование электрической составляющей климата среднеширотного региона // *Российский журнал наук о земле*. 2009. Т. 11. doi: 10.2205/2009ES000363.

ДЕТАЛЬНЫЕ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ТРАВЯНОЙ ВАРАКЕ
(МОЧЕЛУТОН) БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

Клоков И.А.¹, Горбатов Е.С.¹, Бондарь И.В.²

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

²*ИФЗ РАН, Лаборатория фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики
(204)*

Использование методов палеосейсмогеологии, разработанных для геодинамически активных орогенных регионов, позволяет некоторым исследователям предполагать широкое развитие палеосейсмодислокаций в рельефе на установленных ранее разнопорядковых тектонических блоках Балтийского щита, испытывающих дифференцированный подъем в позднем плейстоцене и голоцене. Эти предположения послужили основой для создания карты ОСР-2016-D с довольно высокой оценкой прогнозируемой сейсмической опасности щита: напр. сейсмическая опасность центра Кольского полуострова оценена до 7 баллов за 10 000 лет. Но для уточнения этих оценок необходимо проводить детальные палеосейсмологические работы в как можно большем количестве районов, с представительными датировками.

Для объективной оценки сейсмичности за поздний плейстоцен-голоцен важно уделить большое внимание изучению потенциальных сейсмодиформаций в рыхлых отложениях, которые создались после ухода покровного ледника: доказательству их сейсмического генезиса вкупе с обнаружением у них сопряжённой (генетической, кинематической) связи с потенциальными сейсмодислокациями в рельефе, что может говорить об их единовременном создании в поздне- и постледниковом периоде [1]. С целью обнаружения вышесказанной сопряжённости в массиве «Травяная Варак» (активный Мончетундровский тектонический блок Кольского полуострова) были исследованы кинематические характеристики у разрывных структур в рыхлых отложениях, а также у зеркал скольжения привершинных сейсморазрывов. В результате по сериям тектонофизических, палеосейсмологических методик сопряжённость, а значит единовременность сейсмического генезиса в позднеплейстоценовое-голоценовое время однозначно (неоспоримо) установить не удалось.

Этот пример демонстрирует необходимость проведения аналогичных работ на разных территориях Балтийского щита и на их основании составления представительного каталога сопряжённости, что объективно сможет подтвердить или опровергнуть высокий сейсмический потенциал в позднем плейстоцене и голоцене.

Работа выполнена в рамках темы госзадания FMWU-2022-0011 Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Работа поддержана в рамках программы Научное наставничество ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Горбатов Е.С., Колесников С.Ф., Варданян А.А., Клоков И.А. Новейшие дислокации коренных пород и рыхлых отложений южного склона Хибин (Кольский полуостров) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2024. Т. 51. № 1. С. 66-80.

Докладчик: **Клоков Илья Анатольевич**, инженер-исследователь, ilia.klokov@mail.ru

АНАЛИЗ И ВЫБОР МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ИНВЕРСИИ ПОЛЯ ОТРАЖЁННЫХ И ПРЕЛОМЛЁННЫХ ВОЛН

Ковалев А.Г.¹

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

Процесс инверсии – итерационный, состоит из двух подзадач: прямой и обратной. В то время как решение прямой задачи, распространения волн в среде, обросло достаточным количеством реализаций и встречается не только в сейсморазведке, но и в акустике, и в оптике, решение обратной задачи в достаточной степени неосвещенно [1]. На каждой итерации инверсии происходит уточнение параметров среды таким образом, что штрафная функция убывает. Для уточнения параметров среды, а именно скорости продольных волн, минимизируется следующий функционал:

$$\delta p_\alpha = \arg \min \{ \|A\delta p - \delta T\|_{L_2}^2 + \alpha \Omega[\delta p] \}, \quad (1)$$

где $\alpha \Omega[\delta p]$ – регуляризирующий функционал, δp – решение, α – параметр регуляризации, δT – невязка поля наблюдаемых и модельных времён, A – составная матрица, в общем случае размером $N \times M$ (N – число лучей (пар источник-приёмник), M – общее число ячеек) [2]. В частных же случаях M может быть дополнено в соответствии с дополнительными параметрами. Выбор метода решения для системы (1) напрямую зависит от свойств матрицы A . Ключевые свойства, влияющие на подбор метода, включают: разреженность матрицы; плохую обусловленность; размерность системы; блочную структуру матрицы. С учётом этих свойств, важно протестировать различные методы решения и определить, какой из них даёт лучшие результаты для этой задачи. Метрики, которые можно использовать для оценки эффективности методов, включают:

- Число итераций до сходимости — важно, чтобы метод сходился за разумное количество итераций, особенно при решении крупных систем.
- Точность решения — измеряется с помощью нормы невязки или ошибки в восстановленных параметрах среды.
- Время вычислений — особенно критично для задач большого размера, так как время работы может существенно варьироваться в зависимости от метода.
- Чувствительность к параметру регуляризации α – некоторые методы могут быть более чувствительны к выбору α , что важно учитывать при настройке регуляризации.

Эти метрики позволят нам не только оценить скорость и точность различных методов, но и подобрать оптимальный метод для конкретных условий инверсии на основе свойств матрицы и задачи.

Список литературы:

1. *Nolet G.* Solving large linearized tomographic problems // *Seismic tomography: theory and practice.* 1993. P. 227-247.
2. *Тихоцкий С. А.* Разработка математических методов и алгоритмов решения обратных задач геофизики и обработки геофизических данных. Диссертация ... доктора физико-математических наук: 25.00.10 / Тихоцкий Сергей Андреевич; [Место защиты: Объединенный институт физики земли РАН]. Москва. 2011. 206 с.

Докладчик: **Ковалев Андрей Геннадьевич**, аспирант, kovalev265@gmail.com

ПОЛЕВОЙ СЕЗОН АЭРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ 2024 ГОДА -
СТАТИСТИКА, МЕТОДЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ

Козьмина А.С.¹, Галиченко С.В.¹, Анисимов С.В.¹

¹ГО «Борок» ИФЗ РАН, Лаборатория геофизического мониторинга

Полевые натурные наблюдения атмосферного электрического поля, интенсивности гамма излучения и объемной активности радона, концентраций аэроионов и аэрозольных частиц, а также метеорологических величин и параметров турбулентности в 2024 году проводились с 24 июня по 7 октября на полигоне ГО «Борок» ИФЗ РАН [58°04' N; 38°14' E] и нескольких пунктах на территории Некоузского района Ярославской области.

Для проведения метеорологических измерений используются две ультразвуковые метеостанции «МЕТЕО-2Н» с возможностью установки на разных расстояниях и высотах. Для измерений гамма-излучения применяется модификация полевого гамма-спектрометра МКСП-01 с увеличенной площадью кристалла NaI(Tl) и возможностью проведения измерений в любых погодных условиях при положительной температуре. Вертикальная компонента атмосферного электрического поля измерялась набором электростатических флюксометров в расстановке линейки Голомба, что позволяет исследовать пространственный скейлинг вариаций. Полученные данные используются для решения ряда задач в рамках исследований, проводимых лабораторией Геофизического мониторинга [1-4].

В докладе представлены методы отбора, обработки и результаты статистического анализа полученных данных.

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., Prokhorchuk A.A., Kozmina A.S.* Turbulent electric current in the marine convective atmospheric boundary layer // *Atmos. Res.* 2019. V. 228. P. 86-94.
2. *Anisimov S.V., Galichenko S.V., Aphinogenov K.V., Klimanova E.V., Prokhorchuk A.A., Kozmina A.S., Guriev A.V.* Mid-latitude atmospheric boundary-layer electricity: A study by using a tethered balloon platform // *Atmospheric Research.* 2021. Vol. 250. 105355.
3. *Anisimov S.V., Galichenko S.V., Aphinogenov K.V., Klimanova E.V., Kozmina A.S.* Small air ion statistics near the earth's surface // *Atmos. Res.* 2022. V. 267. 105913.
4. *Анисимов С.В., К.В. Афиногенов, С.В. Галиченко, А.А. Прохорчук, Е.В. Климанова, А.С. Козьмина, А.В. Гурьев.* Электричество невозмущённого атмосферного пограничного слоя средних широт // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана.* 2023. Т. 59, № 5. С. 1-18.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСТСЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОБЛАСТИ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ ЧИГНИК НА АЛЯСКЕ 29.07.2021

Конвисар А.М.^{1,2}, Михайлов В.О.¹, Смирнов В.Б.^{1,2}, Тимошкина Е.П.¹

¹*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН*

²*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет*

Современные технологии изучения Земли из космоса, в частности глобальные навигационные спутниковые системы, спутники, оснащенные радарными с синтезированной апертурой антенны, и спутники GRACE-FO, поставляющие данные о временных вариациях глобального гравитационного поля, существенно дополняют наземные наблюдения, позволяют строить детальные модели поверхностей сейсмического разрыва и исследовать различные стадии сейсмического цикла. В данной работе выполнен анализ постсейсмических процессов в области землетрясения 29.07.2021 Чигник $M_w = 8.2$. Анализ основан на данных о смещениях пунктов GPS и карте смещений в направлении на спутник, построенной по данным спутниковой радарной съемки с нисходящей орбиты спутника Сентинель-1А. С использованием ранее построенной модели поверхности сейсмического разрыва [1] выполнено моделирование процесса вязкоупругой релаксации. Результаты моделирования показали, что при понижении в расчетах вязкости астеносферы до 10^{18} Па·с скорости смещений можно приблизить к зарегистрированным на береговых пунктах GPS. Однако при этом смещения на островах, близких к очаговой области, значительно отличаются не только по величине, но и по направлению.

В то же время, построенная нами модель постсейсмического крипа хорошо согласуется с данными о смещениях на пунктах GPS за 48 дней после землетрясения, и с картой смещений, построенной по данным спутниковой радарной съемки за тот же период. Полученные результаты позволяют заключить, что наблюдаемые постсейсмические процессы в районе землетрясения Чигник в основном определяются сейсмическим крипом, происходившим не только на поверхности сейсмического разрыва, но и на ее продолжении до глубин в 70 км.

В работе также выполнен анализ временных вариаций гравитационного поля в области землетрясения. Полученная косейсмическая аномалия согласуется с аномалией, рассчитанной по модели поверхности разрыва. Выделить постсейсмическую аномалию пока не удастся из-за недостаточно длинной серии гравитационных моделей после землетрясения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 23-17-00064

Список литературы:

1. Конвисар А.М., Михайлов В.А., Волкова М.С., Смирнов В.Б. Модель поверхности сейсмического разрыва землетрясения “Чигник” (Аляска, США) 29.07.2021 г. по данным спутниковой радарной интерферометрии и ГНСС // Вулканология и сейсмология. 2023. № 5. С. 74–83.

Докладчик: **Конвисар Алексей Максимович**, студент, alexkonvisar@gmail.com

КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ПЛАНЕТАРНОГО К-ИНДЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Кондратов А.Д.^{1,2}, Холодков К.И.^{1,2}, Малыгин И.В.¹, Буров В.А.²

¹*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Лаборатория геоинформатики (501)*

²*Институт прикладной геофизики им. Е.К. Федорова, АО ГИ*

Явления космической погоды оказывают значительное негативное воздействие на работу линий электропередач, систем коммуникаций, самолетов и спутников [1]. В соответствии с этим оперативные центры наблюдения за космической погодой прогнозируют возможность появления различных явлений космической погоды и, в частности, геомагнитных бурь.

Для прогнозирования геомагнитных бурь используются индекс повременного магнитного возмущения (Dst) и 3-х часовой планетарный К-индекс (K_p) [2]. Мы приняли решение разработать программный инструмент для краткосрочного прогнозирования K_p с использованием машинного обучения.

В качестве входных данных для обучения и тестирования нейронной сети были взяты показатели солнечного ветра, такие как скорость протонов и плотность протонов и значения x , y и z компонент магнитного поля, измеренные в точке Лагранжа L1. Данные показатели были взяты со спутников ACE и DSCOVR. В качестве выходного параметра были взяты значения K_p из публичного онлайн архива Потсдамского центра имени Гельмгольца. Все показатели были взяты за период с 1 августа 2016 года по 30 июня 2024 года, затрагивающий 24-й и 25-й циклы солнечной активности.

Мы оценивали точность прогнозов нейронной сети с помощью следующих оценочных параметров: коэффициента детерминации (R^2), средней абсолютной ошибки (MAE) и корня средней квадратичной ошибки (RMSE).

Было произведено обучение и тестирование нейронной сети на показателях, взятых со спутника ACE. После этого мы произвели обучение и тестирование второй нейронной сети на показателях, взятых со спутника DSCOVR и сопоставили результаты их прогнозов.

Наилучшую точность прогнозов продемонстрировала нейронная сеть, обученная на показателях, взятых со спутника ACE. Оценочный параметр R^2 был равен 0,524, параметр MAE был равен 0,643 и параметр RMSE был равен 0,851.

Работа выполнена при поддержке ФГБУ "ИПП", участника Русско-Китайского Консорциума — глобального центра космической погоды ИКАО (А.К., К.Х., В.Б.) и в рамках госзадания ИФЗ РАН (А.К., К.Х., И.М.)

Список литературы:

1. Eastwood J.P., Biffis E., Hapgood M.A., Green L., Bisi M. M., Bentley R.D., Wicks R., McKinnell L.-A., Gibbs M., Burnett C. The Economic Impact of Space Weather: Where Do We Stand? // Risk Analysis. 2017. V. 37. P. 206-218.
2. Bartels J. The standardized index, K_s , and the planetary index, K_p // IATME Bull. 1949, №12b. P. 97-112.

Докладчик: **Кондратов Андрей Дмитриевич**, инженер, yakari322@gmail.com

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ
ВЗАИМООТНОШЕНИЙ РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ПОВЕРХНОСТИ ФУНДАМЕНТА
В ПРЕДЕЛАХ АКВАТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА РЕКИ ВУОКСА
(ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Королева А.О.^{1,2}

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

²*ИГ РАН, лаборатория геоморфологии*

Следы палеоземлетрясений на территории Фенноскандинавского щита отмечаются уже около 200 лет. На Российской части Фенноскандии изучением следов древних землетрясений последние 30 лет занимаются многие отечественные специалисты [1]. В последние годы комплекс геолого-геоморфологических и тектонофизических методов дополнился геофизическими исследованиями.

Цели исследований – выявление пространственной связи структуры фундамента с рыхлыми отложениями, обнаружение разрывных структур фундамента и четвертичных отложений на дне водоема и на его берегах. Ключевой участок исследований расположен в северной части Карельского перешейка, в пределах крупной разрывной Вуоксинской зоны северо-западного простирания, маркируемой прямолинейным руслом р. Вуокса.

Во время полевых работ было использовано два георадара: георадар ОКО-3 («Логис-Геотех») с антенными блоками 100, 250 и 400/900 МГц и георадар Тритон-М (ООО «Логические системы») с антенным блоком 100 МГц. Выполнено 47 акваторных профилей антеннами 100 МГц и 12 профилей на суше антеннами 400/900 МГц и 250 МГц. Результаты работ на суше приведены в работе [2]. В докладе представлены первичные результаты интерпретации полученных данных на акватории. Исходя из условий съемки, развертка была выбрана 1600 н.с., накопление – 32, скорость лодки составила 7 км/ч. Съемка и обработка результатов осуществлялась в программном комплексе «CartScan».

В результате интерпретации было выделено два георадарных комплекса: породы кристаллического фундамента и осадочные породы небольшой мощности, которые в большинстве своем полностью повторяют кровлю фундамента. Несмотря на общий сглаженный рельеф кровли фундамента в русле реки, в результате обработки геофизических данных местами удалось установить сильную дислоцированность кровли фундамента и обнаружить разрывные нарушения СЗ-ЮВ простирания, а также большое количество зон дробления.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИФЗ РАН № FMWU-2022-0009.

Список литературы:

1. Никонов А. А., Шварев С. В., Сим Л. А., Родкин М. В., Бискэ Ю. С., Маринин А. В. Скальные палеосейсмодеформации на Карельском перешейке (ключевой участок “Пещеры Иностранцева”, Ленинградская область) // ДАН. 2014. Т. 457. С. 591-596.
2. Шварев С.В., Бондарь И.В., Королева А.О., Комаров А.О. Сейсмогенная активизация разлома в позднем неоплейстоцене по деформациям в рельефе, рыхлых отложениях и породах фундамента (юго-восток Фенноскандии) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2024 (в печати).

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

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПО ДАННЫМ ГИС

Корочкин Г.М.¹

¹*Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН*

Геофизические исследования скважин, наряду с анализом керна, остаются наиболее точным способом построения литологического разреза. Однако идентификация геологических объектов по каротажным кривым требует значительных усилий, так как данный процесс выполняется высококвалифицированными специалистами преимущественно на основе визуального анализа.

Целью данного исследования является автоматизация процесса определения геологических формаций с использованием методов машинного обучения. В частности, изучается возможность применения нейронных сетей, обученных на данных каротажа, для построения геологического разреза [1, 2].

В основу исследования легли данные, полученные из открытых источников по геофизическим исследованиям скважин в бассейне Таранаки, расположенного в акватории Новой Зеландии. В набор данных входят сведения о более чем 400 скважинах, охватывающих несколько нефтегазовых месторождений, а также информация о 21 геологической формации.

Первым этапом работы стала предобработка данных: удаление нерелевантных признаков, случайное перемешивание данных и их нормализация. Важной частью предобработки также является заполнение пропущенных данных, что обусловлено различиями в комплексах геофизических исследований для разных скважин и интервалов [3].

Затем данные были разделены на обучающую и контрольную выборку. После обучения и оптимизации модели проводится оценка точности предсказаний с помощью метрик.

Заключительный этап исследования включает анализ результатов и оценку вклада каждого из признаков.

Список литературы:

1. *Хайретдинов М.С., Караваев Д.А., Якименко А.А., Морозов А.* Восстановление геофизических моделей упругих сред с применением нейронных сетей // Проблемы информатики. 2020. No3 (48).
2. *Amir Mollajan, Hossein Memarian, Beatriz Quintal.* Nonlinear rock-physics inversion using artificial neural network optimized by imperialist competitive algorithm, Journal of Applied Geophysics. 2018. V. 155. P. 138-148.
3. *Bhatt A., Helle H.* Committee neural networks for porosity and permeability prediction from well logs // Geophysical Prospecting. 2002. V. 50. P. 645-660.

ИЗУЧЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ШУМОВЫХ ПОЛЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТАНЦИЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛУОСТРОВА
КАМЧАТКА

Котов А.Н.¹, Нуждаев И.А.²

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

²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

В настоящее время по всему миру наблюдается активное освоение и развитие возобновляемого природного энергетического потенциала [1]. Одним из наиболее развиваемых и перспективных видов возобновляемых источников энергии является ветроэнергетика [2]. Ветроэнергетика имеет массу преимуществ по сравнению с традиционными источниками энергии – экологическая безопасность для атмосферы и окружающей среды в целом, отсутствие необходимости в финансовых затратах на топливо и прочие ресурсы, необходимые для обеспечения штатного функционирования ветрогенераторов – производство электроэнергии осуществляется путем преобразования возобновляемой, «бесконечной» кинетической энергии ветра [3]. Однако, несмотря на все преимущества с точки зрения экологии, ветроэнергетическая отрасль не лишена и определенных недостатков. Одним из таковых является низкочастотное сейсмоакустическое шумовое загрязнение окружающей среды, как известно, оказывающее негативное влияние на качество жизни населения близлежащих населенных пунктов [4, 5].

Представлены результаты натуральных измерений сейсмического и акустического шумовых полей, создаваемых ветроэнергетической станцией в пос. Октябрьский, расположенном на территории южной Камчатки, на побережье Охотского моря. В результате проведенных работ оценены энергетические уровни собственных шумовых частот ветроэнергетических установок, а также их кратных гармоник. Приведены результаты изучения статистических корреляционных зависимостей акустического и сейсмического шумовых полей ветряных турбин.

Список литературы:

1. *Соснина Е. Н., Маслеева О. В., Пачурин Г. В.* Акустическое воздействие ветроэнергетических установок на окружающую среду // *Экология и промышленность России.* 2013. № 9. С. 8-11.
2. *Marcillo O. E., Arrowsmith S., Blom P., Jones K.* On infrasound generated by wind farms and its propagation in low-altitude tropospheric waveguides // *Journal of geophysical research: Atmospheres.* 2015. V. 120. №. 19. P. 9855-9868.
3. *Hubbard H. H., Shepherd K. P.* Wind turbine acoustics. 2009. №. LF99-8465.
4. *Котов А. Н., Агibalов А. О., Сенцов А. А.* Низкочастотное шумовое загрязнение северо-восточной части пос. Мосрентген (г. Москва) // *Геофизические процессы и биосфера.* 2023. Т. 22. № 2. С. 109-121.
5. *Котов А. Н., Собисевич А. Л., Преснов Д. А., Жостков Р. А.* Натурное изучение пространственно-временных вариаций сейсмических шумов мегаполиса // *Геофизика.* 2021. №. 2. С. 82-88.

Докладчик: **Котов Андрей Николаевич**, н.с., and250195@yandex.ru

СИСТЕМНАЯ ОЦЕНКА СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ РЕК ТАЛАССКОГО АЛАТАУ

Кочубей К.А.^{1,2}

¹*Геофизический центр Российской академии наук, Лаборатория геодинамики*

²*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Селевые потоки часто возникают в горных районах и причиняют значительный ущерб человеческой деятельности. Таласский Алатау (Республика Казахстан) отличается высокой частотой возникновения селей, однако этот район исследован недостаточно. Крутые склоны, большие перепады высот, активное выветривание и наличие рыхлого обломочного материала способствуют эпизодической активности селей в данном регионе. Объектом исследования была выбрана северо-западная часть Таласского Алатау, в том числе бассейны горных рек Аксу, Жабагылысу и Аксай в пределах биосферного резервата Аксу Жабаглы. Цель работы — оценить степень селевой опасности с помощью ГИС-анализа пространственного распределения факторов и условий, способствующих формированию селей.

Оценка селевой опасности проводилась путем расчета комплексного показателя в ГИС, отражающего суммарное влияние факторов и условий селеформирования. Расчет проводился для каждого элементарного водосбора (1-го порядка по Штралеру). Уровень опасности для каждого элементарного водосбора рассчитывался по формуле: $N = \sum_{j=1}^n W_{(j)} * P_{(x_j)}$,

где N – уровень опасности, $W_{(j)}$ – весовой коэффициент фактора опасности, $P_{(x_j)}$ – количественное значение фактора опасности, j – номер фактора. Весовые коэффициенты были определены методом анализа иерархий (АИР). Автор выделил восемь факторов, которые было возможно учесть: уклон тальвегов ($W=0.371$), падение тальвега ($W=0.240$), угол наклона поверхности водосборов ($W=0.176$), средняя высота водосборов ($W=0.081$), экспозиция ($W=0.052$), геологическое строение ($W=0.043$), растительность ($W=0.023$), и расстояние до тектонических разломов ($W=0.015$). Все факторы были нормированы в шкале от 0 до 1, где максимальные значения присваивались наиболее благоприятным для формирования селей условиям.

Результаты показали, что наибольшую селевую опасность имеет бассейн реки Аксу, наименьшую — бассейн реки Аксай, а бассейн Жабагылысу находится на среднем уровне. Внутри всех водосборов самые опасные участки расположены в верховьях, где отмечены крутые склоны и скопления рыхлого материала, преимущественно моренных отложений. Результаты оценки согласуются с данными визуального дешифрирования селевых очагов в пределах рассматриваемой территории. Выбранные критерии наилучшим образом характеризуют опасность возникновения селевого потока с эрозионным механизмом зарождения.

СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПОВ МОЛОДЫХ
ТЕКТОНИЧЕСКИХ СМЕЩЕНИЙ В ОЧАГОВОЙ ЗОНЕ ХУБСУГУЛЬСКОГО
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2021 ГОДА (СЕВЕРНАЯ МОНГОЛИЯ)

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

¹*ИФЗ РАН Лаборатория методов прогноза землетрясений*

²*ТувИКОПР РАН*

Хубсугульское землетрясение 12.01.2021 с $M_w = 6.7$ произошло на юго-западном фланге Байкальской рифтовой зоны и стало сильнейшим сейсмическим событием Прихубсугулья за инструментальный период наблюдений. Нами были проведены сеймотектонические и структурно-геоморфологические исследования очаговой зоны землетрясения. В месте сгущения вторичных нарушений был обнаружен выход очага землетрясения на поверхность в виде сеймотектонического разрыва. По данным изучения разрыва в траншее были выявлены разрывы еще 4 разрываобразующих землетрясения со средней повторяемостью 240-250 лет, произошедших за последние 958–1176 лет [1]. Суммарное вертикальное смещение составило 70 см, что дает среднюю скорость за последние 958-1176 лет – 0.6-0.7 мм/год.

Была построена структурно-геоморфологическая схема долины реки Хотны-Гол, которая позволила оценить вертикальные смещения надпойменных террас и ледникового трога в очаге Хубсугульского землетрясения за более продолжительный период времени. Общее смещение по разрыву ледникового трога составило 60-70 м. При этом смещение 4-х более поздних надпойменных террас составило 20-30 м. Это свидетельствует о том, что более половины общего смещения накопилось за относительно короткий промежуток времени – сразу после (или во время) формирования ледникового трога. Возраст ледникового трога был определен по соседней долинной морене как $15 \pm 0,7$ тыс. лет [2]. В таком случае средняя скорость смещения составляет 4.7 мм/год.

Полученные данные по долговременным скоростям вертикальных смещений сильно превышают скорости за последние 1000 лет, что может говорить о большей тектонической активности сразу после (или во время) формирования ледникового трога, что, как следствие, могло приводить к землетрясениям большей магнитуды. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о нестационарности сейсмического режима Хубсугульской рифтовой впадины на протяжении голоцена.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках гранта № 22-17-00049

Список литературы:

1. Овсяченко А.Н., Дэмбэрэл С., Бутанаев Ю.В., Кошевой Н. Г., Батсайхан Ц., Баатар Н. Хубсугульское землетрясение 12.01.2021 с $M_w=6.7$ в Северной Монголии: геологические эффекты и тектоническая позиция очага // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 511. № 1. С. 65-70.
2. Wegmann K. W. et al. Geologic, geomorphic, and environmental change at the northern termination of the Lake Hövsgöl rift, Mongolia // Proceedings of the Twenty-Fourth Annual Keck Research Symposium in Geology, Union College, Schenectady, NY. 2011. P. 220-229.

Докладчик: **Кошевой Николай Георгиевич**, аспирант, koshevoi98@inbox.ru

О ПРИМЕНЕНИИ ЦИФРОВЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ В СОСТАВЕ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗЛОМА

Краюшкин Д.В.¹, Казначеев П.А.¹, Майбук З.-Ю.Я.¹, Пономарев А.В.¹

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

В натуральных, а также в модельных исследованиях геодинамических процессов применяются широкий перечень датчиков, которые обладают различным частотным диапазоном. В модельных исследованиях требуется переход на более высокие частоты измерения ускорений. Предыдущие эксперименты с лабораторной слайдер-модель разлома показали, что один аналоговый пьезоэлектрический датчик не позволяет отследить все возникающие движения типа стик-слип, включая моделирующие периоды сейсмического затишья, низкочастотных землетрясений и сейсмического крипа из-за ограниченных параметров измерения [1]. Для решения этой проблемы было предложено комплексовать цифровые и аналоговые акселерометры для получения более детальной информации о процессах, сопровождающих срыв [2].

Настоящая работа посвящена результатам применения цифровых акселерометров в составе многофункциональной измерительной системы для регистрации движений типа стик-слип в модели разлома. В рамках работы была проведена серия экспериментов по моделированию срывов различной амплитуды. Измерительное оборудование, помимо регистрирующей станции, включает в себя высокоамплитудный и низкоамплитудный цифровые акселерометры с разработанным устройством захвата и нормирования сигнала [1], аналоговые акселерометры с усилителем сигнала ZETLAB H440, а также датчик акустической эмиссии с ранее разработанным устройством преобразования и усиления сигнала SA3K-AE [3].

Результаты обработки данных с датчиков показывают, что применение цифровых акселерометров может значительно повысить информативность экспериментов модели разлома, особенно для оценки низкоамплитудных низкочастотных движений. Отличительной особенностью цифровых акселерометров в MEMS-исполнении является миниатюрность и доступность, что дает возможность масштабирования системы датчиков на интересующую поверхность.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Казначеев П.А., Майбук З.-Ю.Я., Пономарев А.В., Соболев Г.А., Кох В.В., Краюшкин Д.В. Оценка энергии подвижки в экспериментах типа стик-слип // Триггерные эффекты в геосистемах. М.: ИДГ РАН, 2022. 181 с.
2. Краюшкин Д.В., Казначеев П.А., Кох В.В., Майбук З.Ю.Я., Пономарев А.В. Разработка измерителя ускорений в широких амплитудном и частотном диапазонах для лабораторной модели разлома // Сейсмические приборы. 2023. Т. 59, № 3. С. 58-74.
3. Краюшкин Д. В. Разработка устройства преобразования и усиления сигнала с пьезоэлектрических датчиков для лабораторной системы регистрации акустической эмиссии / Д. В. Краюшкин, В. В. Кох, П. А. Казначеев // Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН: Тезисы докладов, Москва, 09–11 ноября 2022 года. – Москва: Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 2022.

Докладчик: Краюшкин Денис Владиславович, инж.-иссл. лаб.301, KrayushkinDenV@yandex.ru

БАЗА ДАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРЕКОВОГО ДАТИРОВАНИЯ "RUFT"

Кревсун Д.А.^{1,2}, Веселовский Р.В.^{1,2}, Багдасарян Т.Э.^{1,2}, Чистякова А.В.^{1,2}

¹*ИФЗ РАН, Лаборатория трекового анализа и изотопной геохронологии (106)*

²*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ)*

Методы определения возраста минералов по следам осколков спонтанного деления ядер урана, к которым относятся трековое датирование апатита (Apatite Fission-Track, AFT), циркона (Zircon Fission-Track, ZFT) и титанита (Titanite Fission-Track, TFT), уже давно вышли за рамки собственно геохронологии и в последние десятилетия активно используются как геотермохронологический инструмент для решения широкого спектра фундаментальных и прикладных задач современной геологии. Самую актуальную информацию по этим методам и их применению в науках о Земле можно найти в публикациях [1, 2].

К 2024 году в мировой литературе опубликовано более десятка тысяч трековых датировок, однако, как указано в работе [3], до недавнего времени основная часть исследований российских объектов проводилась за рубежом. В последние годы в России наблюдается развитие трекового анализа, однако изученность территории нашей страны этим методом остаётся крайне фрагментарной. В этой связи быстрый доступ к опубликованным данным становится важным для постановки задач и планирования дальнейших исследований.

В 2024 году в Институте физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН была создана лаборатория трекового анализа и изотопной геохронологии, цель которой – развитие и активное использование методов трековой и изотопной термохронологии в нашей стране. Одним из направлений деятельности лаборатории является разработка и наполнение базы данных результатов исследований методами трекового анализа территории Российской Федерации, которую мы назвали “RUFT” (от слов “RUssia” и “Fission-Track”). Основой базы данных «RUFT» является файл формата MS Excel, в котором содержатся данные о конкретных результатах трекового анализа, а визуализация и интерактивная работа с трековыми определениями выполняется посредством портала NextGIS, в котором возможна сортировка и фильтрация данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ грант 24-77-00040.

Список литературы:

1. *Kohn B.P., Ketchum R.A., Vermeesch P., Boone S.C., Hasebe N., Chew D., Bernet M., Chung L., Danišik M., Gleadow A.J.W., Sobel E.R.* Interpreting and reporting fission-track chronological data // *Geological Society of America Bulletin*. 2024. V. 136 (9-10). P. 3891–3920.
2. *Malusà, M.G., Fitzgerald, P.G.* (Eds.) *Fission-Track Thermochronology and its Application to Geology*, Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment. Springer International Publishing, Cham. 2019.
3. *Соловьев А.В.* Изучение тектонических процессов в областях конвергенции литосферных плит: методы трекового и структурного анализа / *Труды Геологического института*. 2008. 319 с.

Докладчик: **Кревсун Дарья Алексеевна**, студент 3-го курса, dasha@krevsun.ru

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МАРСИАНСКИХ МЕТЕОРИТОВ JIDDAT AL HARASIS 910 И NORTHWEST AFRICA 14243

Круглова А.А.^{1,2}, Лоренц К.А.²

¹*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет*

²*ГЕОХИ РАН, лаборатория метеоритики и космохимии*

Особенности химического и изотопного состава SNC-метеоритов свидетельствуют, что они образовались в окислительных условиях, в результате магматической дифференциации на крупном родительском теле, которым с наибольшей вероятностью может быть Марс [1]. Эти метеориты, кроме NWA 7034 и ALH 84001, имеют аномально молодой возраст, в основном, менее 1.3 млрд. лет [2] по сравнению с остальными ахондритами (>4 млрд. лет).

Дистанционные исследования Марса показали, что на поверхности планеты присутствуют относительно молодые геологические образования, возраст которых сопоставим с возрастом метеоритов SNC [3]. По орбитальным данным были также идентифицированы близкие по составу к SNC отдельные регионы планеты, однако возраст их образования, определенный по кратерной статистике, является нойским (>3.5 млрд лет) и, тем самым, намного древнее SNC. Кроме того, такие регионы для поверхности Марса не представительны. Также, составы горных пород, проанализированные марсоходами, отличаются от составов метеоритов SNC, хотя некоторые из них и попадают в поля шерготтитов [4]. На этом основании были сделаны выводы о том, что метеориты SNC, в случае если их источник – Марс, являются непредставительной выборкой пород с его поверхности, которая в значительной степени преобразована выветриванием и другими процессами [5].

Данное исследование решает задачу сравнительного анализа структуры и геохимического состава двух образцов марсианских метеоритов группы SNC с последующим восстановлением параметров их ударного метаморфизма. Согласно полученным результатам, метеоритный образец JAH 910 был подвержен шоковому давлению 15-20 ГПа, а затем постшоковому увеличению температуры до 100-150°C. Шоковое давление метеорита NWA 14243 находилось в диапазоне 45-55 ГПа, а интервал постшокового увеличения температуры составил 600-850°C.

Список литературы:

1. Wood C.A., Ashwal L.D. SNC meteorites - Igneous rocks from Mars // Proceedings Lunar Planet. Sci. Conf. 12 1982 V. 2 P. 1359-1375.
2. Nyquist L.E., Bogard D.D., Shih C.-Y., Greshake A., Stöffler D., Eugster O. Ages and geologic histories of martian meteorites // Space Sci. Rev. 2001 V. 96 No. 1/4. P. 105-164.
3. Neukum G., et al. The geologic evolution of Mars: Episodicity of resurfacing events and ages from cratering analysis of image data and correlation with radiometric ages of Martian meteorites // Earth Planet. Sci. Lett. 2010 V. 294 No. 3-4. P. 204-222.
4. McSween Jr H.Y., et al. Elemental Composition of the Martian Crust // Science. 2009 V. 324 P. 736-739.
5. Hamilton V.E., et al. Searching for the source regions of Martian meteorites using MGS TES: Integrating Martian meteorites into the global distribution of igneous materials on Mars // Meteoritics and Planet. Sci. 2003 V. 38 No. 6 P. 871-885.

Докладчик: **Круглова Ангелина Алексеевна**, студент, angelinkruglova@yandex.ru

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД СРЕДНЕГО ПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СГЛАЖИВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ОЦЕНОК СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Крушельницкий К.В.^{1,2}

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

²*ИТПЗ РАН*

Оценка сейсмической опасности состоит из двух независимых этапов: оценка частоты (повторяемости) событий данной магнитуды в единицу времени на единицу площади и моделирование воздействия землетрясений с заданными параметрами на объекты, находящиеся на определенном удалении от очага землетрясения, с учетом всех эффектов распространения сейсмических волн.

В рамках данной работы анализируются имеющиеся на данный момент методы локальных оценок повторяемости событий и предлагается новый метод, который: 1) имеет понятный физический смысл; 2) учитывает статистические закономерности сейсмичности; 3) лучше других методов воспроизводит повторяемость событий на единицу площади.

Предлагаемый метод является комбинацией «метода среднего положения» [1,2] и «модифицированного метода k ближайших соседей» [3]. Мотивацией к созданию нового метода является тот факт, что указанные методы не всегда дают корректные локальные оценки сейсмической активности. Мерой корректности результатов являются: 1) величина увеличения вероятности по отношению к равномерной модели сейсмичности, где вероятность рассчитывается как величина логарифмического пуассоновского правдоподобия; 2) восстановление регионального магнитудно-частотного распределения при суммировании (интегрировании) локальных оценок повторяемости; 3) экспертная оценка.

В результате сравнения моделей показано, что предлагаемый метод дает более «правдоподобные» оценки сейсмической активности как с точки зрения величины вероятности, так и с точки зрения экспертной оценки.

Список литературы:

6. Vorobieva I., Grekov E., Krushelnitskii K., Malyutin P., Shebalin P. High Resolution Seismicity Smoothing Method for Seismic Hazard Assessment // Russian Journal of Earth Sciences. 2024. Vol. 24. №1. 1-10.
7. Shebalin P.N., Baranov S.V., Vorobieva I.A., Grekov E.M., Krushelnitskii K.V., Skorkina A.A., Selyutskaya O.V. Seismicity Modeling in Tasks of Seismic Hazard Assessment // Doklady Earth Sciences. 2024. Vol. 515. P. 514-525.
8. Pisarenko, V.F., Pisarenko, D.V. A Modified k-Nearest-Neighbors Method and Its Application to Estimation of Seismic Intensity. Pure Appl. Geophys // 2022. Vol. 179. №11. 4025-4036.

ОЦЕНКА ГРАДИЕНТОВ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ
НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Кузьмин Д.К.¹

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

Предложена унифицированная методика анализа результатов геодинамического мониторинга, основанная на переводе наблюдаемых и модельных смещений в их градиенты, и сравнении их величин с нормативными параметрами, регламентирующими безопасное недропользование. В рамках модели с пороупругим включением [1, 2, 3, 4] были получены аналитические формулы для расчета градиентов смещений – наклонов и относительных горизонтальных деформаций в трехмерной постановке. Наличие подобных формул позволило оценивать пороговые значения относительных деформаций для сопоставления их с нормативными критериями. Реализация метода вычислений градиента смещений земной поверхности продемонстрирована на примере крупных месторождений России и СНГ [5, 6, 7, 8, 9].

Работа выполнена в рамках государственного 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). М.: МГГУ. N 9. 2002, С. 48-55.
2. *Кузьмин Ю.О.* Деформационные последствия разработки месторождений нефти и газа // Геофизические процессы и биосфера. 2021. Т. 20, № 4. С. 103-121.
3. *Кузьмин Ю. О.* Современные объемные деформации разломных зон // Физика Земли. 2022. № 4. С. 3-18.
4. *Кузьмин Ю.О.* Современная геодинамика индуцированных разломов // Геофизические процессы и биосфера. 2023. Т. 22. № 3. С. 5-65.
5. *Гатиятуллин Р.Н., Кузьмин Д.К., Фаттахов Е.А.* Анализ результатов многолетних геодезических наблюдений на месторождении сперхвязкой нефти, юго-восток Татарстана // Наука и технологические разработки. 2021. Т. 100. №4. С. 5-24.
6. *Жуков В.С., Кузьмин Д.К.* Оценка влияния разработки Чайядинского месторождения на просадки земной поверхности // Геофизические процессы и биосфера. 2023. Т. 22. №1. С. 73-84.
7. *Конырбаев Д.К., Кузьмин Ю.О., Кузьмин Д.К., Шыракбаев Д.А., Суесинов Д.Ж.* Анализ результатов геодинамического мониторинга на месторождении п-ова Бузачи, Республика Казахстан // Геофизические процессы и биосфера. 2023. Т. 22. № 3. С. 110-141.
8. *Абрамян Г. О., Кузьмин Д. К., Ломоносов М. Д.* Анализ современных деформационных процессов на газонефтяном месторождении Центральной Азии // Наука и технологические разработки. 2022. Т. 101. №3. С. 20-32.
9. *Kuzmin D.K., Kuzmin Yu.O., Zhukov V.S.* Assessment of ground surface subsidence during Chayanda field development with regard to changes in petrophysical parameters of oil and gas reservoirs // Eurasian Mining. 2022. № 2 (38). P. 11-15.

Докладчик: **Кузьмин Дмитрий Кузьмич**, н.с., к.т.н., dimak1292@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕМЕННЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ НА МАГНИТНУЮ ТЕКСТУРУ РАЗЛИЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Кулакова Е.П.¹, Пасенко А.М.¹

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

Анизотропия магнитной восприимчивости (АМВ) является инструментом быстрого количественного описания магнитной текстуры горной породы, которое нашло широкое практическое применение в геологических исследованиях. Например, по магнитной текстуре пород возможно оценить условия их формирования: условия осадконакопления (силу и направление течения водного потока / ветра), направление течения магмы или лавы, а также главные тектонические напряжения, которым подвергалась порода [1,2].

Как правило, коллекция ориентированных образцов, отбираемая для изучения остаточной намагниченности пород в рамках палеомагнитных исследований, используется в том числе и для изучения АМВ. При этом, очередность выполнения пошагового размагничивания переменным магнитным полем и измерения АМВ в практике четко не обговаривается и даже является дискуссионным вопросом [3].

В то же время, было показано [3,4], что в случае наличия в исследуемом образце многодоменных зерен магнетита, при воздействии на такой образец одноосного переменного магнитного поля (размагничивания) также существенно нарушается и магнитная текстура образца.

В докладе будут представлены первые результаты экспериментального исследования влияния переменного магнитного поля на магнитную текстуру образцов различной литологии. Проведено сравнение параметров АМВ и пространственного распределения главных осей АМВ до размагничивания переменным магнитным полем и после для ряда пород: лёссово-почвенные серии субаэрального генезиса, песчанистые и глинистые алевроиты субаквального происхождения, глинистые известняки, базальты и др.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №24-77-10026. Авторы благодарны сотрудникам лаборатории Главного геомагнитного поля и петромагнетизма ИФЗ РАН за предоставление коллекций пород к изучению, а также помощь в измерениях и дискуссии.

Список литературы:

1. *Tarling D.H., Hrouda F.* The magnetic anisotropy of rocks. CRC Press, Boca Raton, Fla. 217 pp.
2. *Zhu R., Liu Q., Jackson M.J.* Paleoenvironmental significance of the magnetic fabrics in Chinese loess-paleosols since the last interglacial (<130 ka) // *Earth and Planetary Science Letters.* 2004. V. 221. P. 55-69.
3. *Schöbel S., de Wall H., Rolf C.* AMS in basalts: is there a need for prior demagnetization? // *Geophysical Journal International.* 2013. V. 195. P. 1509-1518.
4. *Biedermann A., Jackson M., Bilardello D., Feinberg J., Brown M., McEnroe S.* Influence of static alternating field demagnetization on anisotropy of magnetic susceptibility: Experiments and implications // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems.* 2017. V. 18. P. 3292-3308.

Докладчик: Кулакова Екатерина Петровна, н.с., ek.kula@yandex.ru

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МАРСА С РАЗЛИЧНЫМ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИМ СОСТАВОМ МАНТИИ

Кулик Е.А.¹, Гудкова Т.В.¹

¹ИФЗ РАН, Лаборатория происхождения, внутреннего строения и динамики Земли и планет (102)

В данной работе разрабатываются модели внутреннего строения Марса на основании различных минералогических моделей. Для построения распределений плотности и скоростей сейсмических волн вдоль пробной артеотермы в мантии Марса используется программа *Perple_X* [1] и термодинамические данные из [2]. Используя полученные распределения плотности в мантии, получаем распределения плотности для всей планеты с учетом сохранения массы по методу, изложенному в [3]. Построенные таким образом профили проверяются на соответствие наблюдаемым данным, таким как момент инерции и число Лява k_2 , а также данным, полученным из сейсмического эксперимента миссии *InSight*: толщина и плотность коры [4], радиус ядра [5-6].

Полученные модели внутреннего строения Марса будут использованы для исследования реологических свойств вещества недр планеты на длинных периодах, используя ограничение на период чандлеровского колебания.

Работа выполнена в рамках госзадания Института физики Земли им О.Ю. Шмидта РАН.

Список литературы:

1. *Connolly J.A.D.* Computation of phase equilibria by linear programming: A tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation // *Earth and Planetary Science Letters*. 2005. V. 236. P. 524-541.
2. *Strixrude L., Lithgow-Bertelloni C.* Thermodynamics of mantle minerals – III: the role of iron // *Geophysical Journal International*. 2024. V. 237. P. 1699-1733.
3. *Жарков В.Н., Гудкова Т.В.* Построение модели внутреннего строения Марса // *Астрономический вестник*. 2005. Т. 39. №5. С. 1-32.
4. *Knappmeyer-Endrun B., Panning M.P., Bissig F. et al.* Thickness and structure of the Martian crust from *InSight* seismic data // *Science*. 2021. V. 373. P. 438-443.
5. *Stähler S.C., Khan A., Banerdt W.B. et al.* Seismic detection of the Martian core // *Science*. 2021. V. 373. P. 443-448.
6. *Samuel H., Drilleau M., Rivoldini A. et al.* Geophysical evidence for an enriched molten silicate layer above Mars's core // *Nature*. 2023. V. 622. P. 712-717.

ПЕТРОТИПИЗАЦИЯ ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН
НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА С ЦЕЛЬЮ ПОСТРОЕНИЯ УТОЧНЕННЫХ
ПЕТРОУПРУГИХ МОДЕЛЕЙ ГОРНЫХ ПОРОД

Куприн Д.Ю.¹, Баяк И.О.²

¹*ИФЗ РАН, Лаборатория молодёжных научных проектов*

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

Целью данного исследования является построение петроупругих моделей пород коллекторов углеводородов с помощью методов теории эффективных сред для прогнозирования формы пустотного пространства. Объектом исследования являются газонасыщенные глинистые песчаники пласта Mount Messenger, относящиеся к нефтегазоносному бассейну Таранаки, расположенному на западном побережье Новой Зеландии.

Модельная среда была упрощена до трёх основных компонент – сферической кварцевой составляющей, монетообразной глинистой составляющей и пустотного пространства различной формы. С использованием метода самосогласования Берримана [1] и модели, аналогичной подходу Шу-Уайта [2] были получены эффективные упругие свойства для пласта Mount Messenger, с использованием которых были построены обобщённые модели зависимости скорости продольных волн от пористости моделируемого пласта для различных форм пустотного пространства.

Для получения уточнённых моделей был разработан алгоритм петротипизации данных геофизических исследований скважин с использованием следующих методов кластерного анализа – K-means [3], Agglomerative Clustering [4] и DBSCAN [5]. Результатом работы данного алгоритма являются дифференцированные по глубине петротипы. Для каждого из полученных петротипов далее были получены эффективные упругие модули и соответствующие уточнённые модели зависимости скорости продольных волн от пористости моделируемого пласта для различных форм пустотного пространства, с помощью которых представляется возможным прогноз формы пустотного пространства пласта Mount Messenger.

Список литературы:

1. *Berryman, J.G. and Milton, G.W.* Microgeometry of random composites and porous media. // J. Physics D. 1988. Vol. 21. P. 87-94.
2. *Xu S., White R.E.* A new velocity model for clay-sand mixtures // Geophysical Prospecting. 1995. Vol. 43. P. 91-118.
3. *MacQueen J.* Some methods for classification and analysis of multivariate observations // Proc. Fifth Berkley Sympos. Math. Statist. And Probability. 1967. Vol I: Statistics. P. 281-297.
4. *Sibson R.* SLINK: an optimally efficient algorithm for single link cluster method // The Computer Journal. 1973. Vol. 16(1). P. 30-34.
5. *Ester M. et al.* A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise // KDD'96: Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 1996. Vol. 96. P. 226-231.

Докладчик: **Куприн Даниил Юрьевич**, аспирант, инженер-исследователь,
kuprin.daniil.geo@gmail.com

НОВЫЕ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО ВУЛКАНИТАМ ОКРЕСТНОСТЕЙ ЗАЛИВА КРЕСТА (ЧУКОТСКИЙ АО)

Лебедев И.Е.¹, Пасенко А.М.¹

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

Охотско-Чукотский вулcano-плутонический пояс (ОЧВП) – одна из крупнейших окраинно-континентальных вулканических провинций, существовавших в истории Земли. Данная геоструктура, при сравнительно небольшой ширине в первые сотни км, протягивается на более чем 3000 км от Преджугджурья до Берингова пролива и маркирует древнюю зону субдукции Палеоокеана под Евразию. Особый интерес привлекает и тот факт, что на всем его протяжении присутствуют крупные месторождения, главным образом, золота и серебра.

Однако, до сих пор не существует консенсуса на счет возрастных рамок формирования этой обширной вулканической провинции. Ранее господствовала парадигма о формировании ОЧВП на всем своем протяжении сравнительно одновременно, но накопление базы данных современных прецизионных изотопно-геохронологических определений позволило более точно ограничить возраст начала и конца вулканизма и выделить наиболее интенсивные его этапы [1]. Продолжение накопления изотопных данных, также поставили под сомнение модель о формировании ОЧВП сравнительно одновременно на всем протяжении (напр. [2,3]). Эти данные указывали на более позднее завершение формирования ОЧВП на его Восточной оконечности, что предлагалось объяснять продольной миграцией вулканизма, либо наложенным, ранее не известным, более поздним магматическим событием.

Для самой восточной части ОЧВП современные геохронологические ограничения получены лишь для верхних стратонов, тогда как для нижних частей разреза ощущается их явный недостаток. В данной работе мы частично заполняем этот пробел и представляем результаты изотопного датирования циркона из самых нижних стратонов ОЧВП, выходящих в районе залива Креста, а также соседствующего с ними крупного гранитного Искатеньского массива.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 23-17-00112.

Список литературы:

1. *Акинин В.В., Миллер Э.Л.* Эволюция известково-щелочных магм Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // *Петрология*. 2011. Т. 19, № 3. С. 249–290.
2. *Сахно В.Г. и др.* Разновременность формирования Амгуэмо-Канчаланского и Энмываамского вулканических полей ОЧВП по данным изотопного датирования // *Доклады Академии Наук*. 2010. Т. 434, № 3. С. 365–371.
3. *Тихомиров П.Л. и др.* “Верхние базальты” Восточно-Чукотского сегмента Охотско-Чукотского пояса: продольная миграция вулканической активности или наложение позднего магматического события? // *Доклады РАН Науки О Земле*. 2021. Т. 501, № 2. С. 167–172.

Докладчик: **Лебедев Иван Евгеньевич**, н.с., lebedev232@ya.ru

МАГНИТОСТРАТИГРАФИЯ ОРДОВИКСКИХ РАЗРЕЗОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРОБЛЕМА ТРЕТЬЕГО ФАНЕРОЗОЙСКОГО СУПЕРХРОНА

Леонова М.А.¹, Марков Г.П.¹, Павлов В.Э.¹

¹*ИФЗ РАН, лаборатория Главного геомагнитного поля и петромагнетизма (105)*

В настоящее время накоплен большой массив магнитостратиграфических данных, свидетельствующих о существовании в раннем-среднем ордовике геомагнитного суперхрона обратной полярности Мойеро [1]. Однако существуют отдельные сообщения [2-7], предполагающие наличие тонкой структуры внутри этого суперхрона, выделенные по единичным стратиграфическим уровням по образцам с шумной палеомагнитной записью. Вместе с тем данные по одновозрастным сибирским разрезам с лучшим качеством палеомагнитной записи не указывают на наличие тонкой структуры. В связи с важностью изучения геомагнитных суперхронов необходимо внимательное рассмотрение всех имеющихся данных и их проверка.

В докладе будут представлены результаты детального магнитостратиграфического исследования нескольких разрезов южного Приладожья, перекрывающих интервалы с потенциально выявленной прямой полярностью.

Выполнение комплексных магнитных чисток (как температурной, так и переменным магнитным полем) позволило выделить первичную компоненту $P+$ в большем количестве образцов, нежели если бы использовался только какой-либо один из методов. Все образцы с выявленной первичной компонентой были обратной полярности. Полученные результаты не подтверждают наличие тонкой структуры внутри ордовикского суперхрона Мойеро.

Работа выполнена в ЦКП «Петрофизика, геомеханика и палеомагнетизм» ИФЗ РАН при финансовой поддержке РНФ (грант № 24-27-00370).

Список литературы:

1. Pavlov V., Gallet Y. A third superchiron during the Early Paleozoic // Episodes 28 (2). 2005. P. 78–84.
2. Torsvik T. H., Trench A. The Lower-Middle Ordovician of Scandinavia: Southern Sweden “revisited” // Phys. Earth Planet. Int. 1991a. V. 65(3-5). P. 283-291.
3. Torsvik T. H., Trench A. Ordovician magnetostratigraphy: Llanvirn-Caradoc limestones of the Baltic platform // Geophys. J. Int. 1991b. V. 107. P. 171-184.
4. Smethurst M. A., Khramov A. N., Pisarevsky, S. Palaeomagnetism of the Lower Ordovician Orthoceras Limestone, St. Petersburg, and a revised drift history for Baltica in the early Palaeozoic // Geophys. J. Int. 1998. V. 133. P. 44-56.
5. Hounslow M.W., S. Harris K. Wojcik J. Nawrocki K.T. Ratcliffe N.H., Woodcock N., Montgomery P. A geomagnetic polarity stratigraphy for the Middle and Upper Ordovician // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2021. V. 567(Supplemt III). 110225.
6. Лубнина Н.В., Зайцев А. В., Павлов В.Э. Новые данные по магнитостратиграфии раннего-среднего ордовика Ленинградской области // Вестник Московского университета, Серия 4: Геология. 2005б. № 2. С. 3-11.
7. Храмов А.Н., Иосифиди А.Г. Палеомагнетизм осадочных пород нижнего ордовика и кембрия в разрезе правого берега р. Нарва: к построению модели кинематики Балтики в раннем палеозое // Физика Земли. 2009. № 6, С. 3-19.

Докладчик: **Леонова Мария Андреевна**, студент, marie.leonova@yandex.ru

ГЕОДИНАМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПОДЗЕМНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ НА ОСНОВЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Лосев И.В.¹

¹*Геофизический центр РАН, Лаборатория геодинамики (4)*

Безопасное захоронение радиоактивных отходов — важная глобальная проблема. В разных странах разрабатываются проекты подземной изоляции отходов в различных породах (соли, граниты, глины и др.). Международный опыт показывает, что выбор площадок должен основываться на стабильности геологических районов и минимизации рисков дестабилизации. Для оценки геодинамической устойчивости горных массивов необходим системный подход, выявляющий причины неопределенностей и обеспечивающий надежные оценки, даже при ограниченной информации [1]. Системный анализ помогает установить взаимосвязь между геологическими процессами и состоянием среды, что актуализирует разработку методологии геодинамического районирования для оценки устойчивости массива горных пород на Енисейском участке [2].

Создан метод геодинамического районирования с использованием алгоритмов системного анализа, позволяющий оценивать устойчивость структурных блоков земной коры для захоронения высокоактивных отходов. Интегральный показатель геодинамической устойчивости Енисейского полигона, рассчитанный с помощью алгоритмов дискретного математического анализа, подтвердил геологическую безопасность строительной площадки подземной лаборатории для захоронения радиоактивных отходов [3].

Это имеет большое практическое значение для обеспечения геологически безопасного захоронения радиоактивных отходов [4].

Работа выполнена в рамках государственного задания №075-00443-24-01 Геофизического центра РАН, утвержденного Минобрнауки России.

Список литературы:

1. Гвишиани А.Д., Татаринов В.Н. Системная оценка факторов, определяющих устойчивость геологической среды при захоронении высокоактивных радиоактивных отходов // Вестник НЯЦ РК. 2019. Вып. 2 (78). С. 44-50
2. Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Лосев И.В., Татаринов В.Н. Методика оценки геодинамической опасности структурного блока, вмещающего объект подземной изоляции РАО // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 12. С. 5-18.
3. Agayan S.M., Losev I.V., Belov I.O., Tatarinov V.N., Manevich A.I., Pasishnichenko M.A. Dynamic Activity Index for Feature Engineering of Geodynamic Data for Safe Underground Isolation of High-Level Radioactive Waste. // Applied Sciences. 2022. V. 12. No. 4: 2010.
4. Татаринов В.Н., Морозов В.Н., Маневич А.И., Татаринова Т.А. Подземная исследовательская лаборатория: к программе геомеханических исследований // Радиоактивные отходы. 2019. №2(7). С. 101-118.

УСТАНОВЛЕНИЕ КИНЕМАТИКИ НОВЕЙШИХ РАЗРЫВОВ ПО
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
ГОРНОГО АЛТАЯ

Мануилова Е.А.¹

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

Формирование современного рельефа многие исследователи [1, 2] связывают с неогеном-антропогеном. При проведении структурно-геоморфологического анализа современного рельефа по методу Н.П. Костенко [3] установлен сводово-глыбовый стиль новейших дислокаций, который представляет собой сочетание поднятий и впадин разного ранга, осложненных разноранговыми новейшими разрывами и слабыми зонами. Эти структуры сформировались в обстановке субмеридионального сжатия, где направление оси горизонтального сжатия изменяется от север-северо-западного до север-северо-восточного.

Методика Н.П. Костенко позволяет выявить слабые зоны (зоны повешенной трещиноватости, дробления, разрывов) и новейшие разрывы. При изучении новейших разрывов в плане по коленообразному смещению речных долин и границ региональных и локальных структур возможно определить сдвиг (правый и левый) и измерить величину горизонтального смещения по нему. При изучении новейших разрывов в вертикальном сечении (интерпретация геоморфологических профилей) возможно выявить величину вертикального смещения по разрыву. Однако, установить направление падения поверхности сместителя, от которого зависит кинематика (сброс, взброс, надвиг) невозможно.

В связи с этим для выявления кинематики новейших разрывов был проведен геоморфологический анализ выявленных локальных поднятий, поведения гидросети и треугольных граней, формирующихся на склонах гор с учетом геологического строения. Этот анализ позволил выявить маркеры (типовые структуры), которые позволяют определить кинематику разрыва в близи поверхности по космическим и топографическим материалам.

Исследование выполнено в рамках Госзадания Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской академии наук.

Список литературы:

1. Добрецов Н.Л., Буслов М.М., Василевский А.Н., Ветров Е.В., Неведрова Н.Н. Эволюция кайнозойского рельефа юго-восточной части Горного Алтая и ее отображение в структурах геоэлектрического и гравитационного полей // Геология и геофизика. 2016. Т. 57, № 11. С.1937-1948.
2. Новиков И.С. Морфотектоника Алтая. Новосибирск: СО РАН, 2004. 313 с.
3. Костенко Н. П. Геоморфология. М.: Изд. МГУ. 1999. 379 с.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАМЧАТКИ С ОЧАГАМИ ТИПА НЕ ДВОЙНОГО ДИПОЛЯ

*Маршакова Е.А.^{1,2}*¹*ИФЗ РАН, Лаборатория комплексного изучения и мониторинга геодинамических процессов в Курило-Камчатской зоне субдукции (107)*²*МГУ имени М.В. Ломоносова, физический факультет*

Большинство моделей сейсмического очага основываются на предположении силовой модели двойного диполя источника. Однако, в случаях, когда в очаге присутствуют выраженные силы, отличные от двойного диполя (силы типа NDC), расчетные деформации могут не совпадать с реальными. Считается, что NDC землетрясения происходят, в частности, в геотермальных и вулканических районах, богатых флюидами. К подобным районам относится Курило-Камчатская островная дуга, являющаяся объектом активного исследования сейсмических процессов. В работе [1] авторы выявили связь степени не дудипольности события с уровнем напряжений в регионе, что позволяет предположить наличие пространственной закономерности распределения подобных событий в области Камчатки. Таким образом, целью работы было определение наиболее подходящего способа выделения NDC событий и оценка степени отклонения сил в их источнике от модели двойного диполя.

В работе произведен анализ землетрясений с магнитудой M_w более 5 в районе Курильской и Алеутской островной дуги по данным Гарвардского каталога центроид-моментов. Оценка выраженности не двойной дипольной выполнена с помощью расчета угла между направлением подвижки и нормалью к плоскости подвижки [2, 3], который предлагается учитывать в дальнейших расчетных моделях очага землетрясения.

В результате анализа выявлено, что отдельные события имеют угол между направлением подвижки и плоскостью подвижки более 45 градусов, а «двухсигмовое» отклонение этого угла от нуля градусов (при чисто дудипольном очаге) составило 36 градусов. NDC землетрясения с углом между плоскостью подвижки и направлением подвижки более 33° присутствуют во всей зоне субдукции вдоль Курило-Камчатской, Алеутской и Японской островной дуги. Большинство NDC событий сконцентрировано у поверхности, 59% NDC событий в исследуемом районе имеют компоненту дополнительного сжатия, среди глубокофокусных событий процент возрастает до 83%.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 23-17-00064.

Список литературы:

1. *Kuge, K., Kawakatsu, H.* Significance of non-double couple components of deep and intermediate-depth earthquakes: implications from moment tensor inversions of long-period seismic waves // *Phys. Earth Planet. Int.* 1993. V. 75(4). P. 243-266.
2. *Vavryčuk V., Petružálek, M., Lokajíček, T., Aminzadeh, A.* Bi-modular properties of sandstone inferred from seismic moment tensors of acoustic emissions // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences.* 2023. V. 171. P. 105576.
3. *Vavryčuk V.* Inversion for parameters of tensile earthquakes // *J. Geophys. Res. Solid Earth.* 2001. 106 (B8). P. 16339-16355.

Докладчик: **Маршакова Екатерина Андреевна**, студент, marshakova.ea20@physics.msu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РОБАСТНОГО ПОДХОДА К ПОВЕРХНОСТНО-СОГЛАСОВАННОЙ ДЕКОНВОЛЮЦИИ

Матвеев Н.М.^{1,2}

¹*МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра сейсмометрии и геоакустики*

²*ООО «ПетроТрейс»*

Для сохранения или восстановления истинного отношения амплитуд отраженных волн стандартом в обработке сейсмических наземных данных является поверхностно-согласованная деконволюция. В отличие от потрассных реализаций, она включает в себя уже несколько факторов влияния, таким образом, достигается более статистически стабильная оценка обратных операторов. Стандартные поверхностно-согласованные алгоритмы не учитывают случайное распределение шумов и помех, которые являются неизбежной составляющей для большинства реальных наборов и могут в значительной степени ухудшать качество аппроксимаций при спектральной декомпозиции. Одним из способов решения данной проблемы может стать применение робастных подходов.

Выделяются два основных направления повышения устойчивости работы процедуры или их комбинация:

1. *На этапе поверхностно-согласованной декомпозиции.* В этом случае система линейных уравнений для нахождения составляющих записи, включенных в поверхностно-согласованную модель сейсмической трассы, решается посредством робастных методов, например, итеративного медианного подхода по норме L1. Вычисленный таким образом результат будет обладать большей устойчивостью, по сравнению с методами, основанными на норме L2 [1].

2. *На этапе деконволюции (построение и применение обратных операторов).* Первым шагом – к данным применяются поверхностно-согласованные обратные операторы. Вторым шагом – обеспечивается непосредственно робастность алгоритма: рассчитываются невязки между входными спектрами и суперпозицией полученных в ходе декомпозиции аппроксимаций соответствующих компонент. Далее, по величине ошибок происходит классификация трасс на «сигнальные» и «шумные», после чего к «шумным» трассам применяются дополнительные операторы, приводящие их спектр к спектру «сигнальных» трасс [2].

В рамках эксперимента было рассмотрено три типа поверхностно-согласованной деконволюции: *упрощенный, стандартный, робастный*. Для тестирования различных алгоритмов были рассчитаны синтетические сейсмограммы в акустическом приближении с выбранным минимально-фазовым импульсом и заранее заданным количеством зашумленных трасс; также использовались реальные сейсмические данные 2D. В ходе работы, с одной стороны, показаны преимущества робастного подхода поверхностно-согласованной деконволюции, а с другой – более детально проанализировано действие стандартных методов.

Список литературы:

1. *Hutchinson D. and Link B. Surface Consistency: A Solution to the Problem of Deconvolving Noisy Seismic Data // SEG Technical Program Expanded Abstracts 1984.*
2. *Kirchheimer F., Ferber R. Robust surface consistent deconvolution with noise suppression // 71th Ann. Meetg. SEG, San Antonio 2001.*

Докладчик: **Матвеев Никита Михайлович**, аспирант, matveev_513@mail.ru

ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕООСАДКОВ ПЕТРОМАГНИТНЫМ МЕТОДОМ В
ЛЕССОВО-ПОЧВЕННЫХ СЕРИЯХ ТАДЖИКИСТАНА (НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА
ХОНАКО-II)

Мещерякова О.А.^{1,4,5}, Казанский А.Ю.², Сосин П.М.³, Курбанов Р.Н.^{4,5}

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

²*Геологический институт РАН,*

³*Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана*

⁴*Институт географии РАН,*

⁵*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Лессовые отложения Таджикистана являются ценным источником информации о палеоклимате Центральной Азии. В работе представлена оценка применимости наиболее успешных и известных моделей реконструкции палеоосадков петромагнитным методом [1, 2, 3] для верхней части разреза Хонако-II (район Ховалинг), охватывающего последние ~200 тысяч лет.

В работе использовался комплекс петромагнитных методов для реконструкции палеоосадков. Измерения частотной и температурной зависимостей магнитной восприимчивости проводились на приборе Carrbridge MFK1-FA. Кривые нормального намагничивания и гистерезисные свойства получены с помощью коэрцитивного спектрометра J-метр.

Для реконструкции палеоосадков лессово-почвенных серий района Ховалинг (Таджикистан) были протестированы существующие модели, основанные на частотной и температурной зависимости магнитной восприимчивости (например, [2]) и коэрцитивных характеристиках (например, [3]). Анализ показал, что существующие модели не обеспечивают достаточной точности количественных реконструкций для региона, отражая лишь качественные изменения в палеоосадках. Это связано с тем, что данные модели разрабатывались преимущественно для регионов Китая и Европы, не учитывая специфику Средней Азии. Полученные результаты указывают на необходимость разработки региональной модели, учитывающей уникальные особенности Таджикистана: геологическое строение, климатические условия, географическое положение. Такая модель позволит проводить более точные и достоверные реконструкции палеоосадков и климатических изменений прошлого.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 22-18-00649.

Список литературы:

1. *Maher B. A., Thompson R., Zhou L. P. Spatial and temporal reconstructions of changes in the Asian palaeomonsoon: a new mineral magnetic approach //Earth and Planetary Science Letters. – 1994. – Т. 125. – №. 1-4. – С. 461-471.*
2. *Han Jiamao L. H., Naiqin W., Zhengtang G. The magnetic susceptibility of modern soils in China and its use for paleoclimate reconstruction //Studia Geophysica et Geodaetica. – 1996. – Т. 40. – №. 3. – С. 262-275.*
3. *Hyland E. G. et al. A new paleoprecipitation proxy based on soil magnetic properties: Implications for expanding paleoclimate reconstructions //Bulletin. – 2015. – Т. 127. – №. 7-8. – С. 975-981.*

Докладчик: **Мещерякова Ольга Андреевна**, вед. инженер, oliya@ifz.ru

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЭФФЕКТА БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ДЛЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ

Молокова А.П.^{1,2}

¹*ИТПЗ РАН, Лаборатория теории прогноза землетрясений и георисков*

²*МГУ имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Кафедра физики Земли*

В 2015-2016 гг. сроком на 1 год было установлено 83 автономных сейсмических станции в районе Ключевской группы вулканов в рамках эксперимента KISS (Klychevskoy Investigation – Seismic Structure of an Extraordinary Volcanic System). В данной работе для анализа очаговых параметров землетрясений КГВ использовались данные, полученные с этих станций. Установка временных станций позволила применить новые методы для классификации наблюдающейся сейсмичности.

Традиционно вулканические землетрясения разделяют на два основных типа: высокочастотные (ВЧ) и длиннопериодные (ДП). Большинство ВЧ землетрясений вызваны сдвиговым разрушением или скольжением по разломам, происходящими под вулканами, ДП землетрясения — процессами, непосредственно происходящими в питающей магматической системе. Ранее удалось идентифицировать вулканические длиннопериодные и высокочастотные землетрясения, обладающие малыми магнитудами [1].

Для обоих типов событий была выполнена оценка сейсмических моментов с помощью спектрального метода по уровню низкочастотной площадки амплитудного спектра смещений объемных волн [2]. Для этого подбирались записи одного землетрясения, полученные с разных станций с оптимальным соотношением сигнал-шум, рассчитывались их быстрое преобразование Фурье (временное окно 30 с от первого вступления, рабочий диапазон частот – 0.5–15 Гц). Рассчитанный спектр приводился к условиям однородного упругого полупространства путем введения поправок за геометрическое расхождение и добротность, и оценивался уровень низкочастотной площадки спектра на нулевой частоте, после чего вычислялся сейсмический момент для индивидуальной записи.

При этом была обнаружена зависимость уровня спектра от азимута, которая связывается с проявлением эффекта ближней зоны, а именно, направленности сейсмического сигнала. Уникальная система наблюдений позволила локализовать сейсмические источники с высокой точностью, а также получить записи с ближней зоны, где можно ожидать проявление эффекта направленности. В данной работе представлены предварительные результаты данного исследования.

Список литературы:

1. *Молокова А.П.* Идентификация типов вулканических землетрясений под Ключевской группой вулканов на Камчатке // Бакалаврский диплом. МГУ, Москва. 2022 г. 55 с.
2. *Keilis-Borok V.I.* Investigation of the Mechanism of Earthquakes // Soviet Research in Geophysics (English translation). 1960. V. 4. № 29. 201 p.

2.5D ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДУЦИРОВАННЫХ МАГМАТИЗМОМ НАПРЯЖЕНИЙ АЛТАЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРУКТУР

Мягков Д.С.¹

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

В работе исследуется механизм генерации надлитостатических коровых напряжений при формировании магматических поясов. Нагружение среды происходит за счёт давления магматического расплава в процессе его продвижения при формировании интрузий и до его застывания. Давление расплава при этом контролируется давлением в очаге и может существенно превышать величину нормальных напряжений в среде, что приводит к существенной перестройки напряжённо-деформированного состояния коры при образовании крупнейших, в первую очередь – транскоровых систем интрузий. Степень нагружения контролируется также плотностью магмы, подробно тектонофизический анализ генерации рассматриваемых аномальных напряжений представлен в [1].

В данной работе представлена модель генерации напряжений юго-западной части Сибирского кратона и обрамляющих его структур (Алтае-Саяны, впадины западной Монголии). Методика моделирования разработана Уилкинсом для исследования упруго-пластических тел и усовершенствована Стефановым [2] для применения в геомеханике. В её рамках среда рассматривается как упрочняющееся упругопластическое тело, используется неассоциированный закон пластического течения, подробное описание представлено в работе [3].

В численной модели представлены магматические пояса девон-юрского возраста, формирование которых связано с действием Алтайской, Селенгинской и Южно-Монгольской вулканических дуг. В модели магматические пояса аппроксимируются единичными транскоровыми интрузиями, последовательная активация которых приводит к формированию аномальных напряжений, уровень которых (первые десятки КБар) сопоставим с общим уровнем напряжений коры внутриконтинентальных орогенов, что означает, что формирование транскоровых интрузий может являться основным механизмом генерации тектонических напряжений Центрально-Азиатского складчатого пояса и южной части Сибирского кратона. Расчёты выполнены для различных глубинных уровней, из полученных моделей собрана общая 2.5D модель напряжённого состояния коры для диапазона глубин 0-15 км.

Работа выполнена в рамках госзадания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Ребецкий Ю.Л., Стефанов Ю.П. О механизме взаимодействия сильных землетрясений и вулканизма в зонах субдукции // Вестник Камчатской региональной ассоциации "Учебно-научный центр". Серия: Науки о Земле. Т.: 4, №: 56. 2022. С. 41-58.
2. Стефанов Ю.П. Некоторые особенности численного моделирования поведения упруго-хрупкопластичных материалов // Физ. мезомех. 2005. Т. 8, № 3. С. 129–142.
3. Ребецкий Ю.Л., Погорелов В.В., Мягков Д.С., Ермаков В.А. О генезисе напряжений в коре островной дуги по результатам численного моделирования // Вестник КРАУНЦ. 2018. № 3. С. 54-73.

Докладчик: **Мягков Дмитрий Сергеевич**, с.н.с., к.ф.-м.н., dsm@ifz.ru

О ВОЗМОЖНОСТИ СОВМЕСТНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И ИХ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПО СКВАЖИННЫМ ДАННЫМ О ЕСТЕСТВЕННОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ

Новикова Е.В.^{1,2}, Дубиня Н.В.^{2,3}

¹*Институт динамики геосфер РАН*

²*Институт физики Земли РАН*

³*Московский физико-технический институт*

В работе представлены результаты реконструкции параметров напряженно-деформированного состояния и прочностных свойств горных пород на территории республики Татарстан.

Применяется один из методов оценки напряженного состояния горных пород, в основе которого заложен анализ естественной трещиноватости исследуемого горного массива [1, 2]. При таком подходе предполагается наличие связи между напряжениями, действующими на поверхностях естественных сдвиговых трещин, и их флюидопроводимостью, то есть считается применимой концепция «критически напряженных трещин» [3]. Формулируется следующая обратная задача: по известным данным о флюидопроводимости трещин оценить параметры напряженного состояния: три угла Эйлера, отвечающие за поворот главных осей тензора напряжений, коэффициент Лоде-Надаи, соотношение между максимальным и минимальным главными напряжениями, коэффициент трения.

Решение поставленной обратной задачи осуществляется двумя способами – методом прогонки и методом Монте-Карло. Шесть упомянутых параметров напряженного состояния варьируются двумя способами, проводится сравнение «истинной» классификации трещин по признаку флюидопроводимости (реальные данные) с множествами расчетных классификаций трещин по признаку критической напряженности. Производится статистический анализ выделенных подмножеств комбинаций шести параметров, для которых считается достаточно высокой мера соответствия двух классификаций – «истинной» и расчетной.

Полученные результаты позволяют с определенной степенью неоднозначности оценить значения и направления действия главных напряжений в массиве горных пород, что в дальнейшем может быть использовано для решения прикладных задач геомеханики месторождений с учетом погрешности определения напряженно-деформированного состояния и упруго-прочностных свойств пород-коллекторов.

Список литературы:

1. Ito T., Fujii R., Evans K.F., Hayashi K. Estimation of Stress Profile with Depth from Analysis of Temperature and Fracture Orientation Logs in a 3.6 km Deep Well at Soultz, France // Proceedings of SPE/ISRM Rock Mechanics Conference, Irving, 20 – 23 October 2002. 2002. SPE Conference Paper 78185-MS.
2. Dubinya N.V., Tikhotskiy S.A. Method for the inverse problem solution for reconstruction of stress-strain state of rock mass based on natural fractures data // Izvestiya, Physics of Solid Earth. 2022. V. 58. №4. P. 113-134.
3. Barton C.A., Zoback M.D., Moos D. Fluid flow along potentially active faults in crystalline rocks // Geology. 1995. V. 23. №8. P. 683-686.

Докладчик: **Новикова Елена Валерьевна**, м.н.с., helenvn97@gmail.com

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ УСТРАНЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ ПОМЕХИ ИЗ ФАЗОВОГО СИГНАЛА ПРИ РАСЧЁТЕ СМЕЩЕНИЙ ПО СПУТНИКОВЫМ РАДАРНЫМ СНИМКАМ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ КАМЧАТКИ

Османов Р.С.¹, Волкова М.С.¹, Михайлов В.О.¹

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

Применение спутниковой интерферометрии для изучения вулканических районов Камчатки очень сильно осложняется влиянием атмосферы (изменением содержания водяного пара) на интерферометрическую фазу, по которой рассчитываются смещения поверхности, что в дальнейшем приводит к ошибочной интерпретации данных.

В данной работе исследованы дополнительные способы учёта атмосферных фазовых задержек по погодным моделям. За эталонную модель принята модель GACOS [1, 2], но для условий Камчатки GACOS в ряде случаев имеет существенные недостатки, поэтому, по данным Камчатских метеостанций мы строим эмпирическую погодную модель, по которой рассчитываем задержки распространения сигнала, чтобы оценить вклад атмосферной помехи в деформационную компоненту. Также мы рассчитали задержки по данным ГНСС станций, которые используем для оценки точности полученных задержек по эмпирической модели и задержек по модели GACOS. Средние невязки с ГНСС составляют 2.4 и 0.7 см для эмпирической модели и для GACOS соответственно. Затем мы сравнили эффективность применения коррекции задержек двух разных моделей для новых данных о смещениях на район Ключевской группы вулканов, полученных по 24 снимкам спутника Сентинель-1А.

Результаты исследования показали, что в целом модели GACOS имеют более высокую точность, чем эмпирические модели. Для территории Камчатки устранение атмосферных помех с использованием только GACOS, положительный эффект достигается примерно в 60% случаев. В остальных случаях, напротив, есть результаты успешного применения эмпирической модели. Это суммарно повышает успех применения атмосферной коррекции до 78%, что говорит о том, насколько важно использовать комплексный подход применения различных методов.

Эффективность коррекции оценивалась по изменению дисперсии результирующего поля смещений и по корреляционной связи с топографией. Дополнительно применяется исследование трендов с помощью анализа вариограмм, устранение трендов позволяет значительно улучшить результат.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-17-00064.

Список литературы:

1. Yu C., Li Z., Penna N.T. Interferometric synthetic aperture radar atmospheric correction using a GPS-based iterative tropospheric decomposition model // Remote Sensing of Environment. 2017. V. 204. P. 109-121.
2. Yu C., Li Z., Penna N.T., Crippa P. Generic atmospheric correction model for interferometric synthetic aperture radar observations // J. Geophys. Res. Solid Earth. 2018. V. 123. P. 9202-9222.

Докладчик: **Османов Рустам Собирович**, аспирант, osmanovrustam135@gmail.com

НОВЫЕ УКАЗАНИЯ НА НИЗКУЮ НАПРЯЖЕННОСТЬ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В МЕЗОПРОТЕРОЗОЕ

Пасенко А.М.¹, Щербакова В.В.², Жидков Г.В.²

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

²*Геофизическая обсерватория “Борок” ИФЗ РАН*

Докембрий занимает около 88% времени эволюции планеты Земля. За это время, помимо прочего, сформировалось магнитное поле Земли, зарождение и последующая эволюция которого связаны с глубинными перестройками процессов в ядре и мантии. Генерация геомагнитного поля напрямую связано с процессами, протекающими в жидком ядре Земли [1]. Ожидается [2], что резкое изменение режима работы геодинамо может быть вызвано, например, дифференциацией ядра на жидкое внешнее и твёрдое внутреннее и сопровождаться увеличением напряженности геомагнитного поля. Таким образом, для независимой оценки времени дифференциации ядра, а также для оценки изменений теплопроводности внешнего ядра в геологическом прошлом можно попытаться использовать данные об изменениях палеонапряженности геомагнитного поля.

В 2024 году нами были проведены эксперименты по определению палеонапряженности на образцах долеритовых силлов Куонамской магматической провинции севера Сибирской платформы с возрастом ~1500 млн лет. В результате были получены предварительные оценки величины напряженности геомагнитного поля в мезопротерозое. Согласно новым данным величина геомагнитного поля 1500 млн лет назад составляла 4.5 – 5.1 мкТл (VDM составляет $1.2 - 1.3 \times 10^{22} \text{ Ам}^2$) что в 6 раз ниже современного значения VDM ($8 \times 10^{22} \text{ Ам}^2$). Эти данные указывают на аномально низкие значения величины геомагнитного поля в мезопротерозое и уверенно согласуются с определениями палеонапряженности (VDM составляет $1.1 \times 10^{22} \text{ Ам}^2$) для мезопротерозоя (~1380 млн лет), полученными для других интрузивных тел этого региона [3].

Лабораторные эксперименты проведены в рамках госзадания ГО «Борок» № FMWU-2022-0026. Интерпретация результатов экспериментов и подготовка доклада выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ №24-77-10026.

Список литературы:

1. Amit, H., Choblet, G. Mantle-driven geodynamo features – Effects of compositional and narrow D" anomalies // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 2012. V. 190-191. P. 34-43.
2. Stevenson, D.J., Spohn, T., Schubert, G. Magnetism and thermal evolution of the terrestrial planets // *Icarus*. 1983. V. 54. P. 466-489.
3. Щербакова В.В., Пасенко А.М., Жидков Г.В., Щербаков В.П., Афиногенова Н.А. Ультранизкая напряженность геомагнитного поля в мезопротерозое по результатам исследования интрузивных тел Уджинского авлакогена сибирской платформы возрастом 1380 млн лет // *Физика земли*. 2023. №5. С. 24-46.

ОЦЕНКА КОРНЕР-ЧАСТОТ ИСТОЧНИКОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ

Пащенко Р.А.^{1,2}

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

²*МГУ имени М.В. Ломоносова, кафедра физики Земли (физический факультет)*

В докладе представлены результаты исследования спектральных характеристик источников акустической эмиссии (АЭ) в образцах песчаника и гранита. Основная цель работы заключалась в определении корнер-частоты. Для анализа использовались сигналы первых вступлений Р-волны, что позволило избежать влияния множественных ревербераций и сосредоточиться на первичном отклике источника АЭ. Эксперименты проводились с использованием 16 пьезоэлектрических датчиков, а для обработки данных применялись методы интерполяции спектров и калибровки тракта регистрации сигнала [1, 2].

Результаты показали, что для большинства событий корнер-частоты не были обнаружены в диапазоне 100–1250 кГц. Тем не менее, для некоторых событий корнер-частоты составили в среднем 1080 кГц для песчаника и 975 кГц для гранита, что соответствует трещинам размером 0.5 мм и 1 мм соответственно. Эти данные указывают на необходимость дальнейших исследований, корректировки методики эксперимента, а также более точного учета геометрических факторов и затухания волн в породе [3, 4].

С более полными результатами исследования можно ознакомиться в статье Пащенко Р.А. "Спектральные характеристики источников акустической эмиссии в горных породах", опубликованной в журнале Ученые записки физического факультета Московского Университета № 3, 2024.

Список литературы:

1. *Brune J.N.* Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes // *J. Geophys. Res.* 1970. V. 75. P. 4997-5009.
2. *Julius O. Smith III.* Spectral Audio Signal Processing. W3K Publishing, 2011. ISBN 978-0-9745607-3-1.
3. *Aki K., Richards P.G.* Quantitative Seismology: Theory and Methods. San Francisco: W.H. Freeman, 1983. 932 p.
4. *Shanglin Liang, Tianyue Hu, Dong Cui, Pengcheng Ding* // *Journal of Geophysics and Engineering.* 2020. V. 17, N 6. 1005.

ОСОБЕННОСТИ АНОМАЛИЙ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПЕРЕД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ В КАЛИФОРНИИ

Петрушов А.А.^{1,2}

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

²*МГУ имени М.В. Ломоносова, физический факультет*

Аномалии сейсмического режима – характерные изменения распределения землетрясений в пространственно-временной области и их энергетического спектра. Для регистрации аномалий, предшествующих сильным землетрясениям, проводится расчет и анализ параметров сейсмичности, каждому из которых соответствует образ предвестника – определенное поведение значений во времени, сопровождающее различные процессы подготовки очага землетрясения.

Настоящая работа посвящена исследованию аномалий сейсмического режима, предшествующих 15 наиболее сильным землетрясениям в Калифорнии (с магнитудами $M > 6.5$) с 1984 по 2023 год. Для анализа выбраны два параметра: функция RTL (Region-Time-Length), чувствительная к стадиям затишья и форшоковой активации, и показатель энергетического спектра сейсмичности (параметр Гутенберга-Рихтера, или b-value), отражающий соотношение частот землетрясений различной магнитуды.

Длительности выявленных аномалий соответствуют типичным значениям для среднесрочных предвестников физического типа [1, 2]. Медианная продолжительность аномалий RTL и b-value в Калифорнии оказалась меньше, чем продолжительности таких аномалий в зоне субдукции на Камчатке [3]. В части сравнения продолжительностей аномалий RTL в Калифорнии, на Камчатке и в Японии, в работе [4] отмечены те же соотношения, но для меньшей статистики событий, чем в настоящей работе.

Для 12 из 15 землетрясений аномалии параметра RTL регистрируются раньше, чем аномалии b-value. Полученная очередность проявления аномалий отличается от обнаруженной авторами ранее при анализе сильных землетрясений в зонах субдукции и рифтовой зоне [3]. Приведены возможные причины такого различия.

Представлены результаты сопоставления значений наклона графика повторяемости с размером пространственного расчетного окна (а также его положения относительно системы разломов).

Список литературы:

1. *Соболев Г.А.* Физические основы прогноза землетрясений. М.: Наука. 1993. 314 с.
2. *Соболев Г.А.* Концепция предсказуемости землетрясений на основе динамики сейсмичности при триггерном воздействии. М.: ИФЗ РАН. 2011. 56 с.
3. *Смирнов В.Б., Петрушов А.А.* Стадийность проявления аномалий сейсмического режима перед землетрясениями Камчатки, Японии и Исландии // Физика Земли. 2023. № 5. С. 62-78.
4. *Соболев Г.А.* Применение алгоритма RTL для анализа стадий подготовки сильных землетрясений Калифорнии // Физика Земли. 2003. N 2. С.3-13.

Докладчик: **Петрушов Андрей Александрович**, инженер, аспирант,
petrushov.aa18@physics.msu.ru

СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ РС1 ПУЛЬСАЦИЙ ВО ВРЕМЯ
МАГНИТНОЙ БУРИ В МАРТЕ 2023 Г.

Позднякова Д.Д.^{1,2}

¹*ИФЗ РАН, Лаборатория физики околоземного пространства (402)*

²*МГУ, физический факультет, кафедра акустики*

Проанализированы волновые пакеты электромагнитных ионно-циклотронных колебаний диапазона РС1 (~1 Гц), зарегистрированных на восстановительной фазе магнитной бури 25 марта 2023 г. как на сети наземных станций на Дальнем Востоке, так и на низкоорбитальных спутниках SWARM, проходящих над станциями. Мы попытались проследить распространение РС1 волн через ионосферу и вдоль земной поверхности. В то время как на наземных станциях наблюдалось длительное (десятки минут) узкополосное излучение, на спутниках был зарегистрирован только короткий всплеск поперечных колебаний с длительностью ~10 с. Оценка когерентности сигналов между двумя близкими спутниками дает величину поперечного масштаба волнового пакета в ионосфере ~90 км. Большая длительность излучения на наземных станциях обусловлена волноводным распространением сигналов вдоль ионосферы, в результате чего станция «собирает» сигналы из большой магнитосферной области. На основании детального анализа данного события высказана гипотеза, что ионно-циклотронная неустойчивость развивается в виде локализованных и непродолжительных всплесков, но механизм такого режима остается невыясненным.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта №24-77-10012.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НАВЕДЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В ОБЛАСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ КОЙНА И ВАРНА

Половникова А.И.¹

¹*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Физический факультет, кафедра физики Земли*

Проблема возникновения землетрясений до сих пор содержит массу нерешенных задач: предсказать, где и когда случится то или иное разрушительное бедствие сложно. Тем не менее, исследователи выделяют причины землетрясений, в связи с которыми они делятся на несколько категорий. Одна из них – землетрясения, связанные с наведенной сейсмичностью [1]. В области водохранилищ Койна и Варна в Индии исследование таких событий особенно важно: в связи с изменением уровня воды в водохранилище землетрясения здесь довольно часты. Данная область уже рассматривалась ранее [2], при этом проводился поиск прогностических аномалий в районе водохранилищ Койна-Варна только для параметра RTL. В данной работе рассмотрены прогностические аномалии, описанные функцией b-value.

Одними из часто используемых статистических параметров являются функция RTL [3] и характеристика b-value [4, 5], которые количественно описывают состояние геофизической среды и в ряде случаев помогают спрогнозировать сейсмическую активность. Первый — параметр RTL [6], учитывающий распределение землетрясений во времени, пространстве и по энергиям. Второй — параметр Гутенберга-Рихтера (b-value) [5], определяет наклон распределения магнитуд землетрясений. Оба этих параметра основаны на модели лавинно-неустойчивого трещинообразования (ЛНТ) [7], которая качественно описывает стадии подготовки землетрясений. При помощи выявленных отклонений в построенных графиках зависимостей этих параметров от времени можно найти взаимосвязь между произошедшими землетрясениями и предшествующими им факторами.

Список литературы:

1. Смирнов В.Б., Пономарёв А.В. Физика переходных режимов сейсмичности. М.: РАН, 2020. 412 с.
2. Смирнов В.Б., Chadha R.K., Пономарев А.В., Srinagesh D. Прогностические аномалии наведенной сейсмичности в области водохранилищ Койна-Варна, Западная Индия // Физика Земли. 2013. № 2. С. 94-109.
3. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1993. 344 с.
4. Смирнов В.Б., Петрушов А.А. Стадийность проявления аномалий сейсмического режима перед землетрясениями Камчатки, Японии и Исландии // Физика Земли. 2023. № 5. С. 62-78.
5. Arora K., Chadha R.K., Srinu Y. et al. Lineament fabric from airborne LiDAR and its influence on triggered earthquakes in the Koyna-Warna region, Western India // Journal Geological Society of India. 2017. V. 90. P. 670-677.
6. Соболев Г.А., Тюпкин Ю.С., Смирнов В.Б., Завялов А.Д. Метод среднесрочного прогноза землетрясений // Доклады Академии Наук. 1996. Т. 347, № 3. С. 405.
7. Myachkin V.I., Sobolev G.A., Dolbilkina N.A. et al. The study of variations in geophysical fields near focal zones of Kamchatka // Tectonophysics. 1972. V. 14 (3). С. 287-293.

Докладчик: **Половникова Анастасия Ивановна**, студент, polovnikova.ai22@physics.msu.ru

ИСПЫТАНИЯ АВТОНОМНЫХ МОЛЕКУЛЯРНО-ЭЛЕКТРОННЫХ СЕЙСМОМЕТРОВ В СОСТАВЕ МАЛОАПЕРТУРНОЙ ГРУППЫ

Преснов Д.А.¹

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

В работе проанализированы сейсмические данные, полученные в рамках полевых испытаний девяти новых сейсмометров СМЕ-6111ND, построенных на базе молекулярно-электронного преобразователя [1]. Испытания выполнялись в течении двух дней в Московской области на территории комплекса геофизических наблюдений «Михнево», в состав которого входит Малоапертурная Сейсмическая Антенна (МСА), состоящая из 12 пунктов наблюдения. МСА регистрирует практически все землетрясения мира с магнитудой $M > 5,5$, а на территории Восточно-Европейской платформы — все события, начиная с $M = 1,5$ до расстояний порядка 400 км [2].

На основе сейсмических измерений продолжительностью более одних суток проанализированы амплитудо- и фазо- частотные характеристики приборов. Методом сверки с эталоном определены коэффициенты чувствительности отдельных сейсмометров. Изучается уровень собственных шумов приборов, а также фоновый уровень микросейсмических сигналов в районе установке МСА. Определяются погрешности локации сейсмических событий с использованием метода формирования диаграммы направленности малоапертурной антенны на основе автономных сейсмометров, синхронизованных по данным GPS. Исследуются возможности метода оценки сейсмической добротности земной коры [3] по сейсмологическим данным.

Работа выполнена в рамках госзадания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Собисевич А.Л., Преснов Д.А., Агафонов В.М., Собисевич Л.Е. Вмораживаемый автономный геогидроакустический буй нового поколения // Наука и технологические разработки. 2018. Т. 97. № 1. С. 25-34.
2. Санина И.А., Волосов С.Г., Черных О.А., Асминг В.Э., Солдатенков А.М., Ризниченко О.Ю. Синтез и опыт экспериментального применения двухмерной малоапертурной сейсмической антенны Михнево // Сейсмические приборы. 2008. Т. 44. № 1. С. 5-20.
3. Невский М.В., Чулков А.Б., Еременко О.А. Мониторинг сейсмической добротности земной коры на группах малой апертуры // Доклады РАН. 1996. Т. 351. № 6. С. 817-820.

ГЕНЕРАЦИЯ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ КОМПОНЕНТ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В МОДЕЛИ АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ

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

¹ГО “Борок” ИФЗ РАН, Лаборатория геофизического мониторинга

Электродинамика атмосферного пограничного слоя (АПС) определяется совместным действием глобальных генераторов, переносом излучения, метеорологическими процессами и турбулентностью, динамикой аэрозольных частиц и радиоактивных газов, выделяющихся из грунтовых пород и ионизирующих атмосферу вместе с космическими лучами, распределением объёмного заряда и электрической проводимости, а также типом и рельефом земной поверхности. Математическое и численное моделирование перечисленных процессов, основанное на современных мезомасштабных моделях динамики атмосферы и турбулентности, позволяет выполнять оценки неопределённости, связанные с каждым из факторов влияния, что облегчает интерпретацию результатов наблюдений [1,2].

Многомасштабное численное моделирование динамики атмосферного пограничного слоя выполнялось с использованием мезомасштабной модели краткосрочного прогноза погоды WRF (Weather Research and Forecasting) и вихреразрешающей модели PALM (Parallelized Large-eddy Simulation Model). PALM была расширена включением алгоритма метода генерации мелкомасштабных турбулентных флуктуаций [3]. Показан эффект влияния вынужденных флуктуаций температурного поля на статистику турбулентных пульсаций метеорологических переменных АПС.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 22-17-00053).

Список литературы:

1. *Anisimov, S.V., Galichenko, S.V., Aphinogenov, K.V., Prokhorchuk A.A.* Evaluation of the Atmospheric Boundary-Layer Electrical Variability // *Boundary-Layer Meteorol.* 2018. V. 167. P. 327–348.
2. *Anisimov, S.V., Galichenko, S.V., Prokhorchuk, A.A., Aphinogenov K.V., Klimanova E.V.* Measurements of the Atmospheric Electric Current Density by a Passive Horizontal Ring Antenna in the Surface Layer: Quasi-Stationary Approximation // *Radiophys Quantum El.* 2023. V. 65. P. 809–827.
3. *Senocak, I., DeLeon, R.* Turbulent Inflow Generation for Large-Eddy Simulation of Winds around Complex Terrain // *Atmosphere.* 2023. V. 14. P. 447.

РАСПОЗНАВАНИЕ МЕСТ ВОЗМОЖНОГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С М8.5+ В ТИХООКЕАНСКОМ ПОЯСЕ И ЯВАНСКОМ ЖЕЛОБЕ

Семка М.А.¹, Горшков А.И.¹

¹Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН

Тихоокеанский пояс является наиболее сейсмоактивной областью Земли, где происходит до 90 % всех фиксируемых на планете землетрясений. Цель работы – определить потенциальные места землетрясений с М8.5+ вдоль желобов Тихоокеанского пояса и Яванского желоба.

Впервые в Тихоокеанском поясе потенциальные места землетрясений с М8.2+ были определены в работах [1] с помощью методов распознавания образов. Для всего Тихоокеанского кольца зоны сильнейших землетрясений установлены в [2] с использованием машинного анализа, а в [3] с помощью линейной корреляции параметров зон субдукции с сейсмичностью. В этой работе распознавание мест землетрясений с М8.5+ в Тихоокеанском поясе и Яванском желобе проведено с использованием параметров, основанных на морфометрических и гравимагнитных данных, а также показателей геометрии зон субдукции.

Множество объектов распознавания составили 209 объектов, представленные кругами радиуса 300 км, центры которых расположены вдоль глубоководных желобов с шагом в 300 км. Значения параметров определены по базе данных «ГеомарАпп». Геометрические параметры зон субдукции определены на основе 209 вертикальных сейсмофокальных разрезов, построенных для каждого объекта распознавания.

Для распознавания возможных мест землетрясений с М8.5+ использован алгоритм распознавания с обучением Кора-3. Задача – разделить 209 объектов на класс **В**, где могут происходить землетрясения М8.5+, и класс **Н**, где события такой силы невозможны. Обучение класса **В** составили 24 объекта, где согласно каталогу NEIC известны события с М8.5+.

В результате из 209 объектов к классу **В** отнесено 76 объектов. Результат важен для оценок сейсмической и цунами опасностей в изученном регионе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант № 24-27-00246.

Список литературы:

1. Гвишиани А.Д., Зелевинский А.В., Кейлис-Борок В.И., Кособоков В.Г. Распознавание мест сильнейших землетрясений Тихоокеанского пояса (М>8.2) // В книге: Методы и алгоритмы интерпретации сейсмологических данных. 1981. Выпуск 13. С. 30-43.
2. Schäfer A.M., Wenzel F. Global Megathrust Earthquake Hazard—Maximum Magnitude Assessment Using Multi-Variate Machine Learning // Front. Earth Sci. 2019. V.7. 136.
3. Schellart W., Rawlinson N. Global correlations between maximum magnitudes of subduction zone interface thrust earthquakes and physical parameters of subduction zones // Phys. Earth. Planet. Inter. 2013. V. 225. P. 41-67.

ОБРАЗОВАНИЕ МАГМАТИЧЕСКОГО ОЧАГА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕДРЕНИЯ ДАЕК И ПЛАВЛЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ: ДВУМЕРНАЯ ТЕРМОКОМПОЗИЦИОННАЯ МОДЕЛЬ

Сорокин М.А.¹, Мельник О.Э.²

¹*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

²*Факультет наук о Земле, Оксфордский университет, Англия*

В докладе представлены результаты численного моделирования, основанного на двумерной термоупругой модели формирования магматического тела в земной коре путем внедрения риолитовых или базальтовых даек и силлов [1]. Аналитическое решение [2] использовано для расчета смещения горных пород в ответ на внедрение и извержение магмы. Количество кристаллов в магме и вмещающей породе определяется независимо функциями температуры. Считается, что извержение происходит, когда объем пространственно связанной магмы с количеством кристаллов не выше заданного превышает критическое значение.

Показано, что внедрение базальтовых даек в гранитную кору приводит к образованию сопоставимого по объему риолитового расплава за счет остаточного расплава и плавления вмещающих пород. Модель позволяет исследовать системы различных формаций с различной температурой и реологией внедряемых и вмещаемых пород. Объем эруптивного расплава сильно зависит от интенсивности поступления магмы в кору, ширины области внедрения и истории извержений.

Полученные математические и численные модели позволяют реконструировать неизвестные параметры формирования магматических систем. Например, были получены предварительные данные для вулкана Campi Flegrei (Италия). Изменение входных параметров модели позволяет с хорошей точностью воспроизвести историю крупных извержений и отследить историю развития магматической системы, включая геометрию магматических очагов и динамику формирования эруптивного расплава.

Алгоритм программы реализован на языке Julia, оптимизированном для использования графических ускорителей. Это позволило выполнять вычисления с чрезвычайно высоким пространственным и временным разрешением, отслеживая эволюцию отдельных порции закачиваемой магмы. Результирующий код работает как минимум в два раза быстрее чем его аналог на CUDA, разработанный в [1].

Список литературы:

1. *Melnik O.E., Utkin I.S., Bindeman I.N.* Magma chamber formation by dike accretion and crustal melting: 2D thermo-compositional model with emphasis on eruptions and implication for zircon records // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 2021. V. 126. e2021JB023008.
2. *Muskhelishvili N.I.* Basic equations of the plane theory of elasticity. In *Some basic problems of the mathematical theory of elasticity*. Springer. 1977. 763 p.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

Стрельников А.А.¹

¹ИФЗ РАН, Лаборатория палеосейсмологии и палеогеодинамики (304)

С помощью методов палео- и археосейсмологии [1] были изучены уникальные природно-археологические объекты на территории Республики Алтай и прилегающих территорий. Были выполнены исследования карьеров, обнажений и шурфов в северной предгорной зоне Алтая. Отдельное внимание было посвящено изучению археологических памятников Тюркского периода [2] на предмет деформаций в результате сейсмической активности прошлого. На вышеуказанных археологических памятниках выявлены и параметризованы [3] сейсмические деформации, относящиеся к сильным землетрясениям, произошедшим во второй половине голоцена. Полученные данные могут быть использованы для уточнения оценки сейсмической опасности Алтая его предгорных зон.

Работа выполнена при финансовой поддержке Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН в рамках государственного задания «Исследования режима сильных землетрясений и геодинамики Альпийско-Гималайского горного пояса и относительно стабильных территорий Восточно-Европейской платформы с Балтийским щитом на основе изучения палеосейсмичности и альпийской палеогеодинамики».

Список литературы:

1. Мак-Калпин Дж. Палеосейсмология. В 2-х томах. Пер. с англ. под ред. А. Л. Строма. - М.: Научный мир, 2011. Т. 1: 560 с. Т. 2: 400 С.
2. Памятники культур тюркского времени Большого Алтая. V-XI вв. н.э. [электронный ресурс] [<https://bolshoy-altay.asu.ru/museum/archaeological-sites/>] (дата обращения 15.09.2024 г.).
3. Wells D.L., Coppersmith K.J. New empirical relationship among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement // Bull. Seismol. Soc. Am. 1994.V. 84. № 4. P. 974-1002.

СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ДОННЫХ И ПЛАТФОРМЕННЫХ ИНКЛИНОМЕТРОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Фаттахов Е.А.¹

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

В результате сопоставительного анализа измерений, полученных на донных станциях и платформах на месторождении им. В. Филановского на северном Каспии, удалось показать, что если инклинометры установлены на платформе, то это геотехнический мониторинг, а если на морском дне, то это геодинамический мониторинг. Детальный пространственно-временной анализ показал, что спектры наклонов, полученных платформенными инклинометрами, принципиально не совпадают с данными донных датчиков. Оказалось, что платформенные инклинометры уверенно фиксируют экзогенные деформационные воздействия, а донные станции адекватно регистрируют изменения аномальных деформаций морского дна, индуцированные режимом разработки месторождения. Это подтверждается результатами геомеханического моделирования интенсивной закачки жидкости в пласт, которое привело к аномальным наклонам морского дна [1]. Оценки, проведенные с использованием модели пороупругого включения, показали соответствие расчетных и наблюдаемых параметров. Именно поэтому шельфовые месторождения, оборудованные только платформенными системами мониторинга деформационных процессов, не соответствуют нормативным требованиям Ростехнадзора, предъявляемым к системам геодинамического мониторинга, которые направлены на обеспечение рационального и безопасного недропользования [2, 3, 4, 5, 6].

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН.

Список литературы:

1. Кузьмин Ю.О., Кузьмин Д.К., Фаттахов Е.А. Сравнительный анализ результатов измерений донными и платформенными инклинометрами на месторождении северного Каспия // Геофизические процессы и биосфера. 2023. Т. 22. № 4. С. 55-66.
2. Кузьмин Ю.О. Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная малыми природно-техногенными воздействиями // Горный информационно - аналитический бюллетень (научно-технический журнал). М.: МГГУ. N 9. 2002. С. 48-55.
3. Кузьмин Ю.О., Фаттахов Е.А., Широков И.А. Анализ долговременной стабильности регистрации наклонов параллельными приборами, установленными на едином постаменте // Сейсмические приборы. 2020. Т. 56. № 4. С. 57-67.
4. Кузьмин Ю.О. Деформационные последствия разработки месторождений нефти и газа // Геофизические процессы и биосфера. 2021. Т. 20. № 4. С. 103-121.
5. 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.
6. Кузьмин Ю.О. Современные объемные деформации разломных зон // Физика Земли. 2022. № 4. С. 3-18.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В УСЛОВИЯХ СОЧЕТАНИЯ СУХОПУТНЫХ И АКВАТОРИАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ПОМОЩИ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ С ГИБРИДНОЙ ТЕЛЕМЕТРИЕЙ

Фомичёв С.В.¹, Тихоцкий С.А.², Головин С.В.¹

¹*Московский физико-технический институт (МФТИ);*

²*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук*

Современные тренды развития сейсморазведки – переход к бескабельным и автономным системам, а также создание комплексов для работы в транзитных зонах.

Освещаемый результат исследований – методика сбора сейсмических данных в реальном времени посредством адаптированной к различным условиям применения регистрирующей системы с гибридными (кабельными и беспроводными) каналами связи, многоуровневой системой синхронизации и специальным ПО. Методика определяет порядок сбора сейсмических данных на суше, на мелководных акваториях, при их сочетании на площади исследований и в иных сложных условиях.

Регистрирующие модули (РМ) в наземном или морском исполнении группированы в цепочки (приёмные линии), каждая из которых подчинена линейному ретранслятору (ЛР), связанному с Центральной станцией (ЦС). Каждый РМ имеет в своём составе блок сейсмических датчиков, контроллер, внутреннюю память, устройство приёма-передачи данных по кабельному или беспроводному каналу и аккумуляторные батареи.

Транзит собранных данных по цепочке РМ к ЛР осуществляется «каскадным» способом – каждый РМ принимает пакет данных от соседнего со стороны конца приёмной линии РМ, затем формирует свой пакет данных из полученного пакета и собственных данных и передаёт его соседнему РМ со стороны ЛР.

Гарантированный сбор, целостность и качество данных обеспечиваются:

1) комбинацией в одной приёмной линии кабельного и беспроводного соединения, наземных и морских РМ для проведения «бесшовной» съёмки на территории, пересечённой водными участками, или в транзитной зоне;

2) протоколом подтверждения успешности передачи данных на каждом участке цепи: при потере связи с соседями в цепочке РМ переходит в режим записи данных во внутреннюю память, по восстановлению связи передача возобновляется; при отсутствии связи до конца регистрации, данные из памяти РМ считываются на харвестере ЦС;

3) многоуровневой синхронизацией – от сигнала ГНСС (для беспроводных РМ), синхросигнала от ЦС по кабелям (РМ в кабельной косе) или от собственного термостабилизированного кварцевого генератора (ТКГ) (для автономных РМ и при отсутствии связи); для комбинированной схемы (беспроводное и кабельное соединение), синхросигнал на РН в косе подаётся от ближайшего на кабеле беспроводного РМ, синхронизированного от сигнала ГНСС.

Таким образом, методика комбинации согласованного наземного и морского регистрирующего оборудования, кабельных и беспроводных каналов связи обеспечивает гарантированный сбор качественных данных в режиме близком к реальному времени и адаптивность системы регистрации к различным условиям, что недоступно большинству современных регистрирующих систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках проекта по созданию высокотехнологичных производств, шифр 2021-218-14.

Докладчик: **Фомичев Сергей Владимирович**, аспирант, tdomk@mail.ru

АНАЛИЗ ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ВДОЛЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-
ТЕХНОЛОГИЙ

*Шевалдышева О.О.¹, Гвоздик С.А.^{1,2}, Костяной А.Г.^{1,3,4}, Лебедев С.А.¹, Красноперов
Р.И.¹, Николова Ю.И.¹*

¹*Геофизический центр Российской академии наук*

²*Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano-Bicocca*

³*Институт океанологии имени П.П. Ширшова Российской академии наук*

⁴*Московский университет имени С.Ю. Витте*

Арктическая зона Российской Федерации характеризуется интенсивным развитием горнодобывающей промышленности. Железнодорожный транспорт играет ключевую роль в перевозке этих ресурсов в различные регионы России для переработки и экспорта. Одним из факторов, угрожающих функционированию транспортной инфраструктуры Арктики, является ускоряющееся изменение климата, включая региональное потепление. Для системного анализа климатических процессов и оценки потенциальных рисков необходимо использование современных геоинформационных технологий. В работе представлены результаты анализа пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических параметров, влияющих на отдельные железнодорожные магистрали Арктического региона. Для этого был разработан новый геоинформационный метод, основанный на диаграммах Хофмюллера [1], который позволяет визуализировать изменения климатических параметров вдоль железнодорожных линий во временных интервалах (месяцы, годы). Это обеспечивает возможность детального анализа динамики климатических процессов вблизи железнодорожных станций и их воздействия на транспортную систему. В частности, метод позволяет проводить мониторинг изменений таких параметров, как температура воздуха, осадки и скорость ветра. Это критически важно для оценки устойчивости железнодорожного полотна, прогнозирования его деформаций и планирования эксплуатационных мероприятий, направленных на обеспечение стабильности транспортной инфраструктуры в условиях изменяющегося климата [2].

Список литературы:

1. *Hovmöller E. A. The Trough-and-Ridge Diagram // Tellus. 1949. V. 1. P. 62-66.*
2. *Gvishiani A. D., Rozenberg I. N., Soloviev A. A., Krasnoperov R. I., Shevaldysheva O. O., Kostianoy A. G., Lebedev S. A., Dubchak I. A., Sazonov N. V., Nikitina I. M., Gvozdik S. A., Sergeev V. N., Gvozdik G. A. Study of the Impact of Climatic Changes in 1980–2021 on Railway Infrastructure in the Central and Western Russian Arctic Based on Advanced Electronic Atlas of Hydrometeorological Parameters (Version 2, 2023) // Russian Journal of Earth Sciences. 2023. V.23. №5. P. 1-21.*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЕВОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ГНСС-ИЗМЕРЕНИЙ НА ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Шевчук Р.В.^{1,2}

¹*ИФЗ РАН, Лаборатория геоинформатики (501)*

²*ГЦ РАН, Лаборатория геодинамики (1.4)*

Изучение современных движений земной коры (СДЗК) с помощью применения глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) позволяет оценить и спрогнозировать геодинамическую опасность прилегающей территории согласно нормативным требованиям. Для этого на территории исследуемого участка создается локальный геодинамический полигон. Для регистрации современных движений земной коры работы на этом полигоне должны обеспечить субсантиметровую точность, что обеспечивается постоянным соблюдением технологии работ.

В работе представлена методика полевого контроля точности ГНСС-аппаратуры, разработанная для регистрации субсантиметровых движений земной поверхности в районах с умеренной тектонической активностью. Проведен анализ факторов, влияющих на точность ГНСС-измерений, и описаны теоретические аспекты разработки данной методики. Проверка измерительной аппаратуры была осуществлена в рамках полевых экспериментов на геодинамическом полигоне Нижне-Канского массива (Красноярский край). Эксперименты выполнялись с использованием двухсистемной ГНСС-аппаратуры геодезического класса (5–6 комплектов ГНСС-приемников). Результаты показали, что предложенная методика полевого контроля позволяет выявлять несоответствия номинальных параметров используемых средств измерений, таких как высота фазового центра антенн. Выявлено, что фактическая высота фазового центра антенн моделей Grant_G3T и MarAnt+ отличается от заявленных производителем данных. Точность контроля характеристик в плане составляет 1.3–2.5 мм, по высоте — 2.5 мм. Эти результаты демонстрируют эффективность предложенной методики для полевого контроля точности ГНСС-аппаратуры.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, утвержденного Минобрнауки России.

Список литературы:

1. *Кафтан В. И., Татаринов В. Н., Маневич А. И., Прусаков А. Н., Кафтан А. В.* Оценка точности ГНСС-наблюдений на эталонном базисе как средство проверки измерительной аппаратуры локального геодинамического мониторинга // *Геодезия и картография*. 2020. Т. 81. № 7. С. 37-46. DOI:10.22389/0016-7126-2020-961-7-37-46.
2. *Kaftan V.I., Tatarinov V.N., Shevchuk R.V., Manevich A.I., Kaftan A.V.* Experimental study of the field methodology for assessing the accuracy of GNSS measurements // *Geodezia i Kartografia*. 2023. №84(10). P. 12-21. DOI: 10.22389/0016-7126-2023-1000-10-12-21.

ВЛИЯНИЕ ПОМЕХ ОТ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ Ж/Д НА ДАННЫЕ МТЗ НА СЕВЕРЕ МАССИВА СМОЛЕНСК

Ширяев М.И.^{1,2}, Варенцов И.М.¹, Куликов В.А.², Ионичева А.П.¹

¹*Центр геоэлектромагнитных исследований ИФЗ РАН*

²*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Летом 2024 г. объединенным отрядом Центра геоэлектромагнитных исследований Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ЦГЭМИ ИФЗ РАН) и Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова магнитотеллурические и магнитовариационные (МТ/МВ) зондирования проекта SMOLENSK [1] были продолжены на север и запад. Были выполнены измерения на профилях Гдов – Торжок (GT), Сланцы – Псков (SP) и на нескольких более коротких рассечках в окрестности оз. Ильмень. Полученные данные значительно расширяют массив зондирований SMOLENSK [1-4] и несут новые знания о глубинной геоэлектрической структуре Фенноскандии [5].

К северу от области исследований проходит несколько электрифицированных (на постоянном токе) железных дорог, создающих сильные электромагнитные помехи, ограничивающие возможности проведения МТ/МВ зондирований. Наибольшие искажения связаны с Октябрьской ж/д.

В работе рассмотрены способы борьбы с помехами при проведении зондирований, обсуждается граф помехоподавляющей обработки данных и представлен анализ качества результатов обработки в зависимости от удаления от ж/д и уровня геомагнитной активности.

Список литературы:

1. *Варенцов И.М., Иванов П.В., Ионичева А.П. и др.* Массив МТ зондирований SMOLENSK: изучение глубинной структуры области тройного сочленения крупнейших сегментов Восточно-Европейской платформы // Геофизика. 2021. № 1. С. 46-56.
2. *Куликов В.А., Варенцов И.М., Иванов П.В. и др.* Результаты глубинных МТ по профилю Пушкинские Горы – Андреаполь // Вестн. Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 2024. № 2. С. 136-144.
3. *Куликов В.А., Варенцов Ив М., Иванов П.В. и др.* Результаты глубинных МТ исследований в районе Слободского геодинамического узла (Восточно-Европейская платформа) // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле, 2023. Т. 60. № 4. С. 5-21.
4. *Куликов В.А., Ионичева А.П., Лубнина Н.В. и др.* Новые МТ данные для зоны сочленения Фенноскандии и Сарматии // Вестн. Моск. ун-та. Серия 4: Геология. 2021. № 2. С. 3-11.
5. *Колодяжный С.Ю.* Долгоживущие структурные ансамбли Восточно-Европейской платформы. Статья 1. Тектоника фундамента // Известия ВУЗОВ. Серия: Геология и разведка. 2018. № 2. С. 5–13.

СПИРАЛЬНАЯ СХЕМА АФС КАК АЛЬТЕРНАТИВА КЛАССИЧЕСКИМ МАРШРУТНЫМ ТРАЕКТОРИЯМ

Щербаков В.М.^{1,2}, Холодков К.И.¹, Скрыпичина Т.Н.²

¹*ИФЗ РАН, Лаборатория геоинформатики (501)*

²*Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)*

Аэрофотосъёмка традиционно выполняется параллельными галсами, которые имеют перекрытие между снимками, как внутри маршрута, так и между ними. Это необходимо для измерения стереоскопических моделей и получения трехмерных координат. Соответственно, требования по топографической аэросъемке предусматривают ограничения углов съёмки, чтобы минимизировать перспективные искажения, которые ухудшают стереонаблюдение и снижают точность измерений [1]. В современной цифровой фотограмметрии значительно изменились методические и математические подходы к обработке снимков. Фототриангуляция и построение цифровых моделей местности и/рельефа в подавляющем большинстве случаев происходят без стереонаблюдения. Алгоритмы автоматического поиска соответственных точек на стереопаре снимков, такие как SIFT, SURF, AKAZE, инвариантны к углам съёмки и изменениям масштаба [1]. А уравнивание по методу связей не зависит от последовательности измерения снимков. Важным условием для их успешной фотограмметрической обработки снимков остаётся лишь величина и количество перекрытий между снимками. Вместе с этим, использование маневренных беспилотных авиационных систем (БАС) коптерного типа делает возможным применение новых стратегий съёмки, в том числе и спиральных маршрутов [2].

Спиральная съёмка позволяет завершить маршрут в исходной точке без необходимости возвращения, что приводит к снижению затрат времени и ресурсов на обратный путь, таких как заряд аккумулятора. Для подтверждения гипотезы о том, что спиральная траектория аэрофотосъёмки при прочих равных условиях обеспечивает сопоставимую точность и эффективность с традиционными маршрутными схемами, была проведена симуляция полётов БАС в программной среде Blender. В рамках исследования было выполнено моделирование полётов над виртуальной территорией, включающей трёхмерную модель разрушенного замка, расположенного на обрыве с выраженными изменениями рельефа. Полёты проводились как на фиксированной высоте, так и с огибанием рельефа местности. Экономия по расстоянию составила 7 - 10%, что может иметь важное значение при ограниченных ресурсах, когда необходимо охватить один участок без разбивки его на несколько полётов. Таким образом, спиральная аэрофотосъёмка с использованием БАС может рассматриваться как эффективная альтернатива классическим маршрутам, особенно в условиях, где традиционные методы менее удобны или менее эффективны.

Список литературы:

1. *Чибуничев А. Г.* Фотограмметрия: Учебник для вузов // А. Г. Чибуничев. – Москва: Московский государственный университет геодезии и картографии, 2022. 328 с.
2. *Cabreira T.M., Brisolara L.B., Ferreira Jr. P.R.* Survey on Coverage Path Planning with Unmanned Aerial Vehicles // Drones. 2019. V. 3 No. 4. P. 1-38.

Докладчик: **Щербаков Валерий Максимович**, преподаватель, valera666883@mail.ru

Научное издание

Научная конференция молодых ученых и аспирантов
ИФЗ РАН, 6-7 ноября 2024 г.

Тезисы докладов и программа Конференции

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

Редакторы: Е.П. Кулакова, В.М. Дуданова

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

Москва, 2024