

V ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

«ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ»

27–31 мая 2024 г.
г. Южно-Сахалинск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

V NATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
WITH FOREIGN PARTICIPANTS

«GEODYNAMICAL PROCESSES AND NATURAL HAZARDS»

May 27-31, 2024
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

ABSTRACTS



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

V ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ

27–31 мая 2024 г.

г. Южно-Сахалинск, Россия



Институт морской геологии и
геофизики ДВО РАН



МИП Питомник растений
«Магнолия Парк»



Сахалинский филиал
Федерального исследовательского
центра Единой геофизической
службы РАН



Сахалинский
государственный университет

V NATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

GEODYNAMICAL PROCESSES AND NATURAL HAZARDS

May 27–31, 2024
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

ABSTRACTS



Yuzhno-Sakhalinsk
2024

**V ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ

27–31 мая 2024 г.
г. Южно-Сахалинск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



Южно-Сахалинск
2024

УДК 551.2+551.3+550.3+574

<https://doi.org/10.30730/978-5-6044483-5-9.2024-8>

Г 354

Геодинамические процессы и природные катастрофы: тезисы докладов V Всероссийской научной конференции с международным участием, г. Южно-Сахалинск, 27–31 мая 2024 г. [Электронный ресурс] / отв. ред. Л.М. Богомолов. – Южно-Сахалинск: Ин-т морской геологии и геофизики ДВО РАН, 2024. – 8.4 Мб : 160 с. – Режим доступа: <http://books.imgg.ru/atlasfull/proc5.pdf>, свободный

ISBN 978-5-6044483-5-9; DOI: 10.30730/978-5-6044483-5-9.2024-8; EDN: KNGNPC

Сборник представляет тезисы докладов международной конференции, посвященной актуальным вопросам изучения природных катастроф, методов оценки их опасности и риска, а также применения современных технологий геофизического мониторинга в сейсмоактивных и цунамиопасных регионах. В сборник включены тезисы докладов по следующим направлениям: исследования Земли — ответ на вызовы природно-техногенных катастроф на территории Дальнего Востока и Восточной Сибири; динамика моря, вопросы изменения климата; живые системы и геологическая среда. В работе конференции приняли участие 130 ученых, из них 80 специалистов высшей квалификации из ведущих научных организаций и высших учебных заведений России, Казахстана, Азербайджана и Китая, представившие более 150 докладов. Ученые, специалисты, аспиранты и студенты обсудили последние достижения в области геологии, экологии, океанографии и смежных дисциплин. Эти материалы представляют значительный интерес для широкого круга специалистов, включая сейсмологов, геофизиков, вулканологов, географов, океанографов, биологов и экологов, а также для всех, кто занимается изучением и минимизацией последствий природных и техногенных катастроф.

Тезисы докладов публикуются в авторской редакции.

Ключевые слова: *природные катастрофы, геодинамика, вулканизм, землетрясения, цунами, штормовые нагоны, сели, лавины, размывы берегов, геоэкология, экологические последствия*

Ответственный редактор: д-р физ.-мат. наук Л.М. Богомолов

Издается по решению Ученого совета Института морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения Российской академии наук.

© ИМГиГ ДВО РАН, 2024

UDC 551.2+551.3+550.3+574

<https://doi.org/10.30730/978-5-6044483-5-9.2024-8>

Geodynamical processes and natural hazards: abstracts of the V National scientific conference, Yuzhno-Sakhalinsk, 27–31 of May 2024 [Electronic source] / resp. ed. L.M. Bogomolov. – Yuzhno-Sakhalinsk: Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, 2024. – 8.4 Mb : 160 p. – Available: <http://books.imgg.ru/atlasfull/proc5.pdf>, open access

ISBN 978-5-6044483-5-9; DOI: 10.30730/978-5-6044483-5-9.2024-8; EDN: KNGNPC

The collection of abstracts presents findings from an international conference dedicated to the pressing issues of studying natural disasters, assessing their hazards and risks, and applying modern geophysical monitoring technologies in seismically active and tsunami-prone regions. The collection includes abstracts on topics such as Earth research in response to natural and man-made disasters in the Far East and Eastern Siberia, ocean dynamics, climate change issues, living systems, and the geological environment. The conference featured contributions from 130 scientists, including 80 highly qualified specialists from leading research institutions and universities in Russia, Kazakhstan, Azerbaijan, and China, who presented over 150 papers. Researchers, experts, postgraduates, and students discussed recent advancements in geology, ecology, oceanography, and related disciplines. These proceedings are of significant interest to a wide range of professionals including seismologists, geophysicists, volcanologists, geographers, oceanographers, biologists, ecologists, and anyone involved in studying and mitigating the effects of natural and man-made disasters. The abstracts are published in the authors' edited version..

The abstracts are published in the authors' edited version.

Keywords: *natural hazards, geodynamics, volcanism, earthquakes, tsunamis, storm surges, mudflows, avalanches, coastal washouts, geo-ecology, ecological consequences*

Responsible editor: Doctor of Physics and Mathematics L.M. Bogomolov

Published by the decision of the Scientific Council of the Institute of Marine Geology and Geophysics
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

ISBN 978-5-6044483-5-9



9 785604 448359



© IMGG FEB RAS, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ I

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ – ОТВЕТ НА ВЫЗОВЫ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ НА ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Абрамова Т.Т. Защита территории от сейсмического воздействия	13
Абрамова Т.Т. Способы, исключающие вредное воздействие вибраций от различных источников	14
Барыкина О.С., Зеркаль О.В., Гвоздева И.П. Роль разрывных нарушений в формировании инженерно-геологических условий территории	15
Богомолов Л.М., Наймарк О.Б. О поглощении поперечных волн в реологической модели Максвелла и условиях динамического триггера деформационных процессов в геоматериалах и геосредах	16
Богомолов Л.М., Сычев В.Н., Сычева Н.А. О распределениях во времени снятия напряжений в очагах умеренных и слабых землетрясений	17
Булгаков Р.Ф. Гидроизостазия в Дальневосточных морях России и ее влияние на современный уровень морей и геодинамическую обстановку	18
Бушенкова Н.А., Ступина Т.А. Особенности границ Охотоморской плиты в районе Японских островов и Камчатки	19
Василенко Н.Ф. Вековые вертикальные движения земной поверхности юга о. Сахалин по данным GNSS наблюдений	20
Василенко Н.Ф. Триггерные эффекты Невельского землетрясения 2.08.2007 г. $M_w = 6.2$	21
Верхотуров А.А. Новые сведения о стратиграфическом положении очага Южно-Сахалинского грязевого вулкана	22
Верхотуров А.А., Мелкий В.А., Долгополов Д.В. Мониторинг трубопроводных систем для оценки антропогенного воздействия на природную среду	23
Веселов О.В. Геотермические исследования СахКНИИ на Восточно-Индийском хребте	24
Веселов О.В., Казаков А.И. Сейсмолого-геотермический мониторинг вулкана в период его активизации (на примере вулкана Иван Грозный, о. Итуруп)	25
Воронин П.О., Кирюхин А.В. Термогидродинамическое моделирование Кеткинской гидротермальной системы (Камчатка)	26
Гаврилов В.А., Полтавцева Е.В., Бусс Ю.Ю., Соломатин А.В., Морозова Ю.В., Рябинин Г.В. Консолидационная модель как базовая модель подготовки сильных камчатских землетрясений	27

Гаврилов В.А., Бусс Ю.Ю., Полтавцева Е.В., Соломатин А.В., Морозова Ю.В.	
Комплексный геофизический мониторинг процессов подготовки сильных камчатских землетрясений: опыт привлечения данных сейсмических наблюдений	28
Гаврилов В.А., Морозова Ю.В., Полтавцева Е.В., Бусс Ю.Ю., Дещеревский А.В., Федористов О.В., Власов Ю.А., Сагарьяров И.А., Лавров В.С.	
Сеть комплексных скважинных измерений – основа системы геофизического мониторинга процессов подготовки сильных камчатских землетрясений	29
Глухов В.Е., Дроздин Д.В., Макаров Е.О.	
Исследование амплитудно-частотных характеристик станций наклономерных наблюдений на Камчатке.....	30
Гоев А.Г., Резниченко Р.А., Костылев Д.В.	
Новые данные о строении зоны фазовых переходов верхней мантии в районе о.Сахалин на основе анализа обменных волн	31
Гончарук И.С., Кислов Е.В., Вантеев В.В., Посохов В.Ф.	
Изотопный состав кислорода нефрита Воймаканского и Нижне-Олюминского месторождений	32
Гуляков С.А.	
Испытание системы регистрации теллурических потенциалов «ИМПУЛЬС» на влияние электрических полей техногенных и природных процессов	33
Дегтерев А.В., Чибисова М.В.	
Комплексные вулканологические исследования на Курильских островах в XXI в. под руководством А.В. Рыбина	34
Дегтярев В.А., Каменев П.А.	
О кинематике разрывных нарушений Сахалина на основе геологических и сейсмологических данных	35
Добрынина А.А., Саньков А.В., Саньков В.А.	
Изучение опасных геологических процессов на основе данных комплексного мониторинга в Байкальской рифтовой системе	36
Дудченко И.П.	
Новое поколение средств динамических измерений в исследовании электротеллурического поля	37
Ершов В.В.	
Возможность отклика грязевых вулканов на землетрясения при больших эпицентральных расстояниях (> 200 км)	38
Ершов В.В.	
Специфика геохимических исследований твердых выбросов грязевых вулканов	39
Жарков Р.В.	
Температурный режим Дагинских термальных источников (о. Сахалин) в 2022-2024 гг.	40
Закупин А.С.	
Активность Апреловского разлома в ближней зоне города Южно-Сахалинск по актуальным данным сейсмологических и электротеллурических наблюдений	41
Закупин А.С., Сычева Н.А.	
Ретроспективный прогноз землетрясения в Турции (06.02.2023, MW=7.7) методом LURR в комплексе с анализом динамики напряженного состояния очаговой области.....	42
Заболотин А.Е.	
Моделирование напряженно-деформированного состояния геосреды в результате техногенного воздействия на примере Анивских газовых месторождений о. Сахалин	43
Иванова В.В., Слинченков В.И., Карташев А.О.	
Особенности распределения углеводородных газов в донных отложениях и воде прибрежно-шельфовой зоны о.Сахалин: результаты четырехлетнего цикла мониторинга.....	44
Казаков А.И.	
Современные подходы в исследовании вариаций электротеллурического поля в сейсмически активных зонах	45

Кишкина А.К., Шестаков Н.В., Нечаев Г.В. Предрасчёт косейсмических смещений с целью поддержания целостности и точности координатной основы Российской Федерации.....	46
Ковачев С.А., Миронюк С. Г. Результаты уточнения исходной сейсмичности и сейсмического микрорайонирования участка центральной части Амурского залива.....	47
Козелков А.С., Курулин В.В., Тятюшкина Е.С., Богомолов Л.М., Смазнов В.В. Последствия воздействия оползневых цунами на береговую инфраструктуру	48
Козлов Д.Н. Вулканогенные озера Курильских островов: данные о морфологии за 2005-2024 гг.	49
Козлов Д.Н., Жарков Р.В. Морфология озера Кипящее (о. Кунашир, влк. Головнина) в 2023 году	50
Костылев Д.В., Костылева Н.В. Инженерно-сейсмометрические станции для оценки сейсмических воздействий на строительные объекты на Курильских островах	51
Костылева Н.В., Костылев Д.В. Интеграция станций полевых наблюдений юга о. Сахалин в единую систему сбора сейсмологических данных в Сахалинском филиале ФИЦ ЕГС РАН и первые результаты обработки	52
Крылов П.С., Нургалеев Д.К., Ясонов П.Г. Сейсмоакустические исследования структуры залегания донных отложений небольших акваторий на примере озер Ши́ра и Белё (Республика Хакасия)	53
Кузина Д.М., Юсупова А.Р., Антоненко В.В., Нургалеев Д.К., Ли Х. Изменение условий осадконакопления в оз. Ши́ра (Хакассия) за последние 1100 лет	54
Леоненков Р.В., Шабрамова Л.С. Практическое применение базы данных предметных и спектральных характеристик на территории Сахалинской области.....	55
Луцюк И.Н. Перспективы применения наночастиц диоксида кремния в качестве агента к закачиваемой в пласт жидкости на шельфовых месторождениях острова Сахалин	56
Макаревич Р.А. Содержание тяжелых металлов в измельченных частицах доломитового щебня для благоустройства поселков в Хабаровском крае	57
Макаров Е.О., Акбашев Р.Р. Оперативные предвестники землетрясений Камчатки в радоне и электрическом поле атмосферы.....	58
Меркулова Т.В., Гильманова Г.З. Структурный контроль сейсмической активности в зоне сочленения Буреинского массива и Среднеамурского осадочного бассейна.....	59
Миронов И.К., Магуськин К.М., Магуськин В.М. Современные движения земной коры на вершине Авачинского вулкана по данным ГНСС в 2020-2023 гг.	60
Нагорный К.А., Лялюшко Е.А., Нечаев Г.В., Шестаков Н.В. Движение земной коры островов архипелага Императрицы Евгении по данным периодических ГНСС-наблюдений	61
Немченко Т.Н. Нефти крупных и уникальных месторождений о-ва Сахалин	62
Никитенко О.А. Гидрогеохимический мониторинг Южно-Сахалинского грязевого вулкана: результаты, перспективы, методические основы.....	63
Павлова В.Ю., Акбашев Р.Р. Уточнение грунтовых условий и геологического строения территории города Петропавловск-Камчатский с помощью метода георадиолокации	64

Пантелеев И.А., Lyakhovsky V., Shalev E. Оценка ориентации трещиноватости в районе разломной зоны по вариациям порового давления в скважине на прохождение телесейсмических волн	65
Пилясова А.Ю., Павлова В.Ю., Делемень И.Ф. Геологическое строение сопки Никольской (город Петропавловск-Камчатский)	66
Пилясов П.И., Пилясова А.Ю., Павлова В.Ю., Делемень И.Ф. Геологическое строение прибрежной зоны Култучного озера (город Петропавловск-Камчатский)	67
Платонова С.Г., Скрипко В.В. Надвиговая зона и ее морфологическая выраженность на границе гор Алтая и Западно-Сибирской равнины.....	68
Полец А.Ю. Парамуширское землетрясение 25.03.2020 г.	69
Полтавцева Е.В., Гаврилов В.А., Сагарьяров И.А. Мониторинг пространственно-временных изменений полного электронного содержания ионосферы как часть комплексного геофизического мониторинга процессов подготовки сильных камчатских землетрясений	70
Пономарева Н.И., Бочаров В.Н., Власенко Н.С., Янсон С.Ю. Минералогические особенности пород о. Жохова (арх. Новосибирские о-ва, Россия).....	71
Пономарева Н.И., Власенко Н.С., Бочаров В.Н., Янсон С.Ю., Соловьева А.Д. О включениях высокохромистого граната в энстатите из шпинелевых лерцолитов о. Жохова (арх. Новосибирские о-ва, Россия)	72
Потурай В.А. Органическое вещество в термальных водах и проблемы его анализа	73
Предеин П.А., Тубанов Ц.А., Добрынина А.А., Чечельницкий В.В. Параметры среды и очагов землетрясений центральной части Байкальского рифта методом инверсии обгибающей коды.....	74
Прытков А.С. Конечно-элементная модель очага землетрясения на основе геодезических данных	75
Прытков А.С., Василенко Н.Ф., Фролов Д.И. Современная геодинамика центральной части о. Сахалин по данным GNSS наблюдений.....	76
Родкин М.В., Андреева М.Ю. Уточнение типовых предвестниковых аномалий и их проявленность в очагах отдельных сильных землетрясений, Камчатка- Северные Курилы.....	77
Романюк Ф.А., Брагин И.В. Новые данные о современной активности вулканов Берутарубе и Тебенькова (о. Итуруп, Курильские острова).....	78
Рыбальченко С.В. Геоморфологический анализ для оценки трассировки магистральных инженерных сетей.....	79
Салихов Н.М., Пак Г.Д., Нуракинов С.М. Предвестниковые аномалии в комплексных геофизических исследованиях вблизи и на удалении от эпицентров землетрясений	80
Салихов Н.М., Щепетов А.Л., Пак Г.Д., Нуракинов С.М., Жуков В.В. Экспериментальный комплекс для исследования сейсмогенных возмущений в системе литосфера-атмосфера-ионосфера в регионе Северного Тянь-Шаня.....	81
Саньков В.А., Лухнев А.В., Мирошниченко А.И., Ашурков С.В., Саньков А.В., Бызов Л.М., Ефимов Е.Ю. Применение ГНСС измерений для исследования современной геодинамики Байкальской рифтовой системы и прилегающих структур	82
Сафонов Д.А. Унификация энергетических характеристик землетрясений Курило-Охотского региона и их связь с магнитудами соседних регионов	83

Севастьянов В.С., Федулова В.Ю., Мороз А.Е., Краснова Е.А., Душенко Н.В., Воронаев С.А., Долгоносев А.А.	
Происхождение и распределение газов в верхней части осадочного разреза в области субмеридиональной депрессии в юго-западной части Карского моря	84
Серафимова Ю.К.	
Развитие методики и реализация долгосрочного прогноза сильных землетрясений по методу фазовых траекторий.....	85
Стовбун Н.С.	
Первые результаты измерения электротеллурического поля на территории	86
Тен А.С., Сорокин А.А., Шестаков Н.В.	
Разработка и исследование алгоритмов поиска ионосферных ковулканических возмущений	87
Устюгов Г.В.	
Возможное воздействие Луны и Солнца на деятельность грязевых вулканов Земли	88
Чибисова М.В., Дегтерев А.В., Романюк Ф.А.	
Сахалинская группа реагирования на вулканические извержения (SVERT): 20 лет мониторинга вулканической активности на Курильских островах	89
Шестаков Н.В., Кишкина А.К.	
К вопросу об объединении данных разнородных геодезических сетей: на примере объединения полей косейсмических смещений, инициированных землетрясением Тохоку 2011 года	90
Штомпель К.В., Павлова В.Ю., Делемень И.Ф.	
Геохимия Малкинских горячих источников (Камчатка)	91
Юрков А.К., Козлова И.А., Бирюлин С.В.	
Отражение процесса подготовки Петропавловск-Камчатского землетрясения 03.04.2023 года в кривой объемной активности радона.....	92
Юсупов А.Р., Кузина Д.М.	
Комплексные исследования голоценовых осадочных отложений озера Ши́ра (республика Хакасия).....	93
Qian Jian, Павлова В.Ю., Делемень И.Ф.	
Уточнение геологического строения территории сопки Мишенная (город Петропавловск-Камчатский).....	94

СЕКЦИЯ II

ДИНАМИКА МОРЯ, ВОПРОСЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Афанасьев В.В.	
Антропогенно-природные геоморфологические системы морских берегов.....	95
Афанасьев В.В.	
Потенциал устойчивости береговых геосистем и возможности адаптации в условиях быстрых климатических и техногенных изменений	96
Афанасьев В.В., Агапкин В.М., Фаустова А.Б.	
Концепция системы климатического мониторинга биоморфолитосистем побережья	97
Афанасьев В.В., Агапкин В.М., Фаустова А.Б.	
Управление процессами поглощения и накопления углерода прибрежно-морскими биоморфолитосистемами с использованием природоподобных технологий	98
Будянский М.В., Улейский М.Ю., Лебедева А.А., Белоненко Т.В.	
Потенциальная опасность радиационного загрязнения морской среды из-за будущих землетрясений вблизи АЭС “Касивадзак”	99
Ващенко Д.А., Пищальник В.М., Латковская Е.М.	
Многолетняя изменчивость концентрации хлорофилла-а в акватории Охотского моря.....	100

Воропаев С.А., Севастьянов В.С., Душенко Н.В. ФИКСАЦИЯ РАЗЛОМОВ НА ШЕЛЬФЕ С ПОМОЩЬЮ ДЕГАЗАЦИИ КОЛОНКИ МОРСКИХ ОСАДКОВ.....	101
Гусев О.И., Скиба В.С., Хакимзянов Г.С., Чубаров Л.Б. ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛИННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН С ПРИБРЕЖНЫМИ СО- ОРУЖЕНИЯМИ	102
Зайцева (Михнева) А.Е., Зуев Б.К., Воропаев С.А. ИЗУЧЕНИЕ ЗАХОРОНЕННОЙ ОРГАНИКИ МОРСКИХ ОСАДКОВ С ПОМОЩЬЮ ОКСИТЕРМОГРАФИИ	103
Кораблев О.А., Фаустова А.Б., Рожкова-Тимина И.О., Завгородняя Ю.А. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОРГАНОГЕННОЙ СЕДИМЕНТАЦИИ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ БИОМОРФОЛИТО- СИСТЕМ (О. САХАЛИН).....	104
Королев Ю.П. О ВОЛНАХ, ВОЗБУЖДАЕМЫХ БЕГУЩИМ БАРИЧЕСКИМ ВОЗМУЩЕНИЕМ, ВЫЗВАННЫМ МГНОВЕННЫМ ЛОКАЛИ- ЗОВАННЫМ ИМПУЛЬСОМ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ.....	105
Королев П.Ю., Королев Ю.П. ОЦЕНКА ЦУНАМИ В ТИХОМ ОКЕАНЕ, ВЫЗВАННОГО ВЗРЫВОМ ВУЛКАНА ТОНГА 15 ЯНВАРЯ 2022 Г., ЭКСПРЕСС- МЕТОДОМ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА	106
Кроча Н.Е., Гридяева М.В., Шевченко Г.В. ТАЙФУН «ФИЛЛИС»: СТИХИЙНОЕ БЕДСТВИЕ В АВГУСТЕ 1981 Г. НА ЮГЕ САХАЛИНА	107
Лаврентьев М.М., Лысаков К.Ф., Марчук Ан.Г., Облаухов К.К., Шадрин М.Ю. ЗАВИСИМОСТЬ РАСЧЕТНОЙ ВЫСОТЫ ВОЛНЫ ЦУНАМИ ОТ ШАГА СЕТКИ.....	108
Лебедева А.А., Будянский М.В., Удалов А.А., Белоненко Т.В. ЛАГРАНЖЕВО МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ВОД ОТ АЭС «ФУКУСИМА-1» ДО ЮЖНО-КУРИЛЬСКОЙ РЫБО- ЛОВНОЙ ЗОНЫ.....	109
Левицкий А.И. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭОЛОВОГО МОРФОЛИТОГЕНЕЗА КАК ФАКТОРА ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА НА МОРСКИХ И ОКЕАНСКИХ БЕРЕГАХ СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ.....	110
Лукьянова Н.Б., Жабин И.А. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОД ПРИБРЕЖНОГО АПВЕЛЛИНГА И СТОКА Р. АМУР В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ У СЕВЕРО-ВОС- ТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ О. САХАЛИН	111
Любицкий Ю.В., Вразжский А.Н. СИСТЕМА ПРОГНОЗА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ – ЗАТОПЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА РОССИЙСКОМ ПОБЕРЕ- ЖЬЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ В ШТОРМОВЫХ УСЛОВИЯХ	112
Марчук Ан.Г. ФОКУСИРОВКА ВОЛН ЦУНАМИ	113
Марыжыхин В.Е., Шевченко Г.В. ВЕТРОВОЙ АПВЕЛЛИНГ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОСТРОВА САХАЛИН	114
Марыжыхин В.Е., Шевченко Г.В. ВЛИЯНИЕ ПРИЛИВА НА ВОДООБМЕН МЕЖДУ ЯПОНСКИМ И ОХОТСКИМ МОЯМИ ЧЕРЕЗ ПРОЛИВ ЛАПЕРУЗА	115
Назаров Н.Н., Фролова И.В. ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИЛИВНЫХ РЕК.....	116
Обрезкова М.С., Василенко Л.В., Астахов А.С. ГОЛОЦЕНОВЫЕ ПАЛЕОБСТАНОВКИ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ (РЕКОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕ- НИЯ МИКРОФОССИЛИЙ).....	117
Онищенко Н.А., Лоскутов А.В. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦУНАМИ 1960 И 2010 ГГ. НА ПОБЕРЕЖЬЕ РОССИИ	118
Ратовский К.Г. ИЗМЕНЕНИЕ ИОНОСФЕРНОГО КЛИМАТА НАД ВОСТОЧНОЙ СИБИРЬЮ ПО ДАННЫМ ДЛИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ИОНОСФЕРЕ	119
Уба А.В. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ МИКРОМАСШТАБНОЙ ЭРОЗИИ НА АБРАЗИОННО-ДЕНУДАЦИОННЫХ ПЛАТФОРМАХ	120
Уба А.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПОЗИЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ГЕОСИСТЕМ	121

Фаустова А.Б., Кораблев О.А. Углеродный баланс гидро-биогеоморфологических систем побережья (пример Сахалина)	122
Холмогоров А.О., Сырбу Н.С. Газогеохимические исследования на восточном шельфе о. Сахалин в августе 2023 г.	123
Худяков А.А., Зырянова Е.С., Мызникова Т.С., Елохина С.Н. Сравнение активности комплекса криогенных процессов в многолетнемерзлых породах на побережье Карского моря и Обской губы	124
Шевченко Г.В., Лоскутов А.В., Шишкин А.А. Метеоцунами 1 октября 2018 г. на южных Курильских островах: регистрация и моделирование	125
Шевченко Г.В., Цхай Ж.Р., Ложкин Д.М. Сезонные и межгодовые вариации температуры поверхности океана в районе северных Курильских островов по спутниковым данным	126
Шевченко Г.В., Цой А.Т. Локализация зон существования суточных шельфовых волн по данным спутниковой альтиметрии	127

СЕКЦИЯ III

ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА

Аббасова Г.Н., Гулиев И.Ф. Модель антропогенной трансформации и современной загрузки природных ландшафтов южного берега Каспийского моря (Азербайджанский сектор)	128
Брюханов А.Л., Севастьянов В.С., Кравчишина М.Д. Анаэробные микробные сообщества в подповерхностных горизонтах донных осадков Карского моря, их роль в ключевых биогеохимических циклах и стратегии адаптации к окислительной среде	129
Вах Е.А., Ветошкина А.В., Горобейко Е.В. Содержание редкоземельных элементов в поверхностных и подземных водах месторождения Шануч (Камчатка)	130
Ветошкина А.В., Вах Е.А. Формирование геохимического состава болотных вод в зоне влияния кобальто-медно-никелевого месторождения (Центральная Камчатка)	131
Власова И.И., Копанина А.В. Лесные насаждения из аборигенных или чужеродных видов на Сахалине и Курильских островах. Оправдан ли выбор?	132
Григоркина Е.Б., Оленев Г.В. Экстремальная засуха: эффект последствия у мелких млекопитающих лесной и лесостепной зон Южного Урала	133
Дудченко И.П., Кордюков А.В. Особенности влияния передачи постоянного тока на окружающую среду	134
Ежкин А. К., Каганов В.В. Первые результаты инвентаризации Гербария лишайников Института морской геологии и геофизики ДВО РАН	135
Каганов В.В., Ежкин А.К. Эпифитные лишайники прирусловых лесов Тымь-Поронайской низменности острова Сахалин	136
Кацуба М.Т. «Речные цивилизации» Л.И. Мечникова и «реки-рубежи» древних миграций (по материалам начала железного века западного фланга «Великого пояса степей»)	137
Клименков И.В., Судаков Н.П. Одорант-зависимая активизация иммунных клеток в обонятельном эпителии у рыб	138
Кокорина Т.А., Гон Р.Т. Современное состояние запаса и динамика численности рудитапеса филиппинского RUDITAPES PHILIPPINARUM в бухте Лососей залива Анива	139

Копанина А.В. Биоиндикация природного стресса в структурном анализе транспортной сети углерода древесных растений	140
Кременецкая И.П., Слуковская М.В., Петрова А.Г., Мосендз И.А., Иванова Т.К., Сошина А.С., Чапоргина А.А. Формирование искусственных фитоценозов на техногенном торфе с высоким уровнем загрязнения с применением серпентиновых отходов по результатам мониторинга в течение четырех лет	141
Кулькова М.А. Адаптационные стратегии древнего населения в эпоху кризиса позднего бронзового – раннего железного веков в степной зоне Северного Причерноморья	142
Литвиненко А.В., Данилин Д.Д., Горячев С.В., Юрьев А.В., Карпенко И.В. Оценка микроэлементного состава симы и кижуча из Охотского и Японского морей	143
Ложникова О.О. Анализ инвазионных видов растений на острове Сахалин	144
Ложникова О.О. Мониторинг распространения чужеродных видов растений на юге Сахалина	145
Мелкий В.А., Долгополов Д.В., Верхотуров А.А. Восстановление ландшафтной структуры от антропогенного стресса после завершения строительства на трассе трубопровода «Сахалин-2»	146
Намзалова Б. Д.-Ц. К вопросу изучения палеорастительности западного Забайкалья в позднем кайнозое	147
Намзалова О.Д.-Ц. Мелкие млекопитающие плейстоцен-голоценового местонахождения Колобки (Западное Забайкалье)	148
Никулина И.В., Сабиров Р.Н. Особенности обитания бурого медведя в прибрежно-морских ландшафтах природного заказника «Восточный» (Средний Сахалин)	149
Романюк Ф.А., Кордюков А.В., Казакова Е.Н. Лавинозащитные растительные сообщества морских берегов юга Сахалина	150
Сабиров Р.Н. Леса бассейна реки Ульяновка в юго-восточной части острова Сахалин	151
Сабиров Р.Н., Сабирова Н.Д. Редкие виды сосудистых растений в бассейне реки Ульяновка (Южный Сахалин)	152
Сабирова Н.Д. Редкие и охраняемые виды сосудистых растений во флоре г. Южно-Сахалинска	153
Сабирова Н.Д. Урбанофлора г. Южно-Сахалинска	154
Сергеев М.С. Опасность снегопереноса при низовых метелях на территории Сахалинской области	155
Судаков Н.П., Клименков И.В. Дегенеративные изменения в клетках жабр у рыб при воздействии микрочастиц сажи: перспективы для биоиндикации загрязнений	156
Тальских А.И., Копанина А.В., Власова И.И. Адаптивные изменения коры и древесины берез в ландшафтах морских побережий, магматических и грязевых вулканов Дальнего Востока России	157
Швидская К.А., Копанина А.В. Анализ вегетационных индексов для оценки состояния растительного покрова Южно-Сахалинского грязевого вулкана после крупного извержения 2020 г.	158
Щепина Н.А. К изучению влияния палеоклиматических условий и ландшафтов на земноводных – на примере монгольской жабы <i>STRACHIBUFO RADDEI</i> (ANURA: BUFONIDAE) в Восточной Азии	159

УДК 699.841; 699.842

ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИИ ОТ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Т.Т. Абрамова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
E-mail: attoma@mail.ru

Задача определения уровня вибрационных нагрузок в настоящее время обычно решается путем регистрации скоростей виброколебаний с помощью мобильного комплекса сейсмической аппаратуры. Энергия динамических воздействий переносится от их источников волнами напряжений различного типа. Передача энергии волны от точки к точке происходит за счет упругих свойств среды. Упругие волны, распространяясь в грунте, могут вызвать недопустимые вибрации расположенных вблизи объектов, чувствительных к сотрясениям. Одно из перспективных направлений виброизоляции основывается на явлении дифракции поверхностных волн (R – волн Релея) при наличии преграды на пути их распространения. Конструктивно такая преграда представляет: 1) открытую траншею (щель, трещину в горной породе); 2) траншею, заполненную энергопоглощающими материалами; 3) монолит – бетонную «стену в грунте».

Идея о возможности ослабления сейсмозрывного эффекта при разрушении горной породы, подземного ядерного взрыва и др. с помощью экранирования была предложена в России А.С. Волохом [Волох, 1989]. В результате исследований определено, что форма экрана должна быть близка к форме экранируемых взрывных волн. В этом случае разрушение через экран не проникает. Энергия проходящей волны монотонно уменьшается с увеличением ширины экрана. Открытые траншеи для виброизоляции очень эффективны и дешевы. Именно поэтому их эксплуатация более оправдана при использовании в больших масштабах.

Эффект экранирования с помощью траншей усиливается, если пространство между ее стенками заполнено энергопоглощающими материалами (грунты и их композиты), упругими элементами (полимеры, вспененный полистирол, отходы пластмассовых, резиновых производств и др. смеси) и сжатым газом и воздухом [Массарш, 2006].

Наиболее простое решение для гашения упругих волн при землетрясении предложили А.С. Криворотов и Е.А. Криворотов. Их разработка представляет собой экран, выполненный из антисептических древесных опилок. Опилки сформированы в блоки, упакованные в целлофан с вакуумированием [Криворотов и др., 1995].

Устройство воздушных и воздушно-пузырьковых завес впервые в мире предложено для изоляции колеблющихся при землетрясении плотин, водохранилищ (Криворожская, Миатлинская ГЭС) [Безопасность энергетических сооружений, 2001]. В основе их устройства лежит способность аэрированной воды уменьшать значение своего модуля объемной деформации в 10 раз на каждый 1% количества содержащегося в ней воздуха.

Экранирующий пояс может быть представлен в виде различных форм (горизонтальной, вертикальной, прямоугольной, трапециoidalной, округлой, скобы и др.). Часть поверхностных волн сейсмического толчка, встречая на пути распространения преграду, поглощается материалом заполнения экрана, часть отражается преимущественно в направлении фокуса линзы экрана, создавая перед экраном зону рассеивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность энергетических сооружений // Научно-технический и производственный сборник. Вып. 8. М.: Изд-во АО «НИИЭС», 2001. 72 с.
2. Волох А.С. Основы управления действием взрыва с помощью экранирования. М.: Наука, 1989. 218 с.
3. Криворотов А.С., Криворотов Е.А. Устройство для гашения упругих волн при землетрясении: патент № 2039862 // Бюллетень Роспатента по объектам интеллектуальной собственности № 20. М., 1995.
4. Массарш К.Р. Виброизоляция с использованием газонаполненных подушек // Развитие городов и гидротехническое строительство. 2006. № 10. С. 176-191.

УДК 699.842; 699.841

СПОСОБЫ, ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ВРЕДНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВИБРАЦИЙ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Т.Т. Абрамова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
E-mail: attoma@mail.ru

Устойчивость грунтового массива к динамическому воздействию зависит как от состояния этих грунтов, так и от интенсивности вибрационного воздействия. В связи с этим первоочередной задачей является оценка наиболее перспективных мероприятий по устранению или снижению колебаний, распространяющихся в грунте.

Целенаправленное преобразование слабых грунтов можно осуществить с помощью различных методов технической мелиорации, получая новый искусственно созданный грунтовой массив с заданными структурно-механическими свойствами [Абрамова и др., 2015].

Выбор способа закрепления грунтов для каждого конкретного объекта должен осуществляться с учетом инженерно-геологических условий. Например, территория Средней Азии относится к сейсмически активным зонам, поэтому необходимо учитывать сейсмические свойства наиболее распространенных там грунтов, лессовых, которые существенно зависят от влажности. Работы, проведенные в г. Волгодонске и Средней Азии по закреплению лессовых грунтов силикатизацией в основании жилых зданий и промышленных сооружений, позволили значительно снизить их сейсмическую интенсивность на 0,3-0,4 балла.

Широко известный в России метод «Геокомпозит» основан на создании направленных локальных включений в виде линз в массиве грунта путем поэтапного нагнетания растворов по композиционной схеме. Проведенные на ряде строительных объектов в Москве и Подмосковье исследования показали, что усиление грунтового массива с помощью этих включений изменяют сейсмические свойства грунта.

Буросмесительная технология достаточно широко используется как за рубежом, так и в России. Эта технология была разработана еще в пятидесятые годы прошлого столетия для закрепления морских илистых оснований при строительстве портовых сооружений. Исследования, проведенные большим количеством ученых, выявили, что прочность различных грунтов, закрепленных этим способом, колеблется в пределах 1-20 МПа в зависимости от их состава, свойств, дозировок вяжущего и времени твердения грунтоцемента. В качестве примеров рассмотрим лишь несколько, где использовалась буросмесительная технология в сейсмических районах России и за рубежом: увеличение модуля упругости, прочности основания фундамента резервуара РВСН-2000 в Одесской области и снижение сейсмической опасности (скорость сейсмических волн увеличилась до 800 м/с); устройство искусственного основания фундаментной плиты многоэтажного здания в Кременчуге (сейсмичность площадки соответствовала 7 баллам); при возведении сооружений в порту г. Темрюк (сейсмичность 8 баллов и наличие грязевых вулканов) и др.

Лидером среди современных геотехнологий закрепления слабых грунтов является струйная (Jet-grouting), разработанная в 1982 г. японскими учеными и тогда же испытанная при упрочнении грунтов фабрики в г. Шимизу, склонных к разжижению при сейсмическом воздействии, вблизи существующих инженерных сооружений на атомной электростанции Фукусима-1 [Yahiro, 1982]. С помощью этого метода за последние десятилетия выполнено огромное количество интересных и сложных с геотехнической точки зрения объектов, так как она может быть применена в разнообразных инженерно-геологических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова Т.Т., Вознесенский Е.А. Современные методы управления свойствами грунтов на участках высоких динамических нагрузок // Геотехника. 2015. № 4. С. 4-25.
2. Yahiro T. Soil improvement method utilizing a high speed water and air jet on the development application of columnar solidified construction method // Int. Symp. on Jet Cutting Technol.: 6th Guildford, 1982. Paper J2. PP. 397-427.

УДК 551.243

РОЛЬ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ

О.С. Барыкина, О.В. Зеркаль, И.П. Гвоздева

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
E-mail: barykina@geol.msu.ru

Разрывные тектонические структуры являются объектом повышенного интереса специалистов самых разных областей геологии. В инженерной геологии разрывные нарушения являются одним из важнейших объектов исследования, поскольку определяют деформационные, прочностные и фильтрационные свойства массивов горных пород. Они могут влиять на развитие и активизацию экзогенных процессов (оползней, обвалов, суффозии, карста и др.) и рассматриваться как ослабленные поверхности, по которым могут возникнуть движения [Зеркаль и др., 2019]. Несвоевременное выявление и неправильная оценка разрывных нарушений могут привести к серьезным осложнениям при проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений [Barykina O. et al, 2021].

В работе рассматривается зависимость вещественно-морфологических различий разрывных тектонических структур от геологической истории развития, вещественного состава пород и современных движений, определяющих напряженно-деформированное состояние массива. Основные тезисы работы сводятся к следующим:

Разрывная тектоническая структура является инженерно-геологическим телом, сформировавшимся в определенных геотектонических условиях, пережившим особую геологическую историю, находящимся в настоящее время в характерном поле напряжений и представляющим собой комплекс парагенетически связанных пород, характеризующихся особым составом, состоянием и свойствами, взаимное расположение которых образует структуру дизъюнктива.

Вещественно-морфологические особенности разрывных тектонических структур – размеры зоны динамического влияния, их внутреннее строение, степень нарушенности пород, эпигенетические преобразования – обусловлены историей геологического развития, вещественным составом пород и характером современных движений, определяющих напряженно-деформированное состояние массива [Барыкина, 2014].

По характеру влияния на вещественно-морфологические особенности разрывных тектонических структур выделено шесть комплексов пород: гранито-гнейсовый, габброидный, метаморфических сланцев, эффузивно-осадочный, карбонатный, терригенный. Уменьшение значений деформационных и прочностных свойств пород рассматриваемых комплексов при прочих равных условиях происходит в следующей последовательности: гранито-гнейсовый – эффузивно-осадочный – терригенный – габброидный – метаморфических сланцев – карбонатный.

Зона динамического влияния разрывной тектонической структуры включает не только зону нарушенных пород, но и область измененного напряженно-деформированного состояния, причиной которого является сам дизъюнктив.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барыкина О.С. Инженерно-геологические особенности зон разрывных тектонических нарушений в массивах пород разного состава и строения // Инженерная геология. 2014. № 5. С. 56–61.
2. Зеркаль О.В., Махинов А.В., Харитонов М.Е., Фоменко И.К., Барыкина О.С. Буреинский оползень (11.12.2018 г.). Условия формирования и особенности механизма развития // Геориск. 2019. Т. 13, № 4. С. 18–30.
3. Barykina O., Zerkal O., Kalinin E. Fault influence zones assessment and its accounting in site investigations // Proceedings of 3rd European Regional Conference of IAEG / Athens / Greece / 6-10 October 2021. Vol. 1. National Group of Greece of IAEG Athens, Greece: 2021. P. 152–153.

УДК 550.34.01

**О ПОГЛОЩЕНИИ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В РЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
МАКСВЕЛЛА И УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО ТРИГГЕРА
ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ГЕОМАТЕРИАЛАХ И ГЕОСРЕДАХ**

Л.М. Богомолов¹, О.Б. Наймарк²

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

² *Институт механики сплошных сред УрО РАН, г. Пермь, Россия*

E-mail: bleom@mail.ru

В поисках механизма, который может обеспечить триггерное влияние на деформационный процесс весьма слабых экзогенных возмущений (в частности, электромагнитных полей) имеет смысл проанализировать условия возникновения и устойчивости сдвиговых волн в упруго-вязкой среде. Наибольшее значение для объяснения такого влияния имеют очень медленные волны, у которых фазовая скорость меньше скорости частиц при экзогенных возмущениях, так что может реализоваться фазовый резонанс (известный по эффекту Вавилова-Черенкова). Стандартная теория упругости описывает сейсмические или акустические волны, в зависимости от диапазона частот, но их скорость высока, и резонанс со слабыми возмущениями невозможен. В обычной гидродинамике сплошных сред такие поперечные волны также отсутствуют. В докладе показано, что для реологического тела Максвелла может существовать диапазон волновых чисел k , в котором существуют искомые поперечные волны. Для системы уравнений движения сплошной среды: уравнения непрерывности (или несжимаемости, в частности), уравнения Навье-Стокса и реологического соотношения Максвелла получены дисперсионные соотношения $\omega(k)$. Расчет проведен для двумерной модели. Условие $\omega(k)=0$ определяет точки, в которых фазовая скорость волн обращается в нуль. В этих точках система наиболее восприимчива к экзогенным воздействиям. Сдвиговые волны, которые могут возбуждаться за счет энергии внешних источников, являются затухающими. Поэтому триггерные эффекты могут реализоваться лишь при достаточно мощных воздействиях, которые, тем не менее, значительно слабее энергетики деформационных процессов. Стоит отметить сходство использованной модели с хорошо известной моделью Родионова, описывающей деформирование геологической среды в одномерном приближении. В случае, когда в невозмущенном состоянии существует течение, возможно возникновение неустойчивости даже при очень малых числах Рейнольдса. Это находится в соответствии с известным результатом о неустойчивости ламинарного течения в пограничном слое. Обсуждается возможность применения полученных результатов для описания деформационных процессов в разломных зонах.

УДК 550.34.013.2

О РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ ВО ВРЕМЕНИ СНЯТИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ОЧАГАХ УМЕРЕННЫХ И СЛАБЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Л.М. Богомолов¹, В.Н. Сычев¹, Н.А. Сычева²

¹*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия*

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

E-mail: koitash@mail.ru

Проведен анализ изменения сброшенных напряжений во времени в период форшоковой активности сильных землетрясений для двух сейсмоактивных регионов с различной геодинамической обстановкой: Северный Тянь-Шань и Южные Курильские острова. В качестве исходных данных использованы ранее составленные каталоги динамических параметров (ДП) землетрясений в этих регионах с большим числом событий. Для Северного Тянь-Шаня каталог ДП очагов содержит 183 записи для землетрясений с магнитудами 2.6–6.0, а в случае Южных Курил – 264 записи. Значения сброшенных напряжений анализируются по всей выборке и для форшоковых периодов – 500 дней перед наиболее сильными землетрясениями. Для обоих регионов выделено по 12 таких значимых событий с магнитудами $M > 5$ для Северного Тянь-Шаня и $M \geq 6.5$ для Южных Курил. Определены медианные средние значения сброшенных напряжений в 500-дневные периоды. Проведено сравнение изменения сброшенных напряжений во времени с изменениями значений b -value (модуль углового коэффициента графика повторяемости землетрясений) за одни и те же периоды наблюдений. Для расчетов b -value в случае Северного Тянь-Шаня использовался каталог сейсмологической сети KNET (1994–2021 гг., более 10 тысяч событий), а в случае Южных Курил – каталог ISC (International Seismological Center) (1964–2000 гг.). В обоих случаях расчет величины b -value выполняется для скользящего интервала 500 дней, со сдвигом 1 день. По результатам расчетов для обоих изучаемых регионов отчетливо проявился хорошо известный эффект увеличения параметра b -value перед сильными землетрясениями. Установлено, что такое возрастание b -value сопровождается уменьшением усредненной величины снятия напряжений. Полученные результаты показали, что проведение мониторинга сброшенных напряжений во времени может быть использовано для выявления нестационарности сейсмического режима.

УДК 582.29; 504.73; 504.5

ГИДРОИЗОСТАЗИЯ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ РОССИИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ МОРЕЙ И ГЕОДИНАМИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ

Р.Ф. Булгаков

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: r.bulgakov@imgg.ru*

Изменение уровня поверхности воды в Мировом океане и морях прямо, и чаще всего отрицательно, влияет на хозяйственную деятельность в прибрежных районах. После завершения последнего ледникового максимума, трансгрессия океана за счет поступления талой воды из ледников, со скоростью в десятки миллиметров в год практически остановилась 4 тыс. лет назад. Однако, с началом техногенной эры, за счет ускорения дальнейшей деградации ледниковых покровов, возобновилось повышение уровня океана, которое оценивается в первые миллиметры в год. При этом, вклад в повышение уровня воды, благодаря большому количеству сопутствующих факторов, еще сохраняется от последствий эффекта послеледниковой трансгрессии.

Талая вода неравномерно распределялась по поверхности планеты. Причиной неравномерного распределения талой воды оказались несколько факторов – это пространственные различия гравитационного поля планеты, связанные, как с плотностными особенностями, так и геодинамическими процессами; гравитационное притяжение воды массами ледников; влияние вращения планеты; накопление осадков перераспределяющих нагрузку на поверхность Земли. Но, основными факторами, влияющими на распределение глубины воды оказались процессы, известные как гляциоизостазия и гидроизостазия суть, которых - реакция морского дна и земной поверхности на увеличивающуюся или уменьшающуюся нагрузку от ледников и водного слоя океана и морей.

И, если в зонах близких к центрам покровных оледенений, т.е. - «в ближней зоне», таких как Лаврентийский ледниковый щит Северной Америки и Скандинавский ледниковый щит Северной Европы, этой теме посвящено множество работ, то для районов в зонах далеких от глобальных центров оледенений, особенно, районов Дальнего Востока и Восточной Арктики России, работ практически нет, что актуализирует проблему, особенно, с ростом экономической активности в этих регионах.

Серьезным следствием гидроизостазии является сохранение в настоящем вертикальных движений земной коры из-за релаксации мантийных слоев после значительных изменений уровня морей.

Учитывая, что вклад в вертикальные движения земной коры, вследствие релаксации мантийных слоев, после резкого изменения уровня морей не завершился, поэтому ожидается, продолжающееся влияние процесса на современные вертикальные движения и сейсмодинамику.

Вклад гидроизостазии в современную морфодинамику побережий и геодинамику регионов граничащих с морскими акваториями не может игнорироваться и должен войти в область научных интересов в широком кругу исследователей наук о Земле.

Простой, но очень эффектный факт, связанный с гидроизостазией иллюстрирует интерес к ней – если бы Земля была абсолютно жестким телом, уровень воды в океане и морях стоял бы на 30-40 метров выше современного.

УДК 550.3

ОСОБЕННОСТИ ГРАНИЦ ОХОТОМОРСКОЙ ПЛИТЫ В РАЙОНЕ ЯПОНСКИХ ОСТРОВОВ И КАМЧАТКИ

Н.А. Бушенкова, Т.А. Ступина

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия
E-mail: BushenkovaNA@ipgg.sbras.ru

В исследовании выявлены особенности геометрии границ Охотоморской плиты (ОП) путем сопоставления сейсмотомографических результатов с распределением гипоцентров землетрясений, активных вулканических поясов, древних вулканических построек и другими актуальными геолого-геофизическими характеристиками.

В современных исследованиях южную границу ОП проводят как через о. Хонсю [Savostin et al, 1983; и т.д.], так и через о. Хоккайдо [Seno, Sakurai, 1996; Кучай, Бушенкова, 2023]. Выводы настоящей работы говорят в пользу южной границы ОП именно через о. Хоккайдо, а не через о. Хонсю. Так, по результатам региональной сейсмотомографии на участке между вариантами расположения южной границы ОП отчетливо наблюдается обособленная высокоскоростная аномалия, отвечающая отдельной части Тихоокеанского слэба. Это разделение прослеживается и в поле гравитационных аномалий. Для анализа распределения сейсмичности использованы как глобальные (ISC, www.isc.ac.uk), так и региональные каталоги (для района Японских островов из каталогов JMA, www.jma.go.jp, только за период 1995-2021 гг. отобрано более 2 млн. событий). В распределении гипоцентров землетрясений в районе о. Хоккайдо выделена граница, перпендикулярная оси субдукции. Причем, сейсмофокальная зона на профиле вдоль субдукции имеет излом на коровых глубинах и спускается под центральную часть ОП до глубин более 500 км.

При анализе распределения активных вулканов и неактивных вулканических построек на участке между южной границей ОП через о. Хоккайдо и пограничной зоной о. Хонсю обнаружена некоторая схожесть с Камчаткой. К западу от активного вулканического пояса наблюдается почти параллельное ему горное поднятие с проявлениями в рельефе структур вулканического происхождения (на Камчатке это Срединный хребет, а в районе о. Хонсю - подводный хребет Ямато). На Камчатке в результате аккреции Кроноцкой палеодуги произошло омоложение субдукции севернее Малко-Петропавловской зоны, находящейся на продолжении Авачинского трансформного разлома в Тихоокеанской плите, соответственно и глубина погружения обновленной части слэба меньше глубины слэба под Южной Камчаткой [Bushenkova et al., 2023]. На участке между границами через острова Хонсю и Хоккайдо глубина погружения сейсмофокальной зоны также имеет меньшие значения, чем севернее и южнее этого участка. Можно предположить, что на этом участке скорость погружения слэба ниже или произошло схожее обновление субдукции, а южная граница ОП переместилась на север за счет образования структурного нарушения в литосфере ОП над продолжением трансформного разлома в слэбе под о. Хоккайдо.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФ 20-17-00075.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кучай О.А., Бушенкова Н.А. Сейсмотектонические деформации в районе Японских островов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2023. Т. 2, № 3. С. 166-174.
2. Bushenkova N., Koulakov I., Bergal-Kuvikas O., Shapiro N., Gordeev E., Chebrov D., Abkadyrov I., Jakovlev A., Stupina T., Novgorodova A., Droznina S. Huang H. Connections between arc volcanoes in Central Kamchatka and the subducting slab inferred from local earthquake seismic tomography // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2023. Vol. 435, P. 107768.
3. Savostin L., Zonenshain L., Baranov B. Geology and plate tectonics of the Sea of Okhotsk. In: T.W.C. Hilde and S. Uyeda (Eds.), Geodynamics of the Western Pacific-Indonesian region, Geodyn. Ser., American Geophysical Union. Washington, DC.: 1983. Vol. 11. P. 189-221.
4. Seno T. and Sakurai T. Can the Okhotsk plate be discriminated from the North American plate? Journal of Geophysical Research, 1996. Vol. 101(b5). P. 11305-11315.

УДК 551.242.12:528.34

ВЕКОВЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЮГА О. САХАЛИН ПО ДАННЫМ GNSS НАБЛЮДЕНИЙ

Н.Ф. Василенко

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: n.vasilenko@imgg.ru*

Остров Сахалин расположен в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану и в тектоническом отношении представляет собой кайнозойскую складчато-глыбовую систему [Мельников, 1987]. Юг острова в структурно-неотектоническом плане состоит из трех поднятий, появившихся в плиоцен-четвертичное время (последние ~4 млн. лет), – Западно-Сахалинского, Сусунайско-Корсаковского и Тонино-Анивского – и двух разделяющих их прогибов – Сусунайского и Муравьевского.

Вековые вертикальные движения неотектонических структур оценены на основе межсейсмических скоростей 29 пунктов региональной геодинамической GNSS сети, на которых с 1999 г. по 2012 г. было проведено от 3 до 6 циклов измерений. Наблюдения выполнялись относительно опорной IGS станции YSSK (г. Южно-Сахалинск), что позволило привести результаты исследований в систему координат относительно центра масс Земли.

Характерной чертой межсейсмических движений является поднятие юга острова со скоростью ~1.1 мм/год, что согласуется с геолого-геоморфологическими исследованиями неотектонического этапа развития региона [Геология ..., 1970]. С максимальными скоростями воздымаются Западно-Сахалинское (1.6 мм/год) и Тонино-Анивское (1.5 мм/год) поднятия, с относительно меньшими скоростями – Сусунайско-Корсаковское поднятие (1.0 мм/год), Сусунайский (0.7 мм/год) и Муравьевский (0.6 мм/год) прогибы. Неоднородный характер вертикальных движений в прогибах находит отражение в региональном поле горизонтальных деформаций [Прытков, Василенко, 2018] и кинематике разломов, ограничивающих прогибы [Рождественский, Сапрыгин, 1999].

Полученные оценки вековых скоростей неотектонических структур отличаются от карты современных вертикальных движений земной коры о. Сахалин (далее – карта СВДЗК), составленной в конце 70-х годов прошлого столетия на основе повторных измерений нивелирной сети и данных постов наблюдений за уровнем моря [Карта ..., 1980]. Согласно карте СВДЗК большая часть юга острова характеризовалась опусканием земной поверхности, скорость которого увеличивалась в восточном направлении до 7–8 мм/год. Только вдоль западного побережья выделялась узкая полоса поднятий земной поверхности со скоростью до 1.7 мм/год. Опускания проявлялись как в пределах новейших поднятий, так и прогибов и интерпретировались как вековые тектонические движения. Сильные сейсмические события, произошедшие на юге острова в период повторных измерений нивелирной сети (1959–1977 гг.) исказили карту СВДЗК как карту вековых тектонических движений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология СССР. Том XXXIII. Остров Сахалин. Геологическое описание / В.Н. Верещагин, Ю.М. Ковтунович (ред.). М.: Недра, 1970. 432 с.
2. Карта современных вертикальных движений земной коры о. Сахалин. 1:1250000. Хабаровск: ГУГК, 1980.
3. Мельников О.А. Структура и динамика Хоккайдо-Сахалинской складчатой области. М.: Наука, 1987. 95 с.
4. Прытков А.С., Василенко Н.Ф. Деформации земной поверхности острова Сахалин по данным GPS-наблюдений // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9, № 2. С. 503-514. DOI: <https://doi.org/10.5800/GT-2018-9-2-0358>.
5. Рождественский В.С., Сапрыгин С.М. Структурные взаимоотношения неогеновых и четвертичных образований, активные разломы и сейсмичность на Южном Сахалине // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18, № 6. С. 59-70.

УДК 550.343.6

ТРИГГЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ НЕВЕЛЬСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2.08.2007 Г. $MW = 6.2$

Н.Ф. Василенко

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: n.vasilenko@imgg

Невельское землетрясение $Mw = 6.2$ произошло в Татарском проливе вблизи юго-западного побережья о. Сахалин и пространственно тяготеет к южному сегменту Западно-Сахалинского разлома глубинного разлома. Оно явилось сильнейшим сейсмическим событием в этом районе за весь период инструментальных наблюдений и сопровождалось афтершоком $Mw = 5.8$. Эпицентры афтершоков и косейсмические смещения островной суши по данным радиоинтерферометрии разделили очаговую зону на две субзоны, что привело к предположению о возникновении парных землетрясений [Невельское ..., 2000]. Однако полная картина причинно-следственной связи развития деформационных процессов в зоне разлома осталась без должного внимания.

Критерием парности является пространственно-временная локализация событий. Однако не редки явления, когда локализуются несколько событий с близкими значениями магнитуд. Определяющая роль в подобных явлениях принадлежит внешним факторам, приводящим к триггерному эффекту. Последние возникают за счет высвобождения энергии, запасенной в процессе длительной эволюции напряженного состояния геосреды, и проявляются в виде резкого изменения стационарного режима ее развития в результате динамического либо квазистатического воздействия. Энергия инициированного процесса может оказаться значительно выше энергии, «доставленной» дополнительно в геосреду, и полной энергии инициирующего события [Кочарян, 2016].

В течение восьми часов очаговый процесс к югу от эпицентральной субзоны главного толчка Невельского землетрясения последовательно сопровождался поднятием (~ 1 м) прибрежного бенча на протяжении порядка 5.5 км (с массовым выходом метана и водяными фонтанами) и возникновением двух землетрясений $Mw = 5.8$ и 5.4 [Невельское ..., 2000]. Триггерами поднятия бенча могли быть как отдельные факторы динамического воздействия главного толчка (сейсмические волны, косейсмические смещения, положительные изменения Кулоновских напряжений), так и их совокупность [Кочарян, 2016]. Судя по выбросам метана, деформационный процесс распространялся, по крайней мере, до глубин ~ 1600 м, где поисковым бурением на прибрежной акватории Татарского пролива были вскрыты пласты с повышенным содержанием углеводородов [Тютрин и др., 1990]. Это явление (поднятие как подводной лодки) относится к событиям медленного асейсмического скольжения. Его магнитуду можно оценить величиной $Mw \sim 5.4$.

Дополнительным триггером землетрясения $Mw = 5.8$, кроме динамического воздействия главного толчка, могло быть и поднятие прибрежного бенча. При критическом напряжении ближайшего разлома фронты асейсмического скольжения могут взаимодействовать с ним, вызывая значительные события, даже превышающие энергию инициирующего события [Кочарян, 2016]. В свою очередь, землетрясение $Mw = 5.4$ также могло быть вызвано как динамическими эффектами главного толчка и землетрясения $Mw = 5.8$, так и асейсмическим поднятием бенча.

Сложную картину развития деформационных процессов в зоне Западно-Сахалинского разлома после главного толчка Невельского землетрясения $Mw = 6.2$, несомненно, следует отнести к триггерным эффектам взаимодействия деформационных событий разного типа. К сожалению, в полной мере отдать предпочтение тем или иным факторам, инициировавшим эти процессы, не представляется возможным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Невельское землетрясение и цунами 2 августа 2007 года, о. Сахалин / Б.В. Левин, И.Н. Тихонов (ред.). М.: Янус-К, 2000. 204 с.
2. Кочарян Г.Г. Геомеханика разломов. М.: ГЕОС, 2016. 424 с.
3. Тютрин И.И. и др. Перспективы поисков месторождений нефти и газа на Юго-Западном Сахалине // Геология нефти и газа. 1990. № 3. С.16-19.

УДК 551.2

НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ ПОЛОЖЕНИИ ОЧАГА ЮЖНО-САХАЛИНСКОГО ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА

А.А. Верхотуров

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: ussr-91@mail.ru*

Изучение такого геологического явления, как грязевой вулканизм имеет важное научно-практическое значение, однако в отношении их природы остается еще много нерешенных вопросов. Одной из актуальных задач является определение источника извергаемого вещества или грязевулканического очага, а также глубин так называемых корней. Исследование в этой области ведутся прежде всего на основе сейсмических [Baghzendani et al., 2015; Мердад, 2016] и геохимических методов [Лаврушин и др., 1996; Холодов, 2002]. Не является оригинальным и метод стратиграфической привязки твердых выбросов, применяемый автором настоящей работы.

По уже традиционным убеждениям основной очаг Южно-Сахалинского грязевого вулкана не распространяются за пределы отложений позднего мела (быковская свита (K_2bk)) [Мельников, 2002]. В этом случае, учитывая местоположения грязевого вулкана и мощность быковской свиты в 2,5 км, глубину расположения очага можно оценить в 2-2,5 км. Однако появляются сведения, в которых отмечается наличие среди твердых продуктов извержений неогеновых вулканогенно-осадочных пород [Sokol et al., 2021].

Проведенные полевые работы позволили собрать и проанализировать обширный каменный материал из грязевулканических отложений, а также из естественных обнажений, характерных для района исследования стратиграфических подразделений. Предварительные результаты стратиграфической привязки крупнообломочных отложений Южно-Сахалинского грязевого вулкана показывают наибольшую литологическую сходимость с отложениями нижнебыковской подсвиты и найбинской свиты, что позволяет предположить местоположение основного источника (грязевулканического очага) извергаемого материала в интервале глубин 2500-3500 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаврушин В.Ю., Поляк Б.Г., Прасолов Э.М., Каменский И.Л. Источники вещества в продуктах грязевого вулканизма (по изотопным, гидрохимическим и геологическим данным) // Литология и полезные ископаемые. 1996. № 6. 625–647 с.
2. Мельников О.А. Южно-Сахалинский газоводолитокластитовый (“грязевой”) вулкан — уникальный объект природы на Дальнем Востоке России. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2002. 48 с.
3. Мердад С. Получение улучшенных сейсмических изображений методом дифракционного суммирования для сложной структуры, содержащей грязевой вулкан, на юго-восточном побережье Каспийского моря // Геология и геофизика. 2016. Т. 57, № 12, С. 2250–2263
4. Холодов В.Н. Грязевые вулканы: закономерности размещения и генезис. Сообщ. 2. Геолого-геохимические особенности и модель формирования // Литология и полезные ископаемые. 2002. № 4. С. 339–358.
5. Baghzendani H.R., Aghajani H., Soleimani M. Subsurface modeling of mud volcanoes, using density model and analysis of seismic velocity // J. Mining Environ. 2015. Vol. 6. P. 31-39.
6. Sokol E.V., Kokh S.N., Nekipelova A.V., Abersteiner A., Seryotkin Y.V., Ershov V.V., Nikitenko O.A., Deviatiiarova A.S. Ge-Hg-Rich Sphalerite and Pb, Sb, As, Hg, and Ag Sulfide Assemblages in Mud Volcanoes of Sakhalin Island, Russia: An Insight into Possible Origin // Minerals, 2021. Vol. 11. P. 1186.

УДК 528.88; 528.44; 504.05

МОНИТОРИНГ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

А.А. Верхотуров¹, В.А. Мелкий¹, Д.В. Долгополов²

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

² *ЗАО «Ай Ко», г. Москва, Россия*

E-mail: ussr-91@mail.ru

Трубопроводные транспортные системы, проходя через природные территории, образуют сложные техногенные комплексы [1–3]. Методологической базой при организации мониторинга трубопроводов могут служить теоретические и методические работы ученых в области мониторинга природно-территориальных комплексов.

Антропогенные события, ЧС, связанные с эксплуатацией трубопроводных систем, оказывают существенное влияние на природную среду и могут повлечь за собой огромные материальные потери и существенные экологические последствия [4]. Необходимость оперативной обработки и обеспечения обновленными данными определяет потребность в создании единой пространственной среды (геопространства), ориентированной на задачи оценки антропогенного воздействия трубопроводов на природную среду, а также обеспечивающей безопасную эксплуатацию трубопроводных систем [5].

Для получения пространственных данных с высокой детализацией, необходимых для оценки динамики опасных геологических процессов оценки антропогенного влияния трубопроводов на природную среду целесообразно использовать современные высокоточные методы дистанционного зондирования (спутниковые снимки высокого разрешения, цифровая аэро-съемка и воздушное лазерное сканирование), в том числе с использованием беспилотных аппаратов [6,7]. Методология подхода заключается в объединении всех результатов исследований в едином координатном пространстве для последующего моделирования [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгополов Д. В. Геопространство трубопроводного транспорта // Вестник СГУГиТ. 2021. Т. 26. № 1. С. 76-85.
2. Долгополов Д. В. Исследование технологии идентификации космических снимков для обеспечения их совместного использования // Мониторинг. Наука и технологии. 2022. № 1 (51). С. 42-46.
3. Верхотуров А. А., Мелкий В. А., Долгополов Д. В., Лисицкий Д. В. Мониторинг изменения состояния растительного покрова на участке трассы трубопровода проекта «Сахалин-2» по данным космических съемок // Вестник СГУГиТ, 2022, Т. 27, № 4, С. 45-53.
4. Маркелов Д. А., Мелкий В. А., Долгополов Д. В., Акользин А. П., Алешко-Ожевская О. С. Использование UBC-технологий и материалов аэрокосмической съемки для анализа дефектов трубы магистральных нефтепроводов // Практика противокоррозионной защиты. 2021. Т. 26. № 3. С. 17-21
5. Мелкий В. А., Верхотуров А. А. Анализ динамики состояния лесных растительных сообществ в заказнике «Макаровский» (Сахалин) по данным дистанционного зондирования Земли // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2023. Т. 29. № 1. С. 393-405.
6. Gitelson A. A., Merzlyak M. N. Remote estimation of chlorophyll content in higher plant leaves // International Journal of Remote Sensing. 1997. No 18. Iss. 12. P. 2691-2698.
7. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами. Учебное пособие для студентов вузов / В.А. Малинников, А.Ф. Стеценко, А.Е. Алтынов, С.М. Попов. М.: Изд. МИИГАиК. 2008. 145 с.
8. Долгополов Д.В., Камашев Р.А., Назаров Д.С., Удовиченко М.С. Технологическая цифровая платформа мониторинга природно-технологической среды. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022662888, 07.07.2022. Заявка № 2022662580 от 07.07.2022.

УДК 550.361(265)

ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ САХКНИИ НА ВОСТОЧНО-ИНДИЙСКОМ ХРЕБТЕ

О.В. Веселов

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: o.veselov@imgg.ru*

В 20 и 22 рейсах НИС «Морской геофизик» (1982-1983 гг.) под руководством В.В. Соинава было выполнено 88 геотермических станций в районе Восточно-Индийского хребта (ВИХ) от экватора до 5° с.ш. Информация по всем станциям была использована при оценке придонных температур и распределения теплопроводности донных осадков. Для определения теплового потока отобрано 50 станций.

На хребте с глубинами дна от 2000 до 3000 м придонные температуры находятся в диапазоне от 2.64 до 1.71 °С, градиенты придонных температур – $(5 \div 16) \cdot 10^{-4}$ К/м. В Кокосовой и Центральной котловинах эти градиенты изменяются в интервале $(0,1 \div 1,1) \cdot 10^{-4}$ К/м. Температура придонных вод на сравниваемых глубинах в Кокосовой котловине ниже на ~0.25 °С, чем в Центральной, что обусловлено влиянием субмеридионального ответвления придонного холодного Циркумантарктического течения.

Теплопроводность донных осадков измерена на 168 образцах. Среднее значение теплопроводности осадков ВИХ равно 0.81 ± 0.08 Вт/(м · К), Кокосовой котловины – 0.71 ± 0.05 Вт/(м · К), в этих же пределах теплопроводность осадков Центральной котловины за исключением грунтов хребта 85°, где их теплопроводность достигает 1.14 Вт/(м · К).

Геотемпературные градиенты (ГТГ) в осадках региона изменяются в широком диапазоне – от $15.6 \cdot 10^{-3}$ К/м до $296 \cdot 10^{-3}$ К/м. Среднее значение ГТГ для ВИХ равно $(61.4 \pm 22.3) \cdot 10^{-3}$ К/м. Особенности геодинамики глубинной структуры осадочного чехла определяют температурный режим приповерхностной толщи отложений.

Удельная плотность теплового потока (ТП) в районе исследований также изменяется – от 24.9 до 252 мВт/м². Аномальные величины ТП приурочены к осевой части хребта. Среднее значение ТП исследуемого региона соответствует палеоцен-эоценовому этапу тектоно-магматической активности его литосферы. Но аномально высокие значения ТП в исследуемой части ВИХ свидетельствуют о современной тектоно-магматической активности хребта. Совместный анализ данных по ТП и непрерывному сейсмическому профилированию показал, что аномальные значения ТП зафиксированы над локальными поднятиями поверхности акустического фундамента, перекрытыми деформированным осадочным чехлом.

Математический расчет глубины залегания источников аномально высокого ТП показал, что их кровля находится на глубинах 6-15 км. Время возникновения этих интрузий оценивается периодом в интервале 25 ÷ 170 тыс. лет. Заключаем, что аномально высокие значения ТП в северном блоке Восточно-Индийского хребта вызваны современной тектоно-магматической деятельностью. Согласно термобарическим параметрам породы интрузий имеют андезитово-дацитовый состав.

УДК 551.21(571.645)

СЕЙСМОЛОГО-ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВУЛКАНА В ПЕРИОД ЕГО АКТИВИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ВУЛКАНА ИВАН ГРОЗНЫЙ, О. ИТУРУП)

О.В. Веселов, А.И. Казаков

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: o.veselov@imgg.ru

На примере подготовки извержения вулкана Иван Грозный в 1989 г. проанализированы проявления сейсмической активности и температурных аномалий на хребте Грозный (о. Итуруп) в 1989 г. Вулкан Иван Грозный (высота 1158 м) расположен в южной части хребта. В 12 км северо-восточнее на хребте находится вулкан Баранского (высота 1132 м). По геофизическим данным вулканы связаны единой магматической зоной. На юго-западном склоне вулкана Баранского функционирует месторождение термальных вод «Океанское», на котором с декабря 1988 г. до марта 1989 г. был введен в режимные наблюдения термометрический полигон, состоящий из комплекса 10 скважин (Т1-Т10) для контроля за энергетическим состоянием месторождения. В скважинах на двух базисных горизонтах (300 и 310 м) были размещены терморезисторы. Регистрация их показаний производилась через трое суток. Термический режим месторождения определяется в основном циркуляцией термальных вод. 3 мая 1989 г. произошло мощное пепловое извержение влк. Иван Грозный, в дальнейшем наблюдались выбросы пепла 8 мая, 19 июня, с последующим затуханием активности вулкана в конце года. В связи с этим извержением была проанализирована информация о землетрясениях, произошедших с начала 1989 г. вблизи вулкана, и температурных аномалиях в термометрических скважинах месторождения «Океанское». Данные о землетрясениях были взяты из сейсмологического бюллетеня Дальнего Востока за 1988-1990 годы, на основе которых Таракановым Р.З. были созданы карты эпицентров, проекции гипоцентров землетрясений за 1988-1989 годы в пределах субширотной полосы стокилометровой ширины, проходящей через вулкан Иван Грозный. Для периода с февраля до мая 1989 г. были построены гистограммы распределения магнитуд и энергетических классов землетрясений, предположительно связанные с активизацией вулкана. По глубинному расположению очаги землетрясений распределились на две группы. Гипоцентры первой группы находятся на глубинах до 30 км, второй группы – в интервале от 50 до 80 км. Выделена серия землетрясений, произошедших под вулканом с 9 марта до 30 апреля, когда сейсмическая активность резко снизилась. После землетрясения 9 марта через сутки в скважинах термометрического полигона начались существенные возрастания температур в нескольких скважинах. Относительно среднегодовой температуры подъёмы температуры достигали в скважинах Т2, Т5, Т10 соответственно 5,8, 32,2, 23,4 °С. Повышение температуры было обусловлено усилившимся тепломассопотоком, вызванным активизацией глубинного очага под хребтом Грозный и разрастанием каналов поступления горячих флюидов к поверхности. Для землетрясений с периодом колебаний $T = 10-20$ сек при $v_s = 3.5$ км/с характерная длина волны упругих деформаций равна 35-70 км по оценке Ризниченко Ю.В. Серия землетрясений вызвала нарастание температуры в недрах постройки вулкана Баранского, которые наступили в апреле, но падение температуры произошло после 29 апреля во всех скважинах. Через 5 дней наблюдалось извержение влк. Иван Грозный. В ноябре произошла очередная сейсмическая активность в районе хребта Грозный с последующей активизацией температурного режима в зоне температурного полигона месторождения «Океанское». Заключаем, что в зоне деформаций, возникающей вокруг активизированного вулканического очага, резкому росту температуры предшествовало значительное возрастание сейсмической активности. За несколько дней до извержения наблюдается резкое снижение сейсмической активности и последующее понижение температуры в выделенной зоне деформаций. Эту характерную зависимость рекомендуется применять в качестве прогностического признака краткосрочного извержения вулкана в пределах Курило-Камчатской островодужной системы.

УДК 551.49:550.21

ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КЕТКИНСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ (КАМЧАТКА)

П.О. Воронин^{1,2}, А.В. Кирюхин²

¹ Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

² Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

E-mail: Malgor90@mail.ru

На Кеткинском гидротермальном месторождении, в диапазоне разбуривания скважинами до глубин 2.4 км наблюдается аномалия распределения градиентов температуры и флюидного давления. Ось термоаномалии погружается в ЮЮВ направлении, но градиенты флюидного давления и газосодержания CH_4 направлены на СВВ. Распределение температуры отражает пространственные свойства продуктивного геотермального резервуара, вмещающего столбобразный восходящий поток глубинного теплоносителя, характеризующегося смещением по центру термоаномалии в ЮЮВ направлении на 1200 м при углублении на 1500 м (угол падения около 50°). Распределение флюидного давления отражает региональный градиент давления 0.6 бар/км (направленный с СВ, со стороны Корякского вулкана) и не фиксирует в явном виде положительную аномалию давления восходящего потока теплоносителя. [Kiryukhin et al., 2022]

Подобную аномалию можно объяснить следующей схемой водного и теплового питания месторождения: тепловое питание (по сейсмическим данным) может осуществляться за счет инъекций магмы в виде силлов в диапазоне глубин от -5 до -2 км абс. из ЮЗ сектора Корякского вулкана, в то время как водное питание по данным изотопного состава воды - смешанное: осуществляется через постройку Корякского вулкана с отметок выше 2 км абс. и за счет захороненных вод морского происхождения, аккумулированных в неоген-палеогеновых и меловых отложениях фундамента Корякско-Авачинской группы вулканов. [Kiryukhin et al., 2021, Kiryukhin et al., 2017]

По результатам выполненного моделирования формирования Кеткинской гидротермальной системы с учётом возможной Корякско-Кеткинской магма-гидротермальной взаимосвязи установлено, что источником теплового питания Кеткинского геотермального месторождения может быть конвективный тепловой поток из вмещающих пород по пути миграции флюида от Корякского вулкана к месторождению. Также источником теплового питания могут выступать инъекции магмы в виде силлов и даек в диапазоне глубин от -6 до -3 км абс. в юго-западном секторе Корякского вулкана. Данная модель объясняет существующую на месторождении аномалию расхождения градиентов температуры и давления. Система выявленных продуктивных разломов и система магматического фразинга вулкана геометрически связаны.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ № 23-27-00127 «Исследования магмо-газо-водопроводящих систем активных вулканов».

ЛИТЕРАТУРА

1. Kiryukhin A., Voronin P., Zhuravlev N., Kopylova G. Water-Methane Geothermal Reservoirs in a South-West Foothills of Koryaksky Volcano. In: Kamchatka PROCEEDINGS. 46th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, February 15-17. 2021. P. 320-325.
2. Kiryukhin A., Lavrushin V., Kiryukhin P., Voronin P. Geofluid Systems of Koryaksky–Avachinsky Volcanoes (Kamchatka, Russia). // Geofluids, Vol. 2017, Article ID 4279652. 2017. 21 p. DOI:10.1155/2017/4279652.
3. Kiryukhin A., Nazhalova I., Zhuravlev N. Hot water-methane reservoirs at southwest foothills of Koryaksky volcano, Kamchatka. // Geothermics. 2022. Vol. 106. 18p. Article ID 102522. DOI: 10.1016/j.geothermics102522

УДК 550.348

КОНСОЛИДАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КАК БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЫХ КАМЧАТСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

**В.А. Гаврилов¹, Е.В. Полтавцева¹, Ю.Ю. Бусс¹, А.В. Соломатин¹,
Ю.В. Морозова¹, Г.В. Рябинин²**

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия*

² *Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия*

E-mail: vgavr1403@mail.ru

Базовая физическая модель подготовки землетрясения является важнейшей позицией подхода авторов к среднесрочному и краткосрочному прогнозированию сильных землетрясений [Гаврилов и др., 2021]. Без обоснованного выбора такой модели, опираясь только на «предвестники» землетрясений, нельзя рассчитывать на надежное прогнозирование землетрясений. Ранее в качестве такой модели предварительно была выбрана дилатантно-диффузионная (ДД) модель, считающаяся наиболее известной и общепризнанной [Sholz et al., 1973]. Согласно ДД-модели заключительной стадией подготовки землетрясения считается стадия притока жидкого флюида в дилатирующую область геосреды. Как показывает опыт исследований, на заключительных стадиях подготовки ряда сильных близких камчатских землетрясений действительно выделяются интервалы, результаты измерений на которых указывают на дилатансию и на подток жидкого флюида. Однако при этом даже ретроспективно достаточно надежное выделение заключительной стадии подготовки главного разрыва не представлялось возможным. Это можно объяснить тем, что в процесс подготовки сильного землетрясения вовлекаются огромные объемы неоднородной геосреды, блоки которой отличаются значениями накопленной упругой деформации. В такой ситуации одна часть геосреды может быть уже готовой для подтока флюида, а в другой ее части могут еще только начинаться процессы дилатансии. В таких случаях данные мониторинга напряженно-деформированного состояния отражают одновременно разнородные процессы разных частей геосреды и по этой причине выделение стадии подтока жидкого флюида как заключительной стадии подготовки главного разрыва становится невозможным. По этой причине, ДД-модель не может быть выбрана в качестве базовой модели подготовки сильных камчатских землетрясений.

В 2023 г. для выбора альтернативного варианта базовой модели подготовки камчатских землетрясений был проведен детальный анализ результатов комплексных геофизических измерений с привлечением данных камчатской сети глобальных навигационных спутниковых систем, результатов мониторинга пространственно-временных изменений полного электронного содержания ионосферы, данных сейсмических наблюдений и др. Полученные в ходе проведенных исследований результаты позволяют сделать вывод, что характер изменений временных рядов данных комплексных геофизических измерений, проводимых в районе Петропавловск-Камчатского геодинамического полигона, на заключительных стадиях подготовки сильных камчатских землетрясений соответствует модели консолидации И.П.Добровольского.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (Проект № 23-27-00352).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов В.А., Дещеревский А.В., Соломатин А.В. Пантелеев И.А., Пулинец С.А., Богданов В.В. Концепция подхода к краткосрочному прогнозированию времени сильнейших землетрясений в районе Авачинского залива (Камчатка) // Проблемы комплексного геофизического мониторинга сейсмоактивных регионов. Труды Восьмой Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Петропавловск-Камчатский: КФ ФИЦ ЕГС РАН, 2021. С. 245-251.
2. Sholz C.H., Sykes L.R., Aggarwal Y.P. Earthquake Prediction: A Physical Basis // Science. 1973. Vol. 181, No. 4102. P.803.

УДК 550.348

КОМПЛЕКСНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЫХ КАМЧАТСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: ОПЫТ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

В.А. Гаврилов, Ю.Ю. Бусс, Е.В. Полтавцева, А.В. Соломатин, Ю.В. Морозова

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
E-mail: vgavr1403@mail.ru

Повышение эффективности действующей в районе г. Петропавловска - Камчатского системы геофизического мониторинга процессов подготовки камчатских землетрясений является одной из наиболее актуальных для Камчатки научных и прикладных задач. В силу очень высокой сейсмической активности региона результаты этого направления исследований способны внести серьезный вклад в развитие теоретических представлений о процессах подготовки землетрясений, а также обеспечить информационную основу для достаточно надежного вероятностного среднесрочного и краткосрочного прогнозирования землетрясений в указанном районе Камчатки.

С 2000 г. в районе г. Петропавловска – Камчатского непрерывно функционирует Сеть комплексных скважинных измерений, обеспечивающая мониторинг процессов подготовки камчатских землетрясений с использованием девяти видов различных скважинных измерений [Гаврилов, Дещеревский, Власов, Бусс, Морозова, Полтавцева, Федористов, Денисенко, 2021]. При анализе результатов мониторинга дополнительно также используются данные, получаемые от других организаций. Как показывает опыт исследований, анализ временных рядов данных комплексных скважинных измерений совместно с рядами дополнительных видов измерений в ряде случаев позволяет ощутимо продвинуться в понимании физической основы результатов мониторинга напряженно-деформированного состояния геосреды. В частности, в этой связи можно указать на положительный опыт использования данных ГНСС наблюдений [Gavrilov, Poltavtseva, Titkov, Panteleev, Buss, 2023].

В докладе представлены результаты, позволяющие оценить роль сейсмических наблюдений в повышении эффективности действующей системы мониторинга процессов подготовки сильных камчатских землетрясений. В том числе, приводятся результаты сопоставления данных сейсмических наблюдений с результатами комплексных скважинных измерений, полученных на заключительных стадиях подготовки ряда сильных камчатских землетрясений.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 23-27-00352.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов В.А., Дещеревский А.В., Власов Ю.А., Бусс Ю.Ю., Морозова Ю.В., Полтавцева Е.В., Федористов О.В., Денисенко В.П. Сеть комплексных скважинных измерений Петропавловск-Камчатского геодинимического полигона // Сейсмические приборы, 2021. Т 57, № 3, С. 52-78.
2. Gavrilov V.A., Poltavtseva E.V., Titkov N.N., Panteleev I.A., Buss Yu.Yu. Monitoring of Changes in the Stress-Strain State of Geoenvironment at the Petropavlovsk Geodynamic Testing Site Based on the Multi-Instrumental Borehole and GPS Data during the Active Phase of Preparing the Zhupanovsky Earthquake (January 30, 2016, Mw 7.2) // Geodynamics & Tectonophysics 14 (6), 0732. 2023. doi:10.5800/GT-2023-14-6-0732.

УДК 550.348

СЕТЬ КОМПЛЕКСНЫХ СКВАЖИННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ – ОСНОВА СИСТЕМЫ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЫХ КАМЧАТСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

**В.А. Гаврилов¹, Ю.В. Морозова¹, Е.В. Полтавцева¹, Ю.Ю. Бусс¹, А.В. Дещеревский²,
О.В. Федористов¹, Ю.А. Власов¹, И.А. Сагарьяров¹, В.С. Лавров²**

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия*

² *Институт физики Земли РАН, г. Москва, Россия*

E-mail: morozova@ksnet.ru

Комплексные скважинные измерения проводятся на территории Петропавловск-Камчатского геодинамического полигона непрерывно с августа 2000 года. В настоящее время в состав Сети скважинных измерений входят пять радиотелеметрических пунктов, а также Центр сбора и обработки информации, расположенный в здании Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН [Гаврилов и др., 2021]. Проводимые на базе Сети исследования ориентированы на задачи мониторинга изменений напряженно-деформированного состояния (НДС) геосреды, отражающих процесс подготовки сильных камчатских землетрясений. Основные измерения на пунктах Сети проводятся с использованием датчиков, установленных в скважинах глубиной до 2542 м, что позволяет получать научные результаты, недостижимые при измерениях на земной поверхности. Важной особенностью Сети является комплексность проводимых измерений. Для мониторинга процессов подготовки камчатских землетрясений используются данные девяти видов измерений. Базовыми видами измерений являются скважинные геоакустические измерения и электромагнитные измерения с подземными электрическими антеннами. На основе данных этих видов измерений разработаны и успешно применяются в работе оригинальные методы мониторинга НДС геосреды, не имеющие аналогов на других геодинамических полигонах [Гаврилов, 2017]. Для повышения эффективности мониторинга к анализу данных скважинных измерений привлекаются результаты, полученные по дополнительным видам измерений. Хорошую согласованность с данными Сети показывают данные Камчатской сети Глобальной Навигационной Спутниковой Системы, которые сейчас используются при анализе результатов скважинных измерений на постоянной основе [Гаврилов и др. 2023]. С недавнего времени совместно с данными скважинных измерений используются результаты мониторинга полного электронного содержания ионосферы. С января 2014 г. лабораторией комплексного мониторинга сейсмоактивных сред ИВиС ДВО РАН регулярно на основе данных Сети подготавливаются заключения о текущей сейсмической опасности для района г. Петропавловска-Камчатского. Заключения подаются в Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, а также в Совет по прогнозу землетрясений и извержений вулканов ИВиС ДВО РАН.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 23-27-00352.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов В.А. Воздействие переменных электромагнитных полей на геоакустические процессы: эмпирические закономерности и физические механизмы: Дис. ... д-ра физ.-мат. наук. М.: ИФЗ РАН, 2017. 385 с.
2. Гаврилов В.А., Дещеревский А.В., Власов Ю.А., Бусс Ю.Ю., Морозова Ю.В., Полтавцева Е.В., Федористов О.В., Денисенко В.П. Сеть комплексных скважинных измерений Петропавловск-Камчатского геодинамического полигона. Сейсмические приборы, 2021. Т. 57. № 3. С. 52-78.
3. Гаврилов В.А., Полтавцева Е.В., Титков Н.Н., Пантелеев И.А., Бусс Ю.Ю. Мониторинг изменений напряженно-деформированного состояния геосреды в районе Петропавловского геодинамического полигона по данным комплексных скважинных и GPS-измерений на активной фазе подготовки Жупановского землетрясения (30.01.2016; Mw=7.2) // Геодинамика и тектонофизика. 2023. Т. 14, № 6.

УДК 550.348; 550.34.035; 551.2.02; 550.34

ИССЛЕДОВАНИЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНЦИЙ НАКЛОНОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ

В.Е. Глухов^{1,2}, Д.В. Дроздин¹, Е.О. Макаров^{1,2}

¹ Единая геофизическая служба РАН, Камчатский филиал, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

² Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
E-mail: ice@emsd.ru

Основной областью применения наклономеров в геофизике являются регистрация геодинамических процессов. Особенностью этого метода является непосредственное и непрерывное измерение наклонов, которое позволяет судить о локальных деформационных процессах, происходящих в точке наблюдения [Кузьмин, 2014]. Наклонометры активно используются для изучения приливных деформаций [Melchior, 1974; Agnew, 1986], мониторинге и поиске предвестников вулканических извержений [Жаринов, 1984; Широков, 2009]. На Камчатке в течение последних нескольких лет была создана сеть наклономерных наблюдений [Глухов и др., 2023].

Анализ данных наклономерных наблюдений в области частот, регистрируемых сейсмическими датчиками, является специфической задачей метрологии в геофизике. В работе проведен сравнительный анализ спектров записей различных телесейсмических и локальных Камчатских землетрясений на пунктах наклономерных наблюдений Камчатской сети со спектрами записей этих же событий региональной сетью сейсмических станций с целью выяснения характеристик имеющегося оборудования.

Экспериментально полученные отношения спектров представляют собой передаточную функцию наклонометра в диапазонах сейсмических частот с достаточным для уверенного выделения характеристики значением сигнал/шум.

Полученные аналитически передаточные функции рассматриваемых наклономерных станций позволяют с достаточной точностью проводить эмуляцию стандартных сейсмических приборов, используемых для определения энергетических параметров землетрясений в КФ ФИЦ ЕГС РАН. Результаты исследований дают основания утверждать, что платформенные датчики используемые в Камчатской сети наклономерных наблюдений могут быть использованы в качестве широкополосных сейсмометров для корректной регистрации как телесейсмических так и умеренных локальных событий. Полученные АЧХ наклономерных станций позволят использовать данные наклономерных наблюдений в определении параметров землетрясений в системе сейсмического мониторинга и службы предупреждения цунами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глухов В.Е., Макаров Е.О., Болдина С.В. Аппаратурно-программный комплекс сети наклономерных наблюдений за деформационными процессами на полуострове Камчатка // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2023. Т. 44, № 3. С. 157-172.
2. Жаринов Н.А. и др. Об изучении деформаций земной поверхности на Ключевском вулкане (1972-1982 гг.) // Вулканология и сейсмология. 1984. № 4. С. 67-75.
3. Кузьмин Ю.О. Актуальные проблемы идентификации результатов наблюдений в современной геодинимике // Физика Земли. 2014. № 5. С.51-64.
4. Широков И.А., Жаринов Н.А., Перцев Б.П. Анохина К.М. Вариации наклонов земной поверхности на Камчатке в районе Ключевского вулкана // Вулканология и сейсмология. 2009. № 6. С. 44-51.
5. Agnew D.C. Strainmeters and tiltmeters // Reviews of Geophysics. 1986. Vol. 24, N 3. P. 579-624.
6. Melchior P. Earth tides // Geophysical Surveys. 1974. Vol. 1. P. 275-303.

УДК 550.347

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ЗОНЫ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ В РАЙОНЕ О.САХАЛИН НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОБМЕННЫХ ВОЛН

А.Г. Гоев¹, Р.А. Резниченко¹, Д.В. Костылев²

¹ *Институт динамики геосфер им. ак. М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия*

² *Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

E-mail: goev@idg.ras.ru

Зоной фазовых переходов в верхней мантии (MTZ) является слой, лежащий на глубинах, близких к 410–660 км. Изучение характеристик этой области имеет важнейшее значение, т.к. она во многом контролирует массоперенос между верхней мантией и нижележащими частями Земли и существенно влияет на конвективные мантийные процессы. Оливин, основной минерал в составе верхней мантии, испытывает фазовый переход в вадслеит при РТ-условиях, существующих на глубине, близкой к 410 км, далее происходит переход в рингвудит на глубине по рядка 520 км и в бриджманит на глубине около 660 км [Ringwood, 1991]. Каждый из фазовых переходов сопровождается изменением кристаллической структуры вещества с увеличением плотности, особенно заметной для переходов на глубинах 410 и 660 км. Этот фактор, влияющий на скоростные характеристики среды, делает сейсмологические методы основными при изучении этих границ.

Глубины залегания границ 410 и 660 км, а также мощность MTZ, варьируются для различных регионов и даже в пределах одного региона. Важным фактором, влияющим на характеристики зоны фазовых переходов, является температурный режим. Так, при погружении в MTZ холодной субдуцирующей литосферы, граница 410 км поднимается вверх, тогда как граница 660 км опускается, в результате чего мощность зоны растёт [Helffrich, 2000].

В докладе представлены новые данные о строении MTZ на основе анализа цифровых данных, собранных широкополосными сейсмическими станциями Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН, расположенными на о. Сахалин. Для получения оценок аномалий залегания границ в MTZ был применен метод функций приемника, который, с одной стороны, является эффективным инструментом при анализе особенностей границ 410-660 [Bianch et al., 2021], а с другой, применялся к Дальневосточным данным более 30 лет назад [Винник и др., 1997].

Работа выполнена с использованием данных, полученных на уникальной научной установке “Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира”.

Исследования выполнены при в соответствии темой НИР № 122040400015-5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винник Л.П., Косарев Г.Л., Петерсен Н.В. Передаточные функции мантии в дальневосточной зоне субдукции // Доклады академии наук. 1997. Т. 353, № 3, С. 379-382.
2. Bianch M., Marcelo Assumpcao M., Koch C., Beck S. Effect of the cold Nazca Slab on the depth of the 660 km discontinuity in South America // Journal of South American Earth Sciences. 2021. Vol. 112. P. 103607.
3. Helffrich G. Topography of the transition zone seismic discontinuities // Rev. Geophys. 2000. Vol. 38, № 1. P. 141-158.
4. Ringwood A.E. Phase transformations and their bearing on the constitution and dynamics of the mantle // Geochim. Cosmochim. Acta. 1991. Vol. 55. P. 2083-2110.

УДК 553.89

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ КИСЛОРОДА НЕФРИТА ВОЙМАКАНСКОГО И НИЖНЕ-ОЛЛОМИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ

И.С. Гончарук^{1,2}, Е.В. Кислов², В.В. Вантеев², В.Ф. Посохов²

¹ Бурятский государственный университет им. Д. Банзарова, Улан-Удэ, Россия

² Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия

E-mail: goncarukirina993@gmail.com

Воймаканское и Нижне-Олломинское месторождения находятся в Средне-Витимской горной стране: Воймаканское в среднем течении р. Ципа в Баунтовском эвенкийском районе Бурятии, Нижне-Олломинское в бассейне р. Голубе – правого притока р. Бамбуйка в Муйском районе Бурятии. На площади месторождений преобладают граниты палеозойского витимканского комплекса с ксеноблоками доломитовых мраморов, амфиболитов, кристаллических сланцев, метапесчаников. Залежи нефрита находятся в телах кальцит-тремолитовых скарнов в контакте с различными алюмосиликатными породами.

Одним из важных индикаторов определения процессов нефритообразования является изучение изотопного состава кислорода ($\delta^{18}\text{O}$). На Нижне-Олломинском месторождении значение $\delta^{18}\text{O}$ 6 образцов нефрита различного цвета относительно SMOW составляет $-21.01 \div -18.14$ ‰; кальцит-тремолитового скарна -19.66 ‰; эпидот-тремолитового скарна -1.01 ‰. На Воймаканском месторождении значение $\delta^{18}\text{O}$ 4 образцов нефрита относительно SMOW составляет $-18.8 \div -18.5$ ‰; кальцит-тремолитового скарна -17.4 ‰; эпидот-тремолитового скарна $-4.4, 2.6$ ‰; доломита 26.1 ‰.

Аномально изотопно легкий кислород фиксируется в нефрите, в меньшей мере в связанных с ним метасоматических породах. Во вмещающих породах района он гораздо более тяжелый. Поэтому мы полагаем, что источник флюида не связан с вмещающими породами. В связи с этим высказанное ранее [Бурцева и др., 2015] предположение, что нефритообразующий флюид имел метеорное происхождение, выглядит убедительно. Аномально легкий изотопный состав кислорода был объяснен участием талых поверхностных вод [Высоцкий и др., 2014]. Резко отрицательные отношения изотопов О объясняются и другими механизмами: кинетическими эффектами [Дубинина и др., 2012] и термодиффузией [Акимова и др., 2017; Лохов и др., 2016].

Таким образом, для аподолмитового нефрита Витимской провинции характерен аномально легкий изотопный состав кислорода. Флюид не связан с вмещающими породами, а имеет метеорное происхождение.

РНФ № 22-27-20003, ЦКП «Геоспектр», АААА-А21-121011390003-9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова Е.Ю., Козлов Е.Н., Лохов К.И. Происхождение корундовых пород Беломорского подвижного пояса по данным геохимии изотопов благородных газов // Геохимия. 2017. № 11. С. 1015–1026.
2. Бурцева М.В., Рипп Г.С., Посохов В.Ф., Мурзинцева А.Е. Нефриты Восточной Сибири: геохимические особенности и проблемы генезиса // Геология и геофизика. 2015. Т. 56, № 3. С. 516–527.
3. Высоцкий С.В., Игнатьев А.В., Левицкий В.И., Нечаев В.П., Веливецкая Т.А., Яковенко В.В. Геохимия стабильных изотопов кислорода и водорода корундоносных пород и минералов Северной Карелии как индикатор необычных условий формирования // Геохимия. 2014. № 9. С. 843–853.
4. Дубинина Е.О., Перчук А.Л., Корепанова О.С. Изотопнокислородные эффекты при дегидратации глаукофанового сланца: экспериментальные данные при Р–Т условиях зоны субдукции // Доклады Академии наук. 2012. Т. 444, № 5. С. 534–538.

УДК 550.8.014

ИСПЫТАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ «ИМПУЛЬС» НА ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

С.А. Гуляков

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: gulyakov_97@mail.ru*

Обнаружение возмущений естественного электрического поля Земли, связанных с землетрясениями, остаётся одной из актуальных прогностических задач [Varotsos и др., 1996]. В задачах прогноза надёжность определения времени, места и силы землетрясения во многом связана с достоверностью причинноследственных связей наблюдаемых вариаций геофизических полей с приближающимся событием [Анисимов, 2023]. По этой причине, используя современные программно-аппаратные возможности, 28.06.23 на территории ИМГиГ ДВО РАН был организован стационарный пункт наблюдения за изменениями вариаций электротеллурического потенциала, разработанная система регистрации получила название «ИМПульс» (измерительный модуль-прототип). Поле электротеллурических потенциалов обусловлено сложным комплексом геофизических явлений, поэтому стоит уделить особое внимание процессу обработки регистрируемых сигналов. В этом отношении наибольший интерес представляет оценка влияния электрических полей техногенных и природных процессов [Адушкин и др., 2018] на общее изменение уровня измеряемого сигнала. С этой целью был проведен ряд экспериментов с искусственным вибро- и электровоздействиями. В первом случае влияние сейсмического воздействия оценивалась по ударам кувалды на расстоянии около 20 м от общей точки, в результате было зарегистрировано изменение амплитуды сигнала под действием упругих волн [Иванов, 1940]. Влияние электровоздействия оценивалось по работе электроимпульсной геофизической установки с разносом электродов 105 м, при этом расстояние до пункта измерения составило 280 м. В результате были получены записи форм напряжений импульсов генераторной установки по трём разным каналам. А при близком ударе молнии 19 сентября 2023 г. (менее 600 м) был зафиксирован быстрый переходный процесс, похожий на отклик линейного осциллятора с затуханием на ступенчатое возмущение.

Дополнительно было отмечено изменение амплитуды сигнала при смачивании грунта вблизи измерительных электродов раствором электролита (хлорида натрия).

Полученные в ходе экспериментов результаты легли в основу каталога событий, необходимого для создания эффективной методики обработки сигналов электротеллурического поля. Дополнение каталога новыми событиями происходит регулярно и исходит из возможностей инициирования изменения электрического поля в районе пункта наблюдения калиброванными источниками - сила и время воздействия контролируема.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адушкин, В. В. Электрические поля техногенных и природных процессов / В. В. Адушкин, С. П. Соловьев, А. А. Спивак. Москва: Изд-во ГЕОС, 2018. 461 с.
2. Анисимов, С. В. Электрические поля и токи слабопроводящей нижней атмосферы в глобальной электрической цепи: специальность 25.00.29 “физика атмосферы и гидросферы” : диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Анисимов Сергей Васильевич. Москва, 2003. 357 с.
3. Иванов А.Г. Сейсмoeлектрический эффект 2 рода // Известия АН СССР, серия географическая и геофизическая, 1940. № 5. С. 699-727.
4. Varotsos P., Alexopoulos K., Lazaridou M. Short term earthquake prediction from measurements of the electric field of the earth / Risque, nature et soci'et'e: Actes du s'eminare «Delphes I» [en ligne]. Paris (France), 'Editions de la Sorbonne, 1996. P. 139–154 DOI: 10.4000/books.psortbonne.32076.

УДК 551.21

КОМПЛЕКСНЫЕ ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ В XXI В. ПОД РУКОВОДСТВОМ А.В. РЫБИНА

А.В. Дегтерев, М.В. Чибисова

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: d_a88@mail.ru*

Молодой вулканизм, и в частности современные действующие вулcano-магматические системы Курильской островной дуги, изучены к настоящему недостаточно. В значительной мере это связано со значительной протяженностью архипелага и труднодоступностью большинства объектов. В особенности это касается островов центрального звена (Расшуа, Матуа, Симушир и др.), планомерные геолого-вулканологические работы на которых были прекращены почти пол века назад.

В 2000-х гг. на Центральных и Северных Курилах под руководством к.г.-м.н., заведующего лабораторией вулканологии и вулcanoопасности ИМГиГ ДВО РАН А.В. Рыбина (20.05.1958 - 11.01.2024) были проведены уникальные комплексные вулканологические экспедиции (напр.: Левин и др., 2009; Рыбин и др., 2015, 2017), ставшие на этих островах первыми за долгие годы. В ходе полевых работ, проводившихся на удаленных и слабоизученных объектах совместно с коллегами из академических институтов Владивостока и Новосибирска, были получены новые актуальные данные о современной вулканической активности, истории вулканизма и развитии природной среды островов в голоцене. Часть материалов была опубликована в виде статей, монографических изданий, а также послужила основой для написания нескольких диссертаций.

В настоящее время фактический материал, полученный благодаря энтузиазму, научной интуиции и организаторским способностям А.В. Рыбина, включает представительные коллекции образцов вулканитов (в т.ч. лав, пирокластики, вулканических пеплов), подробные описания опробованных геологических разрезов, точки наблюдения отложений, фотоматериалы и пр., которые позволят заметно продвинуться в изучении вулканизма Курильской островной дуги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Б.В., Рыбин А.В., Раззигаева Н.Г. и др. Комплексная экспедиция “Вулкан Сарычева-2009” (Курильские острова) // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2009. № 6 (148). С. 98-104.
2. Рыбин А.В., Богомолов Л.М., Дегтерев А.В. и др. Полевые вулканологические и экологические исследования на Курильских островах в 2015 г. // Вестник Камчатской региональной ассоциации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. 2015. № 4(28). С. 94-99.
3. Рыбин А.В., Дегтерев А.В., Дудченко И.П. и др. Комплексные исследования на острове Матуа в 2017 году // Геосистемы переходных зон. 2017. Т. 1, № 4. С. 21-29.

УДК 551.248.2+550.341

О КИНЕМАТИКЕ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ САХАЛИНА НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В.А. Дегтярев, П.А. Каменев

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: degtyarevvladislav96@yandex.ru

С использованием ГИС закартированы разрывные нарушения о. Сахалин, представленные на государственных геологических картах масштаба 1:1 000 000 и масштаба 1:200 000 а также картах масштаба 1:50 000 [Дымович и др., 2016; Чумаков и др., 2020]. Кроме того, использованы результаты работ других исследователей, опубликованные как в виде публикаций, так и в виде цифровой информации с открытым доступом. С помощью этих данных о структурно-геологических исследованиях, были выделены преобладающие кинематические типы основной системы разрывных нарушений о. Сахалин. Сопоставление кинематических характеристик разломов на основе определений механизмов очагов землетрясений и характеристик, полученных с помощью структурно-геологических методов, показало удовлетворительное соответствие этих данных. Для южной и северной части о. Сахалин преобладающим кинематическим типом разрывных нарушений является взброс/надвиг. Для центральной части Сахалина характерен смешанный тип кинематики – преимущественно взбросового типа, реже сброс и сдвиг. Выделены две малоинформативные зоны, по которым практически отсутствуют данные как о механизмах очагов землетрясений, так и структурно-геологические. На их границах отмечено большее количество механизмов очагов землетрясений со сдвиговой компонентой [Каменев и др., 2024].

Проведенное исследование рассматривается авторами как начальный этап интеграции в ГИС разнородной геолого-геофизической информации. Продолжается развитие новых слоев в формирующейся базе данных, в частности дополнение ее тектонофизическими, геологическими и геофизическими данными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дымович В.А., Евсеев С.В., Евсеев В.Ф. и др. (сост.) 2016. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Дальневосточная. Лист М-54 (Александровск-Сахалинский): объяснительная записка. СПб.: Картогр. фабрика ВСЕГЕИ, 599 с.
2. Чумаков Л.М., Евсеев С.В., Зуева О.С. и др. (сост.) 2020. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2. Серия Сахалинская. Лист N-54-XXIX (Нефтегорск): объяснительная записка. СПб.: Картогр. фабрика ВСЕГЕИ, 187 с.
3. Каменев П.А., Дегтярев В.А., Жердева О.А., Костров Ю.В. Кинематика разрывных нарушений Сахалина по геологическим и сейсмологическим данным. Геосистемы переходных зон, 2024. Т. 8, № 1. с. 37–46.

УДК 550.31

ИЗУЧЕНИЕ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА В БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЕ

А.А. Добрынина^{1,2,3}, А.В. Саньков¹, В.А. Саньков^{1,2}

¹ *Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия*

² *Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, г. Иркутск, Россия*

³ *Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия*

E-mail: dobrynina@crust.irk.ru

С 2020 года Институтом земной коры СО РАН начаты работы по комплексному изучению возможных предвестников опасных геологических процессов в различных геофизических полях в Байкальской рифтовой системе (БРС) – одном из наиболее сейсмически активных регионов России. Помимо землетрясений, БРС характеризуется проявлениями разнообразных опасных геологических процессов, таких как сели, паводки, обвалы и оползни, лавины, карстовые проявления [Семинский др., 2022]. Основная масса землетрясений БРС сосредоточена в достаточно узкой полосе, протягивающейся вдоль оси рифтовых впадин, Сибирская платформа практически асейсмична, Забайкальский блок характеризуется рассеянной умеренной сейсмичностью [Адвокатов и др., 2012]. В самой Байкальской впадине наиболее сейсмически активной является ее южная часть, на прилегающих к ней территориях южного Прибайкалья и Забайкалья (Иркутская область, республика Бурятия) находятся крупные города, населенные пункты, а также опасные производства, линейные сооружения, плотина ГЭС (г. Иркутск), автомагистрали и линии Восточносибирской железной дороги. Данные районы также отличаются высоким уровнем селеопасности (область Тункинских впадин, горное обрамление Южнобайкальской впадины). По этим причинам территория Южного Байкала была выбрана в качестве исходной для организации работ по комплексному мониторингу опасных геологических процессов.

В настоящее время развернута сеть полигонов комплексного мониторинга на территории Южного Прибайкалья и Забайкалья. Полигоны оснащены современным высокоточным оборудованием для непрерывного мониторинга скоростей современных движений земной коры, деформаций горных пород, сейсмического и микросейсмического режима, эманаций радона, магнитотеллурического поля Земли, метеопараметров и температурного режима грунтов, режима подземной гидросферы. Основной задачей мониторинга является поиск предвестников и создание фундаментальных основ прогноза опасных геологических процессов.

За годы функционирования сети полигонов комплексного мониторинга установлено, что в ближней к очагу зоне (до 150 км) сильные сейсмические события проявляются практически во всех изучаемых в режиме мониторинга полях. Характер и интенсивность этих проявлений зависят от параметров землетрясения (положение, магнитуда, глубина, фокальный механизм) и от локальных геологических условий полигонов мониторинга. В целом, полученные результаты свидетельствуют об эффективности сети полигонов комплексного мониторинга для изучения предвестников сильных землетрясений на территории БРС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семинский К.Ж., Добрынина А.А., Борняков С.А., Саньков В.А., Поспеев А.В., Рассказов С.В., Перевалова Н.П., Семинский И.К., Лухнев А.В., Бобров А.А., Чебыкин Е.П., Едемский И.К., Ильясова А.М., Салко Д.В., Саньков А.В., Король С.А. Комплексный мониторинг опасных геологических процессов в Прибайкалье: организация пилотной сети и первые результаты // Геодинамика и тектонофизика. 2022. Т. 13, № 5. С. 0677.
2. Адвокатов В.Р. и др. Сейсмоионосферные и сейсмoeлектромагнитные процессы в Байкальской рифтовой зоне / отв. ред. Г.А. Жеребцов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 304 с.

УДК 87.55.33

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ СРЕДСТВ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

И.П. Дудченко

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: ilpadu@mail.ru

Появление первых средств радиосвязи в начале прошлого века явилось рождением новой области человеческой деятельности – электроники. На протяжении последующих десятилетий сама электроника, находя применение во все новых и новых областях человеческой деятельности, сама явилась фактором развития этих областей. Многие из них уже немыслимы без электроники, к примеру, уже далеко не каждый специалист по компьютерной технике знает, что такое «механическое счетно-решающее устройство». Во второй половине 20-го века началось внедрение электронной техники в системы измерений, сначала в качестве вспомогательного элемента, а со временем сама измерительная техника стала по сути электронной, точнее – электронно-измерительной техникой. При всей своей гигантской (без преувеличения) сложности электронных схем открывшиеся возможности вытеснили целый ряд специфических проблемно-ориентированных устройств типа стрелочных приборов или самописцев. В 21 веке появились принципиально новые возможности, которые существенно повлияли на сами методики измерений. К примеру, на рынке появились серийно выпускаемые сейсморазведочные станции, вообще не имеющие в своей структуре фильтров входного сигнала, так как большая разрядность и высокая частота дискретизации современных микросхем аналого-цифровых преобразователей позволили работать с сигналом в его «первозданном виде», при необходимости устраняя шумы уже на уровне конечной обработки, или попросту выделяя из цифрового сигнала интересующую область спектра. Развитие средств передачи данных дало возможность передавать с большой скоростью оцифрованный сигнал как на уровне измерительного комплекса, так и на уровне глобальной сети Internet. Работа выполнена в рамках темы FWWM-2024-0006.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов Л.М., Костылев Д.В., Костылева Н.В., Гуляков С.А., Дудченко И.П., Каменев П.А., Стовбун Н.С. Наблюдения обратного сейсмоэлектрического эффекта II рода при электротеллурических зондированиях в районе Центрально-Сахалинского разлома // Геосистемы переходных зон. 2023. Т. 7, № 2. С. 115-131.
2. Борко И.А., Волосников А.С. Основные этапы становления динамических измерений как науки, современные пути развития: Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований // Сб. матер. XXX междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: Изд-во: ООО «Центр развития научного сотрудничества», 2017 С. 108-112.
3. Закупин А.С., Дудченко И.П., Богомолов Л.М., Гуляков С.А., Казаков А.И., Стовбун Н.С. Кратковременные вариации электротеллурического поля вблизи очага землетрясения на о. Сахалин // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2024. Т. 46, № 1. С. 133-163.
4. Паровышний В.А., Казаков А.И. вариации естественных геофизических полей над залежью газа в связи с проблемой оперативного прогноза сейсмических событий // глубинное строение, геодинамика, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей: матер. Всеросс. конф. с междунар. уч. Екатеринбург: Изд-во Института геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН, 2017. С. 329-333.
5. Логические системы. Режим доступа: <https://logsys.ru/> [01.04.2024].
6. Новые сигма-дельта АЦП фирмы Analog devices. Режим доступа: <http://pandia.ru/text/78/343/911.php> [01.04.2024].
7. High Resolution Seismic Recorders, Sensors & Software. Access mode: <http://www.reftek.com/> [01.04.2024].

УДК 551.21+550.34

ВОЗМОЖНОСТЬ ОТКЛИКА ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ НА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ПРИ БОЛЬШИХ ЭПИЦЕНТРАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ (> 200 КМ)

В.В. Ершов

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: valery_ershov@mail.ru

Вопрос о связи грязевого вулканизма и сейсмичности широко обсуждается в последние несколько десятилетий. Уже известно большое количество извержений, которые рассматриваются как отклик грязевого вулкана на землетрясения [Mellors et al., 2007; Manga et al., 2009; Bonini, 2021]. При этом считается, что триггерный эффект проявляется в основном на эпицентральных расстояниях до 100 км, где интенсивность землетрясения составляет примерно 6 баллов по шкале Меркалли. Возникает вопрос о возможности запуска извержений грязевых вулканов от далеких землетрясений.

Существуют зависимости между магнитудой и эпицентральной расстоянием, позволяющие оценить пороговое значение сейсмического воздействия, при котором будет наблюдаться отклик природных флюидных систем, в том числе грязевых вулканов. Само по себе превышение этого порогового значения необязательно приводит к грязевулканическому извержению. Совместный анализ каталогов землетрясений и извержений грязевых вулканов показал, что доля постсейсмических извержений в Азербайджане и Керченско-Таманском регионе составляет небольшой процент от потенциально ожидаемых [Ustyugov, Ershov, 2021]. Это затрудняет надежную привязку грязевулканического извержения к конкретному землетрясению и дает простор для разного рода допущений и предположений.

Существующие зависимости для порогового значения триггерного эффекта распространяются в область больших эпицентральных расстояний. Однако в настоящее время известно мало случаев, когда грязевулканическое извержение считается откликом на землетрясение с эпицентральной расстоянием более 200 км. В основном информация о таких извержениях получена из новостных интернет-сайтов, т.е. необходимые научные обследования извержений не проводились. Соответственно отсутствует объективное подтверждение факта и даты извержений, объема выбросов и т.п. Сейчас самым далеким откликом – для расстояния около 1000 км – считается извержение грязевого вулкана на о. Баратанг (Андаманский архипелаг, Индия) после Суматра-Андаманского мегаземлетрясения 26 декабря 2004 г. Это извержение сразу же было записано в последствия землетрясения [Jain et al., 2005], но достоверная информация о нем практически отсутствует. Результаты наших исследований показывают, что самым далеким откликом может считаться достоверно зафиксированное извержение Южно-Сахалинского грязевого вулкана в 2011 г., которое с большой вероятностью было инициировано мегаземлетрясением Тохoku с эпицентральной расстоянием чуть меньше 1000 км. Возможные даты извержения были недавно уточнены сотрудниками лаборатории экологии растений и геоэкологии ИМГиГ ДВО РАН при изучении динамики растительного покрова по данным дистанционного зондирования Земли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bonini M. Structural controls and earthquake response of Taiwan mud volcanoes // Mar. Petr. Geol. 2021. Vol. 128. 105050.
2. Jain S.K., Murty C.V.R., Rai D.C. et al. Effects of M9 Sumatra earthquake and tsunami of 26 December 2004 // Current Science. 2005. Vol. 88(3). P. 357-359.
3. Manga M., Brumm M., Rudolph M.L. Earthquake triggering of mud volcanoes // Mar. Petr. Geol. 2009. Vol. 26. P. 1785-1798.
4. Mellors R., Kilb D., Aliyev A. et al. Correlations between earthquakes and large mud volcano eruptions // J. Geophys. Res. 2007. Vol. 112. B04304.
5. Ustyugov G.V., Ershov V.V. Mud volcanism as a dangerous phenomenon for oil and gas facilities // IOP Conf. Series Earth Env. Sc. 2021. Vol. 946. 012030.

УДК 551.21+550.42

СПЕЦИФИКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТВЕРДЫХ ВЫБРОСОВ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

В.В. Ершов

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: valery_ershov@mail.ru*

Грязевые вулканы в основном приурочены к нефтегазоносным впадинам альпийской зоны складчатости, в которых формируются мощные осадочные толщи. Выбросы грязевых вулканов включают в себя твердую, жидкую и газовую составляющие. В настоящее время не разработана геохимической модели грязевулканической деятельности, которая могла бы целостно объяснить источники грязевулканического вещества, взаимосвязи между разными его компонентами, его преобразование при миграции из земных недр на поверхность. Пока идет накопление эмпирических данных, которое происходит крайне неравномерно – хуже всего изучена твердая составляющая грязевулканических выбросов, которую часто называют сопочной брекчией.

Литохимия изучает химический состав осадочных горных пород, чтобы получить информацию об условиях и процессах их формирования и последующего преобразования с течением времени. Она дает набор инструментов для классификации осадочных пород, оценки геодинамических обстановок их формирования, определения степени постседиментационных изменений и т.п. Использование этих апробированных инструментов открывает определенные перспективы для изучения сопочной брекчии. Подобные литохимические исследования начались только недавно и позволили получить первые результаты [Ершов, Перстнева, 2018; Маслов и др., 2020, 2023].

Отбор проб свежей сопочной брекчии обычно производится из грифонов и салъз грязевого вулкана и содержит некоторое количество грязевулканической воды, доля которой часто бывает более 50 % от общего объема взятой водогрязевой смеси. Далее эта водогрязевая смесь высушивается, сопочная брекчия растирается и отдается на элементный анализ. Результаты наших исследований показали, что при таком способе пробоподготовки происходит искажение элементного состава сопочной брекчии. После выпаривания к сопочной брекчии добавляются соли, растворенные в грязевулканической воде, тем самым изменяя массовые концентрации определяемых элементов. Чтобы избежать указанного искажения, необходимо отмыть сопочную брекчию от легкорастворимых солей, т.е. провести ее декантацию. В настоящей работе использованы пробы сопочной брекчии из грязевых вулканов Сахалина и Азербайджана. Установлено, что степень искажения концентрации определяемого элемента зависит от минерализации и состава грязевулканической воды, а также ее доли в исходной пробе водогрязевой смеси. Поскольку большинство грязевулканических вод относятся к Cl-Na , $\text{Cl-HCO}_3\text{-Na}$ и $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$ типам, то наибольшие искажения наблюдаются для концентрации Na и потерь при прокаливании. Соответственно в этом случае сильно изменится положение фигуративных точек на дискриминантных палеогеодинамических диаграммах $\text{K}_2\text{O/Na}_2\text{O-SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O/Na}_2\text{O}$. Помимо петрогенных элементов в декантированных пробах изменяется также содержание микроэлементов. Причем изменяться могут и соотношения между микроэлементами, которые широко используются, например, для реконструкции источников сноса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов В.В., Перстнева Ю.А. Литохимическая характеристика сопочной брекчии грязевых вулканов мира // Отечественная геология. 2018. № 4. С. 72-83.
2. Маслов А.В., Стародымова Д.П., Шевченко В.П., Бычков А.Ю. Биофильные микроэлементы и углерод в сопочных илах грязевых вулканов Северо-Западного Кавказа // Геология и геофизика Юга России. 2024. Т. 14, № 1. С. 6-18.
3. Маслов А.В., Шевченко В.П. Систематика редких и рассеянных элементов в сопочном иле грязевых вулканов Северо-Западного Кавказа // Геохимия. 2020. Т. 65, № 9. С. 886-910.

УДК 551.23

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ДАГИНСКИХ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ (О. САХАЛИН) В 2022-2024 ГГ.

Р.В. Жарков

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: rafael_zharkov@mail.ru*

Дагинское месторождение термоминеральных вод находится на северо-востоке о. Сахалин, в районе с. Горячие Ключи (МО «Городской округ Ногликский» Сахалинской области), на побережье Ныйского залива Охотского моря. Месторождение с 1986 г. включено в ООПТ регионального значения «Дагинские термальные источники», имеет большой рекреационно-туристский потенциал, но неудовлетворительное эстетическое и санитарное состояние источников не позволяло его развивать. На месторождении несколько десятков источников делятся на три участка: Северный, Центральный и Южный [Жарков, 2018]. Источники Северного участка разгружаются в пределах литоральной зоны Ныйского залива и в максимальный прилив заливаются морскими водами, хлоридные натриевые гидротермы имеют среднюю температуру 28–40 °С и минерализацию 2–9 г/л. Хлоридно-гидрокарбонатные натриевые источники Центрального и Южного участков расположены на заболоченной территории, имеют температуру 25–50 °С и минерализацию 1.5–2.5 г/л. В 2020–2021 гг. на Центральном и Южном участках месторождения проводилась активная фаза реконструкции и обустройства купелей термальных источников. В результате строительных работ, затронувших 6 наиболее посещаемых источников, вода в купелях стала прохладной, вследствие чего часть термальных источников перестали использовать в бальнеотерапевтических целях [Жарков, 2021]. Периодические исследования температурного режима в 2022–2024 гг. показали, что в источнике Александровский после повторной реконструкции и исправления конструкции купели температурный режим восстановился до прежних значений (41–42 °С в марте 2024 г.). В источнике Патриот, ранее пользующимся большой популярностью у посетителей, температура упала до 32 °С (март 2024 г.) и в настоящее время источник не посещается. Также практически не посещают источники Мечта (34 °С) и Молодость (35–36 °С) на Южном участке месторождения термоминеральных вод. Таким образом, из 6 обустроенных источников активно посещаются, в зависимости от сезона года, только 2-3 источника. Для полного восстановления температурного режима Дагинских источников необходимо исправить ошибки проектирования и реконструкции купелей источников, а также проводить сезонный мониторинг физико-химических показателей гидротерм района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жарков Р.В. Современные физико-химические особенности термоминеральных вод Дагинского месторождения (о. Сахалин) // Мониторинг. Наука и технологии. 2018. № 4(37). С. 6-11.
2. Жарков Р.В. Мониторинг температуры Дагинских термальных источников в 2019-2021 годах (остров Сахалин) // Мониторинг. Наука и технологии. 2021. № 4(50). С. 36-40.

УДК 550.343.64

АКТИВНОСТЬ АПРЕЛОВСКОГО РАЗЛОМА В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ГОРОДА ЮЖНО-САХАЛИНСК ПО АКТУАЛЬНЫМ ДАННЫМ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

А.С. Закупин

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: dikii79@mail.ru*

Изучение сейсмичности в районе активных разломов Сахалина важное направление исследований, которое занимает в Институте морской геологии и геофизики ДВО РАН одну из приоритетных позиций. Не менее важно, что в Институте регулярны попытки обогатить эти исследования новыми пунктами измерений различных геофизических данных. Инструментальные данные о землетрясениях Сахалина имеются лишь за последние 80 лет (а цифровые есть лишь в текущем столетии), а период повторяемости катастрофических землетрясений, связанных с сейсмогенными подвижками по активным разломам Сахалина, измеряется многими сотнями и тысячами лет. Следовательно, ответить на вопросы “где, какой силы и как часто” на Сахалине происходят катастрофические землетрясения, можно лишь путем получения максимально возможной информации в непосредственной близости к разломной зоне.

К настоящему времени с разной степенью детальности изучены главные активные разломы Северо-Восточного Сахалина, Поронайской и Сусунайской депрессий. Основной сейсмогенерирующий структурный элемент южной части Сахалина – Апреловский активный разлом, который отделяет восточные предгорья Западно-Сахалинских гор от смежной с ними Сусунайской депрессии. Именно этот протяженный (около 100 км) разлом и представляет основной объект исследований.

На самом деле, в недавнем геологическом прошлом (за последние 10-15 тыс. лет) в пределах Сусунайской депрессии неоднократно происходили сейсмические катастрофы, не уступавшие по силе Нефтегорскому 1995 г. и Углегорскому 2000 г. землетрясениям. Причина этих землетрясений – резкие сбросы напряжений, накопившихся на плоскости Апреловского активного разлома, которые приводили к сейсмогенным подвижкам с образованием сейсморазрывов земной поверхности. Последнее катастрофическое землетрясение ($M \geq 8$) имело место в Сусунайской депрессии менее чем 800 лет тому назад, и вот уже не менее чем 500 лет сколько-нибудь значительные сейсмические события здесь не происходили. Заметим, что ранее не было известно о возможности возникновения столь сильных землетрясений в Сусунайской депрессии.

Сейсмический режим в разломной зоне рассмотрен за период с 1997 по 2024 гг. (по данным современной сети цифровых станций ФИЦ ЕГС РАН). Электротеллурические наблюдения имеют меньший период наблюдений (в непрерывном режиме на современной аппаратуре) и берут своё начало с июня 2023 года, однако определяют в данном исследовании критически важную часть результата.

В результате исследований изучена динамика сейсмического процесса, сделаны оценки его дальнейшего развития и показана взаимосвязь с данными непрерывных измерений электротеллурического поля (ЭТП). В частности рассмотрены вариации ЭТП, которые могли бы иметь корреляции с землетрясениями умеренной магнитуды ($M > 3$). Установлены характерные изменения ЭТП перед самым сильным землетрясением за последние 7 лет (09.08.2023, $M = 3.8$) в ближней зоне от пункта измерений (до 0.25 градусов в радиусе).

УДК 550.343.64

**РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ТУРЦИИ
(06.02.2023, $M_w=7.7$) МЕТОДОМ LURR В КОМПЛЕКСЕ С АНАЛИЗОМ
ДИНАМИКИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЧАГОВОЙ ОБЛАСТИ**

А.С. Закупин¹, Н.А. Сычева²

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия*

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

E-mail: dikii79@mail.ru

Рассмотрены вариации параметра среднесрочного прогноза землетрясений LURR (load-unload response ratio) в сочетании с изменениями режимов сейсмотектонических деформаций (СТД) для области Восточно-Анатолийского (ВАРЗ) разлома, где в феврале 2023 года произошли катастрофические землетрясения (06.02.2003, $M_w = 7.8$, 06.02.2003, $M_w = 7.6$). Глубина каталога землетрясений для расчётов по методу LURR была равна 23 годам, а оценки режимов СТД удалось получить с 1976 года.

Для обработки данных мы использовали программный комплекс Seis-ASZ, разработанный в ИМГиГ ДВО РАН, и авторские методики по определению параметров обработки и расчётных выборок. В частности, это касается определения параметров расчета параметра LURR во времени, правил выявления аномалий LURR, условий сканирования территории, которая во много раз превышает расчетную площадь, и выбора объектов прогноза. Расчёты показали удовлетворительные результаты по выявлению аномалий LURR перед сильными землетрясениями. На исследуемой территории параметр LURR проявляет высокую активность. Это заставило нас использовать высокий порог обнаружения аномалий равный десяти (на Сахалине мы обходились значением три). При таком пороге количество аномалий в отдельных областях расчёта не превышает 5 за 23 года, а в основной массе областей их около 2-х.

Почти половина аномалий (43% по порогу 10) произошла в полуторагодовой период до дублета, и ассоциируются нами как предвестники. Предвестники были зарегистрированы двумя сериями аномалий параметра LURR в 2021 и 2022 гг., а области расчета, в которых они были зарегистрированы, компактно покрывают Восточно-Анатолийский разлом, включая эпицентры землетрясений 6 февраля 2023 года. Результаты расчётов по методу LURR сопоставлялись с данными реконструкции по методу СТД.

Впервые в нашей практике результаты анализа по методу LURR сопоставлялись с результатами реконструкции по методу СТД, причём основной задачей являлось выстроить динамику процесса подготовки землетрясения в его финальной части – от появления аномалии LURR до землетрясения. При этом также учитывался период до появления аномалии (почти 20 лет). Результаты показали, что в период аномального поведения LURR (прогнозный период) наблюдались наиболее значимые изменения геодинимического режима, равно как и резкий рост общей сейсмической активности. В дальнейшем представляет интерес развивать кооперацию двух методов (LURR и СТД).

УДК 551.248.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОСРЕДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ АНИВСКИХ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ О. САХАЛИН

А.Е. Заболотин

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: zabolotin.andrey@gmail.com*

Извлечение углеводородов и закачка флюидов при эксплуатации месторождений нефти и газа приводит к перераспределению напряжений в геосреде и часто несет ответственность за изменение динамики сейсмического режима в близлежащих зонах с активными тектоническими нарушениями.

Остров Сахалин является одним из самых сейсмоактивных регионов России. Наибольшему риску возникновения крупных сейсмических явлений подвержены территории в окрестностях крупных разломов. Поэтому наблюдения за сейсмической активностью, связанными с ней напряжениями и деформациями, а так же возможный сейсмический прогноз является весьма актуальной задачей.

Для моделирования напряженно-деформированного состояния выбран южный сегмент ЦСР, в районе группы анивских газовых месторождений, так как данная часть разлома достаточно хорошо изучена как геофизическими методами, так и бурением.

Исходными данными для создания модели послужили результаты сейморазведки ГСЗ, каротажа скважин, измерения в пунктах наблюдения GPS/ГЛОНАСС, сейсмологические данные [Лившиц М.Х., 1972, Прытков А.С. и др., 2018]. Плотности и геомеханические параметры рассчитывались на основе данных скоростной модели из [Прытков А.С. и др., 2018]. При расчете плотностей использовали соотношения из работы [Каменев П.А. и др., 2019]. Геомеханические параметры были рассчитаны на основе феноменологических зависимостей соответствующих параметров от скоростей продольных волн. Значения модуля Юнга получены на основе соотношения из работы [Каменев П.А. и др., 2019]. Коэффициенты Пуассона были подобраны путем обобщения работ различных авторов [Каменев П.А. и др., 2019]. Источником данных о скорости деформации исследуемого участка являются натурные измерения, полученные в работе [Лившиц М.Х., 1972].

В данной работе проведено численное моделирование напряженно-деформированного состояния среды, возникающего в результате извлечения флюидов в рамках геомеханической модели на примере Анивских газовых месторождений о. Сахалин [Kamenev P.A., 2022], расположенных в непосредственной близости от активного Центрально-Сахалинского разлома, показаны зависимости уровня сейсмичности от графика добычи газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменев П.А., Заболотин А.Е., Дегтярев В.А., Жердева О.А., Разработка геомеханической модели активного разлома южного Сахалина // Геосистемы переходных зон. 2019. № 3. С.287-295. doi:10.30730/2541-8912.2019.3.3.287-295
2. Лившиц М.Х. Глубинное строение Сахалина по геофизическим данным // Геофизический сборник. Южно-Сахалинск, 1972. Вып. 24, № 2. С. 16–25.
3. Прытков А.С., Василенко Н.Ф. Деформации земной поверхности острова Сахалин по данным GPS-наблюдений // Геодинамика и тектонофизика, 2018. Т. 9, № 2. С. 503514. doi:10.5800/GT-2018-9-2-0358.
4. Kamenev P.A. On the Relationship of an Active Fault Seismicity with the Gas Production Dynamics by Example of the Aniva Gas Fields on Sakhalin Island // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 988. 022079. DOI:10.1088/1755-1315/988/2/022079

УДК 502.12:504.5:551.462.32(268.4)

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ВОДЕ ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ О.САХАЛИН: РЕЗУЛЬТАТЫ ЧЕТЫРЕХЛЕТНЕГО ЦИКЛА МОНИТОРИНГА

В.В. Иванова, В.И. Слинченков, А.О. Карташев

ВНИИ Океангеология им. акад. И.С.Грамберга, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: v.v.ivanova@vniio.ru

В настоящей работе представлены статистические данные и аналитические оценки, полученные по результатам ведения мониторинга состояния недр прибрежно-шельфовых зон Японского и Охотского морей Российской Федерации в 2020-2023 гг. по опасным экзогенным геологическим процессам. Наблюдательная сеть мониторинга состояла из 10 полигонов, расположенных в прибрежно-шельфовых зонах Японского (Татарский пролив) и Охотского (залив Анива, Восточносахалинский шельф) морей. При работах применялся традиционный спектр геолого-геофизических методов работ на акватории: эхолотирование с локацией бокового обзора, опробование донных отложений и придонной морской воды, определение состава газовой фазы донных отложений и морской воды, определение геохимических индикаторов грязевого вулканизма в донных отложениях.

Газо-флюидная разгрузка и грязевой вулканизм несут прямую угрозу устойчивости инженерных объектов в прибрежной зоне. Выделены зоны повышенной активности газо-флюидной разгрузки на Охотском шельфе и в акватории Татарского пролива. По данным газогеохимических исследований окартированы зоны устойчивой газо-флюидной разгрузки на участках в заливе Анива (Песчанское, Таранай) и на Восточносахалинском шельфе (Восточное и Взморье), а также впервые в четырехлетнем цикле мониторинга были выделены зоны газо-флюидной разгрузки на участках Пригородное и Соловьевка.

В 2023 году комплексные аномалии УВ и неорганических газов отмечены в придонных средах участков Ясноморское, Холмск, Восточное, Таранай и Соловьевка. Аномальные и повышенные содержания гелия и водорода, свидетельствующие о современной тектонической активности региона, зафиксированы в донных осадках и придонной воде на участках Татарского пролива (Холмск, Ясноморское) и залива Анива (Таранай и Соловьевка).

Проявления грязевого вулканизма установлены на пункте наблюдения Восточное нами впервые в 2021 г. Здесь отмечаются аномальные содержания метана и его гомологов в донных отложениях и придонной воде, также, кроме газов, в донных отложениях обнаружены индикаторы грязевого вулканизма (ртуть и ПАУ).

Анализ данных мониторинга показывает, что в газовом составе придонных сред преобладают углеводороды миграционной и смешанной природы. Участки повышенных содержаний приурочены к зонам влияния разрывных нарушений, причем это распределение коррелирует с распределением гелия и водорода. Лишь в некоторых станциях можно предположить наличие биогенной компоненты.

В 2023 году в исследуемом регионе наблюдалась активизация геодинамических процессов, приводящих к появлению газовых аномалий миграционной природы. Это связано с более высокой, чем в 2022 году, сейсмической активностью региона [Kononov et al., 2022; www.eqalert.ru].

Исследования выполнены в рамках государственного задания Федерального Агентства по недропользованию для ФГБУ «ВНИИОкеангеология».

ЛИТЕРАТУРА

1. Карта землетрясений онлайн - <http://www.eqalert.ru/> (дата обращения 26.03.2024).
2. Kononov A.V., Stepnov A.A., Bogdanov E.S. et al. New Tools for Rapid Assessment of Felt Reports and a Case Study on Sakhalin Island // Seism. Instr. 2022. Vol. 58, P.676-693.

УДК 550.837.2

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ИССЛЕДОВАНИИ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В СЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЗОНАХ

А.И. Казаков

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: legn@inbox.ru

В ИМГиГ ДВО РАН в течение 20 последних лет производилось изучение связи вариаций электротеллурического поля с сейсмическими событиями. Полнота временных рядов электрического напряжения составляла в среднем около 60 %. Круглогодичные наблюдения были организованы только в одном полевом сезоне, однако непрерывной записи не получилось и тогда из-за сбоя энергоснабжения. Все основное время запись велась с дискретностью 0.1 Гц. Статистические показатели рядов сильно различались для данных Южно-Луговского и Ламанонского полигонов. Наибольший интерес представляли отдельные сейсмические события, реакция на которые была весьма отчетливой, в том время как другие события сопоставимых магнитуды, удаления и глубины очага могли практически не вызывать возмущений электротеллурического поля. По итогам этой работы так и не удалось обнаружить какого-либо убедительного предвестника землетрясений.

В связи с этим был поставлен вопрос о перспективности данного направления исследований и актуализирован обзор достижений в этой области за последние годы. Изучено 60 источников, в том числе 25 зарубежных. Выяснилось, что результаты других исследователей, в целом, соотносятся с результатами ИМГиГ ДВО РАН, хотя в каждом случае методика измерений не представляется возможной для точного воспроизведения, что вносит трудности в накопление и систематизацию опыта по данному вопросу. Мировой опыт показывает, что реакция электротеллурического поля на сейсмические события трудно поддается систематизации даже в рамках отдельного исследования, в частности, из-за редкости событий, различий в их механизме, а также и из-за сложности вариаций электротеллурического поля.

Развитие информационных технологий вселило надежду на выявление новой информации о взаимодействии двух процессов. Выработаны подходы к продвижению в процессе поиска электрических краткосрочных предвестников землетрясений, произведено их внедрение в новой системе регистрации и обработки данных. Для решения вопроса целесообразности постановки электротеллурических измерений на качественно новом уровне потребовалось сконструировать новый измерительный комплекс и отладить его на режим непрерывной записи, поскольку теоретическая основа прогноза землетрясений по вариациям электротеллурического поля по-прежнему не разработана.

На новом измерительном комплексе зарегистрированы квазипериодические импульсы электротеллурического поля длительностью 4-5 с, объединенные в устойчивые серии по 8-9 ч в среднем, которые могут быть связаны с подготовкой очага землетрясения вблизи Южно-Сахалинска 9 августа 2023 г., $M = 3.8$.

УДК 550.35

ПРЕДРАСЧЁТ КОСЕЙСМИЧЕСКИХ СМЕЩЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОДДЕРЖАНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ И ТОЧНОСТИ КООРДИНАТНОЙ ОСНОВЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.К. Кишкина^{1,3}, Н.В. Шестаков^{1,2}, Г.В. Нечаев^{1,2}

¹ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

² Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

³ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

E-mail: kishkina.ako@dvfu.ru

Сейсмические события с $5.5 \leq M_w \leq 8.0$ способны продуцировать мгновенные (косейсмические) смещения земной коры на расстояниях от нескольких до десятков и сотен километров от эпицентра. Область значимых косейсмических смещений (несколько мм и более) для землетрясений с $M_w \geq 8.0$ может простираться на тысячи километров от него [<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jgrb.50154>]. Оперативная оценка и учет косейсмических смещений на пунктах государственных геодезических сетей (ГГС), представляющих собой физическую реализацию национальных и глобальных систем координат [<https://itrfr.ign.fr/en/solutions/ITRF2014>], протяженных линейных объектов повышенной ответственности (нефте- и газопроводы) является важной научно-технической задачей. Мониторинг косейсмических смещений, как правило, выполняется с использованием геодезических ГНСС-приемников. В силу разреженности сети постояннодействующих ГНСС-пунктов в составе ГГС, труднодоступности ряда фрагментов сети, больших временных и экономических затрат на полевые наблюдения оперативное инструментальное определение косейсмических смещений, зачастую, невозможно или крайне затруднено. В этой связи для территорий, не охваченных плотными сетями постоянных ГНСС-наблюдений, требуется альтернативный источник информации для оперативного определения величин косейсмических смещений, в случае наличия информации о сейсмическом событии, возможно затрагивающим данный регион. В настоящей работе в качестве такого источника рассматриваются модели очагов сейсмических событий, оперативно публикуемых Геологической службой США (USGS) [<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/si>]. Такие модели, как правило, формируются и публикуются для землетрясений с $M_w > 7$.

Цель работы – эмпирическая оценка точности определения косейсмических смещений земной поверхности, рассчитываемых с учетом кривизны и слоистого строения Земли (модель PREM) с использованием программного пакета STATIC1D [<https://www.usgs.gov/node/279409>] по данным мульти плоскостных моделей очагов 12 произошедших в разных точках планеты землетрясений с $7.0 \leq M_w \leq 9$. Для этого по данным имеющихся ГНСС-наблюдений в дискретных точках в районе очаговой области и сопредельных районах были получены косейсмические смещения, порожденные каждым рассматриваемым сейсмическим событием. Эти величины сравнивались с рассчитанными по моделям USGS подвижками. Полученные точности определения косейсмических смещений для событий разной магнитуды заметно отличаются. В большинстве случаев модельные оценки горизонтальных подвижек занижены в сравнении с измеренными ГНСС-методами. Нами предложены два способа коррекции разницы между ними. Первый способ использует предлагаемое нами эмпирическое соотношение между величиной сдвига в очаге землетрясения и расстоянием от эпицентра до пункта наблюдений. Второй способ заключается в использовании 6-параметрического трансформирования Гельмерта, если имеется несколько пунктов, на которых геодезическими методами получены косейсмические смещения [<https://www.gt-crust.ru/jour/article/view/1788/796>]. Первый способ малоэффективен в ближней зоне, где сильное влияние на подвижки оказывает неоднородность смещений в очаге. Второй способ сильно зависит от количества и пространственного положения относительно очага исходных пунктов наблюдения. Вследствие чего необходимо выполнять несколько итераций трансформирования с различными комбинациями исходных пунктов для достижения максимального улучшения результатов. С применением первого способа улучшение составило в среднем 53%, с применением второго – 48%. Наиболее эффективным методом представляется комбинирование обоих способов.

Работа поддержана грантом ДВФУ № 22-07-01-007.

УДК 550.34

РЕЗУЛЬТАТЫ УТОЧНЕНИЯ ИСХОДНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ И СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ УЧАСТКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ АМУРСКОГО ЗАЛИВА

С.А. Ковачев¹, С. Г. МIRONЮК²

¹ *Институт океанологии им. П.П. Ширинова РАН, г. Москва, Россия*

² *Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

E-mail: mironyuksg@gmail.com

В последние десятилетия в связи со строительством ряда крупных нефтегазовых сооружений в Южном Приморье были выполнены обширные исследования по оценке сейсмической опасности региона. Исследования показывают, что имеется две основные точки зрения на происхождение впадины Амурского залива. В ряде тектонических моделей формирования впадины решающая роль отводится процессу грабенообразования [Уткин и др., 2007], в других - образование впадины связывают с новейшим безразломным синклинальным прогибанием. Эти различия неизбежно отражаются и на оценке степени сейсмической опасности рассматриваемой территории. Согласно выполненным региональным сейсмотектоническим исследованиям, фоновая сейсмичность всего Южного Приморья была оценена в 8, а местами в 9 баллов по шкале MSK-64 [Овсяченко, Новиков, 2011]. Работы по УИС (отв. исп. А. И. Иващенко) в центральной части Амурского залива были выполнены по методике вероятностного анализа сейсмической опасности (ВАСО). В качестве базовых было использованы две модели зон возможных очагов землетрясений (зон ВОЗ): разработанная при составлении карты ОСР-97 и модель зон ВОЗ для юга Дальнего Востока [Оскорбин, 1997]. Для каждой из двух указанных моделей зон ВОЗ использовались свои графики повторяемости землетрясений и одна модель затухания движений грунта, принятая для всей Северной Евразии при создании карты ОСР-97 [Гусев, Шумилина, 1999]. Установлено, что наиболее опасны для трассы перехода газопровода через Амурский залив местные землетрясения Южно-Приморской зоны с магнитудой $M = 4.5 \pm 0.2$, которые могут возникать на расстояниях $R = 10 \pm 5$ км от трассы перехода. Для периода повторения $T = 1000$ лет, полученная в результате УИС оценка исходной сейсмичности трассы (I^{beg}) составила 7.0 баллов [Ковачев, Крылов, 2021]. Такая же величина I^{beg} для рассматриваемого района строительства указана в работе [Лутиков и др., 2009]. Сейсмичность по результатам СМР варьировала по причине неоднородности грунтов в основании сооружения от 6.6 (преимущественно скальные грунты, о. Русский) до 7.7 (газонасыщенные морские осадки мощностью до 40 м) баллов для $T = 1000$ лет.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 21-77-30001).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев А.А., Шумилина Л.С. Моделирование связи балл-магнитуда-расстояние на основе представления о некогерентном протяженном очаге // Вулканология и сейсмология. 1999. № 4-5, С. 29-40.
2. Ковачев С.А., Крылов А.А. Оценка сейсмической опасности для трассы газопровода Сахалин – Хабаровск – Владивосток в Амурском заливе // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2021. № 2 (299). С. 11-16.
3. Лутиков А. И. и др. Уточнение исходной сейсмичности территорий в условиях их слабой сейсмической изученности // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. 2009. С. 99-106.
4. Овсяченко А. Н., Новиков С. С. Новые данные о сейсмической опасности района г. Владивостока по материалам геологических исследований // Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии. VII Косыгинские чтения Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2011. С. 12-15.
5. Оскорбин Л.С. Районирование юга Дальнего Востока по сейсмогенным зонам // Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Том VI. Проблемы сейсмической опасности. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. С.111-153.
6. Уткин В. П. и др. Позднепалеозойский и мезозойский планы деформаций Юго-Западного Приморья // Тихоокеанская геология. 2007. № 4. С. 3-21.

УДК 004.94:528.952

ПОСЛЕДСТВИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ЦУНАМИ НА БЕРЕГОВУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ

А.С.Козелков¹, В.В.Курулин¹, Е.С.Тятюшкина¹, Л.М. Богомолов², В.В. Смазнов³

¹ *Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Саров, Россия*

² *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

³ *12 Центральный научно-исследовательский институт Минобороны России, г. Сергиев Посад, Россия*
E-mail: nauka@imgg.ru

На основе трехмерных уравнений Навье-Стокса разработана математическая модель, позволяющая единым образом описать возникновение, распространение и накат на берег волн цунами оползневого происхождения формирования оползневых цунами. Модель дополнена реологическим соотношением, основанным на модели Бингама. Предложена модификация классической модели Бингама с ненулевым пределом текучести, в рамках которой среда покоится либо перемещается как твердое тело в случае отсутствия в среде напряжения, превышающего этот предел. Развитие классической системы уравнений заключается в возможности изменения предела текучести до нулевого значения.

Для моделирования волн в акватории используется оригинальный алгоритм, реализующий открытые граничные условия. В математической модели используется приближение демпфирующего приграничного слоя, поглощающего кинетическую энергию проходящей волны, что учитывается с помощью дополнительного источника в уравнении момента импульса. Предложен способ определения коэффициента сопротивления, значение которого определяет интенсивность поглощения кинетической энергии волны.

Приводятся результаты моделирования схода оползня в акватории Камчатского залива около г. Усть-Камчатка с учетом батиметрических данных. Для нескольких точек побережья проведен анализ зависимости высоты волн от объема оползня в зоне его начального положения. Отмечены участки побережья, которые могут наиболее сильно пострадать при возникновении оползневых цунами в этой акватории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козелков А.С. Методика численного моделирования цунами оползневого типа на основе уравнений Навье-Стокса // Вычислительная механика сплошных сред. 2016. Т.9, № 2. С.218-236. doi: 10.7242/1999-6691/2016.9.2.19.
2. Ильгамов М.А., Гильманов А.Н. Неотражающие условия на границах расчетной области. М.: Физматлит, 2003. 242 с.
3. Козелков А.С., Богомолов Л.М., Смазнов В.В., Курулин В.В., Тятюшкина Е.С. Моделирование оползневых цунами на Дальнем востоке РФ на основе трехмерных уравнений Навье-Стокса // Фундаментальная и прикладная геофизика. 2023. Т.16, № 3. С.30-51. Doi: 10.59887/2073-6673.2023.16(3)-3.

УДК 551.432.7, 556.55

ВУЛКАНОГЕННЫЕ ОЗЕРА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ: ДАННЫЕ О МОРФОЛОГИИ ЗА 2005-2024 ГГ.

Д.Н. Козлов

Институт морской геологии и геофизики РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: kozlovdn@bk.ru

Начиная с 2005 г. и по настоящее время в лаборатории вулканологии и вулканопасности ИМГиГ ДВО РАН (г. Южно-Сахалинск) ведется непрерывная работа по изучению особенностей морфологии и специфики развития вулканогенных озерных систем Курильских островов [Кратерные..., 2013; Kozlov, 2021; Козлов, Лебедева, 2022]. За почти двадцатилетний период лет было проведено 18 научных экспедиций, в которых собран объемный, часто уникальный материал в виде цифровых батиметрических профилей со спутниковой привязкой, геолого-геоморфологических описаний озерных систем и прилегающих территорий, характеристик подводных и береговых газогидротермальных выходов, часто встречающихся в таких озерах [Бортникова и др., 2013]. Полевые исследования проводились при помощи цифровых эхолотов Lowrance: LMS-527 cDFi GPS и SeaChart 320 DX, устанавливаемых на компактную надувную лодку. Обе модели эхолотов имеют функцию спутниковой привязки профилей и частоту сонара 50\200 кГц. Обработка профилей осуществлялась в программах Sonar Viewer и Surfer, морфометрические параметры озер сверялись в ГИС SAS Planet и Google Earth.

В общей сложности было исследовано 11 водных объектов, среди которых озера Горячее, Кипящее, Красивое, Утиная Бania, Бирюзовое, Малахитовое, Глазок, Кольцевое, Черное, а также затопленные кальдеры Львиная Пасть и Уратман (бухта Броутона) [Кратерные..., 2013; Дегтерев и др., 2023]. Все они детально описаны и разделены по типам, генезису и морфометрическим параметрам (в т.ч. по площадям зеркал, глубинам, морфометрическим коэффициентам, высотам зеркал н.у.м., специфике газогидротерм). Для этих водоемов составлены батиметрические схемы и трехмерные модели котловин, рассчитаны их точные морфометрические параметры и коэффициенты, весьма емко характеризующие морфологию кальдерных и кратерных водоемов, составлены соответствующие сравнительные таблицы и графики. Анализ этого материала позволил установить их существенные сходства и отличия, а также провести сравнение с некоторыми объектами Камчатки и наиболее крупными водоемами Дальнего Востока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бортникова С.Б., Бессонова Е.П., Гора М.П., Шевко А.Я., Панин Г.Л., Жарков Р.В., Ельцов И.Н., Котенко Т.А., Бортникова С.П., Манштейн Ю.А., Котенко Л.В., Козлов Д.Н., Абросимова Н.А., Карин Ю.Г., Поспеева Е.В., Казанский А.Ю. Газогидротермы активных вулканов Камчатки и Курильских островов: состав, строение, генезис / отв. ред. О.Л. Гаскова; А.К. Манштейн. Новосибирск: ИГиГ СО РАН, 2013. 282 с.
2. Кратерные озера Курильских островов / Д. Н. Козлов. Научный редактор д.г.н., проф. Д.А. Субетто - Южно-Сахалинск: Государственное бюджетное учреждение культуры «Сахалинский областной краеведческий музей», Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, 2015. 112 с.
3. D.N. Kozlov Materials for the database on the largest lakes of the Kuril Islands (morphometry, genesis and geographic distribution) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 946. Article Number 012027 doi:10.1088/1755-1315/946/1/012027
4. Козлов Д.Н., Лебедева Е.В. Кратерные и кальдерные озера Дальнего Востока России: морфология котловин и динамика развития // Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2022. Т. 86, № 2. С. 204-219. DOI: 10.31857/S2587556622020054
5. Дегтерев А.В., Козлов Д.Н., Хубаева О.Р., Хомчановский А.Л. Экспедиция по изучению новых термальных проявлений на о. Итуруп в 2022 г. // Геосистемы переходных зон. 2022. Т. 6, № 2. С. 130-135. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2022.6.2.130-135>.

УДК 551.432.7, 556.55, 912.644.4

МОРФОЛОГИЯ ОЗЕРА КИПЯЩЕЕ (О. КУНАШИР, ВЛК. ГОЛОВНИНА) В 2023 ГОДУ

Д.Н. Козлов, Р.В. Жарков

Институт морской геологии и геофизики РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: kozlovdn@bk.ru

Вулкан Головнина (о. Кунашир) образовался около 39 тыс. л.н. [Новейший..., 2005] и относится к кальдерным пемзово-пирокластическим вулканам [Федорченко и др., 1989]. Диаметр кальдеры более 10 км в основании и 4.5 км по гребню, ее дно в основном ровное с небольшим уклоном на СВ, существенную часть кальдеры занимает оз. Горячее. В ее центре находится оз. Кипящее и два экструзивных купола – Центральный Восточный и Центральный Западный, подобные куполы имеются в СЗ (Подушечный) и в ЮВ (Крутой) частях кальдеры [Мархинин, 1959]. Воронка фреатического взрыва, заполненная оз. Кипящее, врезана в озерные отложения и южную часть экструзивного купола Центральный Восточный. В настоящее время на периферии куполов и в озерах идет активная газогидротермальная деятельность, внутри кальдеры и на побережье выделяют шесть наземных и одно подводное гидротермальных полей. Морфология наземной части кальдеры изучена достаточно подробно, однако, ее подводный рельеф до недавнего времени оставался своеобразным «белым пятном». В связи с этим в 2005 г. нами была выполнена высокоточная эхолотная съемка оз. Кипящее (работы велись под рук. к.г.-м.н. А.Б. Белоусова и к.г.-м.н. А.В. Рыбина). В результате была составлена батиметрическая модель оз. Кипящее, а на отдельных профилях обнаружены мощные подводные газогидротермы, глубина озера составляла 16 м [Козлов, 2013].

Необходимость наших повторных работ на оз. Кипящее в 2023 г. обусловлена публикацией новых данных, полученных сотрудниками ИВиС ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский) в ходе исследований 2020-2021 гг. [Калачева и др., 2023]. В этой работе представлена батиметрическая схема и морфометрические параметры водоема, а главное отличие от наших работ 2005 г. составила максимальная глубина в 25 м и глубина центральной части воронки около 20 м. Такие изменения за период около 15 лет являются весьма существенными и поэтому в сентябре 2023 г. нами были проведены полевые исследования в кальдере Головнина, основной задачей которых была повторная эхолотная съемка и обследование рельефа дна котловины вулканогенного оз. Кипящее.

Наши работы 2023 г. выполнены по апробированной методике цифровой батиметрической съемки при помощи эхолота Lowrance LMS-527cDF iGPS (частота 200 кГц). Получены 23 профиля со спутниковой привязкой, после их обработки составлена актуальная модель водоема. Озеро имеет форму воронки с существенным углублением в центре котловины, его максимальная длина составляет 330 м, ширина – 190 м, длина береговой линии – 870 м, площадь зеркала 0.0462 км², а максимальная глубина 24 м, однако, она наблюдается лишь на небольшом участке дна. Мы планируем выяснить причины, по которым произошли существенные колебания параметров оз. Кипящее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калачева Е.Г., Таран Ю.А., Волошина Е.В., Тарасов К.В., Мельников Д.В., Котенко Т.А., Эрдниева Д.Ю. Кратерное озеро Кипящее в кальдере вулкана Головнина: геохимия воды и газов, вынос магматических летучих (о. Кунашир) // Вулканология и сейсмология, 2023. № 1. С. 3-20. DOI: 10.31857/S0203030622700018.
2. Козлов Д.Н. Особенности морфологии кратерных озер Курильских островов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук: 25.00.25 / ФГБОУ ВПО «РГПУ им. А. И. Герцена». Санкт-Петербург, 2013. 24 с.
3. Мархинин Е.К. Вулканы острова Кунашир // Труды лаборатории вулканологии АН СССР. Петропавловск-Камчатский, 1959. Вып. 17. С. 64-110.
4. Новейший и современный вулканизм на территории России /Отв. ред. Н.П. Лавров. Москва: Наука, 2005. 604 с.
5. Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И. Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенез. М.: Наука, 1989. 239 с.

УДК 550.34.052; 550.34.044.5

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ

Д.В. Костылев^{1,2}, Н.В. Костылева¹

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

² *Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

E-mail: d.kostylev@imgg.ru

Сахалинским филиалом ФИЦ ЕГС РАН в 2024 году начаты по работы по выполнению детальной оценки интенсивности сейсмических сотрясений зданий по инструментальным данным на островах Шикотан и Парамушир. По данным макросейсмического каталога СФ ФИЦ ЕГС РАН, за период 2019-2023 гг. макросейсмический эффект имели 88 землетрясений на о. Парамушир и 204 землетрясения на Южных Курилах (включая о. Шикотан). У большинства произошедших землетрясений интенсивность сотрясений составляла 3-4 балла. Однако, известно, что сейсмические колебания относительно слабой интенсивности, при постоянном воздействии на эксплуатируемые объекты вызывают в материале конструкций усталостные явления, сопровождающиеся накоплением внутренних повреждений и приводящие к изменению физического состояния конструкций. Подобные повреждения визуально не всегда обнаруживаются и могут приводить к саморазрушению конструкций [Гурьев и др., 2023]. В случае возникновения сильного землетрясения, особую важность приобретает оперативная информация об интенсивности колебаний объекта, подверженного сейсмическому воздействию. Классическая Служба срочных сейсмических донесений обеспечивает информацию лишь об основных параметрах сейсмического события, которые требуют дополнительной интерпретации. В таком случае, в целях определения принимаемых мер, в обработку волновых форм должны быть вовлечены инструментальные данные о силе воздействия на объект мониторинга.

Для решения данных задач в СФ ФИЦ ЕГС РАН разработан комплекс оценки сейсмических воздействий на строительные объекты на основе инженерно-сейсмометрических станций (ИСС), установленных на зданиях городской застройки, выполненный в соответствии с нормативными документами [Свод правил..., 2017]. Аппаратная часть ИСС включает в себя молекулярно-электронный акселерометр МТСС-1033А, внесенный в государственный реестр средств измерений, интегрированный с регистратором модели NDAS-8426N. Подобные ИСС позволяют вести непрерывное наблюдение за объектом в режиме близком к реальному времени, определять сейсмические события и отправлять сообщения оператору системы [Титов и др., 2021]. Помимо передачи данных, функционал системы позволяет детектировать и обрабатывать события различной интенсивности на основании встроенных триггеров, а также, на основании полученных данных, оперативно управлять локальными системами безопасности (управление лифтовым оборудованием, газовыми системами, звуковой сигнализацией и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурьев В.В., Дорофеев В.М., Булыкин В.И. Инженерно-сейсмометрический мониторинг для расчета конструкций, прогноза сейсмостойкости и сохранения гражданских объектов при эксплуатации // Academia. Архитектура и строительство. 2023. № 3. С. 119-131.
2. СП 330.1325800.2017 «Здания и сооружения в сейсмических районах. Правила проектирования инженерно-сейсмометрических станций» .
3. Титов Е.Ю., Агафонов В.М., Неешпапа А.В., Антонов А.Н., Переходов А.П., Конарев А.А. Измерительные комплексы для мониторинга железнодорожных объектов в сейсмически опасных районах // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 2. С. 27-31.

УДК 550.34.052; 550.34.044.5

ИНТЕГРАЦИЯ СТАНЦИЙ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЮГА О. САХАЛИН В ЕДИНУЮ СИСТЕМУ СБОРА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ В САХАЛИНСКОМ ФИЛИАЛЕ ФИЦ ЕГС РАН И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ

Н.В. Костылева¹, Д.В. Костылев^{1,2}

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

² *Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

E-mail: n.kostyleva@imgg.ru

Наблюдения за сейсмичностью южной части о. Сахалин проводятся с 2001 г. с использованием локальной сети из десяти полевых сейсмических станций. Высокочувствительные станции позволяют вести полноценную регистрацию слабых землетрясений на юге острова. Каталоги с высокой представительностью и архивы волновых форм станций долгие годы являлись источником для многочисленных научных исследований по сейсмичности юга Сахалина [Семенова и др., 2018] и его разломных структур [Богинская и др., 2019]. В 2023 начата модернизация сети путем поочередного интегрирования каждой автономной сейсмической станции в единую систему сбора, обработки и хранения информации СФ ФИЦ ЕГС РАН на аппаратном и программном уровнях. Первыми, включенными в единую систему сбора станциями, стали станция в с. Колхозное (ККНР) Невельского района и станция в с. Фирсово (FRSV) Долинского района. Включение данных станций в общую систему сбора позволило в оперативном режиме решить проблему определения и обработки слабомагнитудных землетрясений, приуроченных к сейсмически активным зонам южной части острова.

Первые результаты оперативной обработки за январь 2024 года с привлечением станции ККНР, сразу же позволили выявить серию землетрясений, произошедших 04-06 января у западного побережья о. Сахалин. Первое и наиболее сильное сейсмическое событие произошло 04 января в 12:42 UTC с магнитудой $M_L=3.5$. Землетрясение вызвало сотрясения в близлежащих населенных пунктах интенсивностью 3-4 балла. Всего было зафиксировано 94 слабомагнитудных толчка, из них 64 в течение первого часа. Последний зафиксированный толчок произошел 06 января в 15:18 UTC, после чего серия землетрясений прекратилась. Далее, 19 января 2024 г. у западного побережья о. Сахалин в 16:57 UTC зарегистрировано землетрясение с магнитудой $M_L=4.6$. Землетрясение вызвало сотрясения в различных населенных пунктах интенсивностью 2-5 баллов. По данным оперативной обработки после основного события последовало еще 7 землетрясений, самое сильное из которых имело магнитуду $M_L=2.1$.

Таким образом, благодаря начатой интеграции сети полевых станций в общую систему сбора СФ ФИЦ ЕГС РАН, появилась возможность оперативной регистрации и обработки слабых и очень слабых сейсмических событий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богинская Н.В., Костылев Д.В., Ичиянаги М., Такахаси Х. Использование возможностей локальной сейсмической сети юга Сахалина для уточнения гипоцентрии методом сейсмотомографии // Триггерные эффекты в геосистемах: сб. трудов Пятой Международной конференции, 4-7 июня 2019 г., г. Москва. М.: ГЕОС, 2019. С. 31-32.
2. Семенова Е.П., Костылев Д.В., Михайлов В.И., Паршина И.А., Ферчева В.Н. Оценка сейсмичности южного Сахалина по методике СОУС'09 // Геосистемы переходных зон. 2018. Т. 2, № 3. С. 191-195. DOI 10.30730/2541-8912.2018.2.3.191-195.

УДК 550.834.05

СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЗАЛЕГАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НЕБОЛЬШИХ АКВАТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕР ШИРА И БЕЛЁ (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ)

П.С. Крылов, Д.К. Нургалиев, П.Г. Ясонов

Казанский (Приволжский) федеральный университет г. Казань, Россия
E-mail: PSKrylov@kpfu.ru

В процессе седиментации донные отложения современных озер весьма чувствительно реагируют на изменение климата за счет изменения характера и скорости привноса терригенного материала, изменения уровня озера и его площади, изменения его биопродуктивности [Subetto D.A. 2020]. Более детальные исследования палеоклиматических процессов и событий обычно проводят по колонкам донных отложений, которые анализируются с помощью большого числа различных лабораторных методов [Nurgaliev D. 2019]. При этом необходимо учитывать, что формирование отложений даже в небольших водоемах происходит при наложении множества факторов [Крылов П.С. 2015]. Для получения кернов донных отложений, позволяющих обеспечить наиболее полные и достоверные результаты исследований, необходимо обоснованно тщательно выбирать места отбора керна [Крылов П.С. 2014]. Предварительные сейсмоакустические исследования позволяют успешно решать такие задачи [Шалаева Н.В. 2010]. Работы проводились по методу непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСП), с использованием электродинамического излучателя Бумер. Результаты сейсмоакустических исследований структуры залегания донных отложений озер Шира и Белё показывают важность проведения таких работ перед началом отбора керновых колонок донных отложений. В озере Белё была обнаружена значительная мощность донных отложений, около 20 метров, которая могла образоваться как за счет большой скорости осадконакопления, так и за счет большого возраста озера. В юго-западной части озера Шира была обнаружена слоистая структура залегания донных отложений мощностью до 8 метров.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 22-47-08001.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов П.С., Нургалиев Д.К., Ясонов П.Г. Проявление газа в донных отложениях на сейсмоакустических разрезах озера Большое Яровое // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2015. Т. 157, кн. 4. С. 73-81.
2. Крылов П.С., Нургалиев Д.К., Ясонов П.Г. Об истории развития озера Балхаш (Казахстан) по сейсмоакустическим данным // Ученые записки Казан. ун-та. Сер. Естественные науки. 2014. Т. 156, кн. 1
3. Шалаева Н.В., Старовойтов А.В. Основы сейсмоакустики на мелководных акваториях. Учебное пособие М.: Изд-во МГУ, 2010. 256 с.
4. Subetto D.A., Fedotov A.P. Paleolake records as sedimentary proxies of climate changes of Northern Eurasia in the past. Limnology and Freshwater Biology. 2020. Vol. 4. P. 439-439.
5. Nurgaliev D, Kuzina D, Krylov P. Climate changes over the last 13500 years based on lake sediments studies (Lake bolshoe Miassovo, South Ural, Russia)//International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2019. Vol.19, Is.4.1. P. 925-930.

УДК 582.29; 504.73; 504.5

ИЗМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ОЗ. ШИРА (ХАКАССИЯ) ЗА ПОСЛЕДНИЕ 1100 ЛЕТ

Д.М. Кузина¹, А.Р. Юсупова¹, В.В. Антоненко¹, Д.К. Нургалиев¹, Х. Ли²

¹ Казанский федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, г. Казань, Россия

² Национальный Тайваньский университет, Тайбэй, Тайвань

E-mail: di.kuzina@gmail.com

В работе представлено детальное изучение керн соленого бессточного озера Ши́ра (Республика Хакасия, Россия) [Природный комплекс..., 2011]. КERN отобран с помощью гравитационного керноотборника, длина которого составила 30 см. Для лабораторных исследований образцы отобраны с шагом 1 см. Детальная возрастная модель основана на радиоуглеродном и $^{210}\text{Pb}/^{137}\text{Cs}$ датировании. Возраст изучаемых отложений составил 1100 лет.

Элементный анализ проводился для всех образцов. Первый шаг - кислотное выщелачивание раствором соляной кислоты, после чего полученный раствор измеряется на оптическом эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (ICP-OES). После этого образцы обрабатываются раствором 0,5N HCL для неполного растворения материала. Далее образцы подвергаются обработке раствором «царской водки» и, для полученного раствора, также был определен элементный состав. Для всех образцов измерены потери при прокаливании, общий органический углерод, содержания C, N, H, S. Также для всех образцов проведены петромагнитные измерения: магнитная восприимчивость, гистерезисные параметры.

На основе анализа полученных данных выделено 7 эпизодов смены климата и условий осадконакопления в озере Ши́ра. Выделены этапы опреснения, осолонения озера. Также отмечается, что за этот период в озере наблюдается изменение уровня озера. В интервале 1280-1475 лет н.э., вероятнее всего, происходит покрытие озера льдом на длительный период. Начиная с 2003 года снижается содержание карбонатов, при увеличении содержания органического углерода и азота, а также наблюдается загрязнение осадков тяжелыми металлами, что указывает на ухудшение условий окружающей среды озера из-за воздействия человека.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 22-47-08001.

ЛИТЕРАТУРА

1. Природный комплекс и биоразнообразие участка «Озеро Ши́ра» заповедника «Хакасский» / Коллектив авторов. Под ред. В.В. Непомнящего. - Абакан: Хакаское книжное издательство, 2011. 420 с.

УДК 004.043

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПРЕДМЕТНЫХ И СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ТЕРРИТОРИИ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Р.В. Леоненков, Л.С. Шабрамова

*Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН,
Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: roma1313@mail.ru*

В данной работе представлены результаты научной экспедиции на Курильских островах, в рамках которой проведены комплексные наземные исследования тестовых участков испытаний спектрального аппаратно-программного комплекса. Проведены результаты научно-исследовательской работы по разработке «Базы данных предметно-специфических признаков и спектральных характеристик» (ПО «БД ПСПСХ»).

По каждому тестовому участку база данных позволяет включить в себя данные об общих географических характеристиках участка, характеристиках ландшафта, наземных водоёмов, растительности, сейсмической и вулканической активности, геологических особенностей, и спектральные характеристики участка.

Дальнейшее развитие и совершенствование базы данных PS предполагает следующие шаги: расширение количества тестовых площадок в базе данных, а также добавление информации об изменениях. Разработка сервисов для отслеживания опасных изменений и тенденций в прибрежной среде с течением времени и их классификации с использованием машинного обучения и статистических методов. Проведение исследований в отдельных районах Сахалинской области по развитию оползневых процессов с использованием дистанционных изображений и массивов достоверных контрольных и калибровочных данных по геофизическим параметрам подстилающей поверхности.

База данных была апробирована на отдельных участках Сахалинской области. В рамках пилотного проекта «карбоновые полигоны» разработка базы данных будет использована на Курильских островах в 2023 году для мониторинга природных и антропогенных систем в условиях глобальных изменений окружающей среды.

Представленные результаты получены в рамках государственного задания СКБ САМИ ДВО РАН (FWWW-2022-0001).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганзей К.С. Ландшафты и физико-географическое районирование Курильских островов. – Владивосток: Дальнаука, 2010. 214 с.
2. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
3. Калачева Е.Г. Экспедиционные исследования Курильских островов в 2020 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2020. № 4. С. 101–107.
4. Комплекс для измерений двунаправленных спектрополяризационных коэффициентов отражения и яркости природных и искусственных объектов: пат. 11965 Респ. Беларусь, МПК G 01J 3/02 (2006.01) / Б.И. Беляев, Ю.В. Беляев, И.М. Цикман, А.С. Сизиков; заявитель: НИИ ПБиЧС МЧС Республики Беларусь, НИИ ПФП им. А.Н. Севченко БГУ - № u 20180268; заявл. 12.10.2018; опубл. 01.02.2019 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2019. № 2 (127). С. 188-189.
5. Новейший и современный вулканизм на территории России. М.: Наука, 2005 604.
6. Коголовский М.Р. Энциклопедия технологий баз данных: Эволюция технологий; Технологии и стандарты; Инфраструктура; Терминология. Издательство: Финансы и статистика, 2002 г. С. 15.
7. Новиков Б.А., Горшкова Е.А., Графеева Н.Г. Основы технологий баз данных: учеб. пособие / под ред. Е. В. Рогова. 2-е изд. М.: ДМК Пресс, 2020. С. 582.

УДК [553.982+550.845](265.53)

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ
В КАЧЕСТВЕ АГЕНТА К ЗАКАЧИВАЕМОЙ В ПЛАСТ ЖИДКОСТИ
НА ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ОСТРОВА САХАЛИН**

И.Н. Луцюк

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: ignatij.lutsyuk@gmail.com*

В условиях современной геополитической обстановки, ограничивающих доступ к современному зарубежному оборудованию и технологиям, все больше обостряется вопрос о необходимости испытания и внедрения перспективных методов увеличения нефтеотдачи пластов на месторождениях углеводородов Российской Федерации.

Остров Сахалин и его шельфовые территории содержат значительные запасы углеводородов, весомая часть которых относится к трудноизвлекаемым или залегает в сложных геологических структурах.

Одним из перспективных методов увеличения нефтеотдачи пластов является добавление у закачиваемой в пласт жидкости наночастиц диоксида кремния в качестве агента, способствующего уменьшению межфазного натяжения на границе нефти и породы и смещающего характер фильности системы в сторону большей гидрофильности, что способствует более эффективному вытеснению нефти из порового пространства пласта.

Исследования данного процесса активно проводятся на месторождениях шельфа Канады и США и имеют крайне положительные результаты, подтверждающие эффективность вышеуказанного метода. На основе проведения методик исследований было обнаружено что данный метод может с крайне высокой вероятностью успеха быть применим к месторождению Одопту-море (Северный купол) располагающемуся на шельфе острова Сахалин, которое находится этапе падающей добычи, ввиду схожести состава пород, характеристик пластовой нефти и методов разработки исследуемых месторождений и месторождения Одопту-море (Северный купол).

Во время проведения исследования по возможному эффекту от применения метода на месторождении Одопту-море (Северный купол) было обнаружено прирост значения коэффициента извлечения нефти может составить от +1.2 до +7.5% при условии начала добавления наночастиц диоксида кремния в 2023 году.

ЛИТЕРАТУРА

1. Buckley, J.S., Bousseau C., Liu Y. Wetting alteration by brine and crude oil: from contact angles to cores // SPE Journal, 1996. Vol. 1 (3). P. 341-350.
2. Hendraningrat L., Li S., Torsæter O. A coreflood investigation of nanofluid enhanced oil recovery in low-medium permeability Berea sandstone. Presented at the SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, The Woodlands, Texas, USA, 8-10 April. 2013. SPE-164106-MS.
3. Sivira Ortega D., Kim H., James L. Alteration and Interactions between Silicon Dioxide (SiO₂) Nanoparticles and Reservoir Minerals in Standard Cores Mimicking Hebron Field Conditions for Enhanced Oil Recovery, IOR NORWAY 2017 – 19th European Symposium on Improved Oil Recovery 24-27 April 2017. Stavanger, Norway
4. Харахинов В.В. Нефтегазовая геология Сахалинского региона. Москва: Научный мир, 2010, 276 стр.

УДК 502.5:504.61(571.62)

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ЧАСТИЦАХ ДОЛОМИТОВОГО ЩЕБНЯ ДЛЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА ПОСЕЛКОВ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ

Р.А. Макаревич

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
E-mail: mak@tigdvo.ru

Доломит, уникальный природный минерал, относящийся к классу карбонатов, широко применяется в металлургии, сельском хозяйстве и строительной промышленности. Плиты и изделия из доломита используются при отделке внутренних помещений и для наружных облицовочных работ. Высокая прочность и устойчивость доломита в гипергенных условиях определяет его широкое применение в качестве щебня для отсыпки дорог. Часто крепкие его породы используются для мощения дорожек, изготовления ступеней, разных форм и фрагментов для парков и скверов. При этом, однако, не учитывается, что процесс генезиса доломита сопровождается изоморфным замещением магния на другие элементы, включая и тяжелые металлы [Геологический словарь, 1978]. В некоторых разновидностях породы их содержание может достигать процентов. И если в крупном щебне металлы прочно законсервированы и химически неактивны, то металлы, содержащиеся в образованных при транспортировке измельченных частицах, могут высвобождаться в окружающую среду и представлять угрозу для всего живого. Поэтому из подготовленных для использования на территории населенных пунктов в Хабаровском крае куч доломитового щебня были отсеемы частицы <1 мм для определения в них тяжелых металлов, включая токсиканты первого и второго классов опасности. Представленные в таблице концентрации металлов определены в солянокислых растворах после разложения растертых до пудры проб смесью фтористоводородной и хлорной кислот [Бок, 1984] на ААС «Хитачи 180-70».

Таблица. – Валовые концентрации тяжелых металлов в отсевах из доломитового щебня.

№ пробы	Pb	Zn	Cu	Mn	Fe	Cd	Co	Ni
	%					ppm		
1	0.18	0.16	0.12	0.19	6.19	10.3	12.2	30.8
2	0.33	0.24	0.15	0.26	8.54	12.6	15.1	39.7

Проба 1 отсеема из локализованных в центре парка в п. Солнечный куч щебня, предназначенного для создания пешеходных дорожек. Как показывают результаты, металлы в отсевах содержатся в количествах, превышающих их средние концентрации в почвах по свинцу в 180, по цинку в 32, по меди в 60, по марганцу в 2, по железу в 1,6, по кадмию в 20 и по кобальту в 1,2 раза. Только содержание никеля сравнимо со средним его значением в почвах. Проба 2 отсеема из щебня, оставшегося после ремонта дорожного полотна в п. Горном. Результаты указывают на заметное обогащение отсева всеми металлами по сравнению с отсевом из Солнечного. Это связано с загрязнением отсева как автомобильным транспортом, так и, в значительно большей степени, тонкими рудными частицами из расположенного у границ поселка хвостохранилища горно-обогатительной фабрики [Макаревич, 2019].

ЛИТЕРАТУРА

- Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. М.: Химия, 1984. 432 с.
- Геологический словарь. Т. 1. Изд. второе, исправл. М.: Недра, 1978. 487 с.
- Краткий справочник по геохимии. Изд. 2-е. М.: Недра, 1977. 184 с.
- Макаревич Р.А. Влияние шламов Солнечной горно-обогатительной фабрики на геохимический фон поселка Горный в Хабаровском крае // Геодинамические процессы и природные катастрофы: тез. докл. III Всерос. науч. конф. с междунар. участием, г. Южно-Сахалинск, 27-31 мая 2019 г. /отв. ред. Л.М. Богомолов. – Южно-Сахалинск: Ин-т морской геологии и геофизики ДВО РАН, 2019. С. 168.

УДК 550.38; 550.394; 550.343.6

ОПЕРАТИВНЫЕ ПРЕДВЕСТНИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАМЧАТКИ В РАДОНЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ АТМОСФЕРЫ

Е.О. Макаров^{1,2}, Р.Р. Акбашев^{1,2}

¹ Единая геофизическая служба РАН, Камчатский филиал, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

² Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
E-mail: ice@emsd.ru

Радон, образующийся в результате распада радия и доступный для непрерывной регистрации в воздухе подпочв, очень чувствителен к изменениям геодинамического состояния среды, что позволяет рассматривать его в качестве индикатора изменений структуры исследуемого участка земной коры, пористости, проницаемости каналов миграции газа, а также как отклик геосреды на внешние воздействия [Адушкин, Спивак, 2014]. Аномалии в поле радона, как вестник приближающегося землетрясения, широко исследовались в последние десятилетия [Фирстов, Макаров, 2018].

Наблюдения за поведением объемной активности радона в течение длительного периода на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне позволяют утверждать о наличии определенной связи между вариациями радона и сильными землетрясениями с магнитудой $M_w > 5.5$, происходящими в районе Камчатки [Фирстов, Макаров, 2018].

Воздействие литосферы на атмосферу является составной частью взаимодействия твердой и газообразной геосферных оболочек. Оно определяется динамикой литосферных процессов и происходит интенсивно на границе соприкосновения геосфер, где происходит эманация радона в атмосферу. При этом наблюдаются возмущения в электрическом поле атмосферы. Наиболее сильно литосферно-атмосферное воздействие проявляется в сейсмоактивных регионах на заключительной стадии подготовки землетрясений, когда усиливается деформирование пород [Фирстов и др., 2006; Руленко и др., 2014].

Перед некоторыми землетрясениями южной Камчатки с $M_w > 6$ при сопоставлении данных регистрации потока γ/β – импульсов в нижнем слое атмосферы и концентрации подпочвенного радона с данными электрического поля атмосферы были выявлены совпадающие по времени аномальные вариации этих параметров, возникшие за несколько часов до сейсмических событий.

Обнаруженные краткосрочные аномальные возмущения, предвещающие землетрясение, можно рассматривать как его оперативные предвестники и свидетельство воздействия верхнего слоя земной коры на приземную атмосферу во время его подготовки и реализации.

Работа выполнена по проекту РНФ 22-17-00125 «Физический анализ сейсмoeлектромагнитных явлений на Камчатском геодинамическом полигоне: модернизация системы наблюдений и теоретическое моделирование»

ЛИТЕРАТУРА

1. Адушкин В.В., Спивак А.А. Физические поля в приповерхностной геофизики. М.: ГЕОС, 2014. 360 с.
2. Руленко О.П., Марапулец Ю.В., Мищенко М.А. Анализ проявления связи между высокочастотной геоакустической эмиссией и электрическим полем в атмосфере у поверхности земли // Вулканология и сейсмология, 2014, № 3, С. 53-64.
3. Фирстов П.П., Макаров Е.О. Динамика подпочвенного радона на Камчатке и сильные землетрясения. П.-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2018. 155 с.
4. Фирстов П.П., Чернева Н.В., Пономарев Е.А., Бузевич А.В. Подпочвенный радон и напряженность электрического поля атмосферы в районе Петропавловск-Камчатского геодинамического полигона // Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле. 2006. № 1. Вып. № 7. С. 102-109.

УДК 550.34+551.243

СТРУКТУРНЫЙ КОНТРОЛЬ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ БУРЕЙНСКОГО МАССИВА И СРЕДНЕАМУРСКОГО ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА

Т.В. Меркулова, Г.З. Гильманова

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия
E-mail: merkulova@itig.as.khb.ru

Закономерности в местоположение сейсмоактивных зон и сильных землетрясений внутри тектонических плит до сих пор не выявлены. Часто рассматривается связь скоплений землетрясений со структурно-тектоническими особенностями строения, к которым относятся ослабленные зоны в земной коре: разломы, плотностные неоднородности, особенности рельефа [Мухаметдиев и др., 2008]. В отдельных регионах скопления сейсмических событий контролируются комплексами пород с разной плотностью [Зобак, Зобак 1984; Турутанов, 2012]. Иногда скопления сильных очагов землетрясений приурочены к впадинам (pull-apart) [Грачев, 1994]. По мнению некоторых исследователей, положение зон повышенной сейсмичности внутри плит, невозможно связывать с каким-то одним геологическим или геофизическим фактором: не обнаруживается универсальной связи с глубинным строением, геофизическими полями или особенностями рельефа. В такой роли может выступить некоторое сочетание факторов, которое подходит только для конкретной обстановки.

Во внутриплитных условиях Приамурья одна из наиболее сейсмически активных зон, где происходят землетрясения с $M \geq 5$, расположена в зоне сочленения Буреинского массива с грабенами Среднеамурского осадочного бассейна. В работе изучены особенности рельефа дневной поверхности и глубинного строения по данным МОВЗ и анализу гравитационного поля с целью понимания структур, к которым приурочены достаточно сильные землетрясения ($M \geq 5$ и $5 > M \geq 4$). Наиболее сильные сейсмические очаги с $M \geq 5$ контролируются глубинным аномалиям гравитационного поля повышенной интенсивности и линеamentами рельефа северо-восточной ориентировки, что позволяет утверждать, что процесс активизации северо-восточных структур в этой сейсмоактивной зоне является основным. Область скопления очагов $5 > M \geq 4$ сформировалась над окончанием глубинной аномалии повышенной интенсивности северо-западного направления. По анализу рельефа в зоне сочленения выделяется кольцевая структура и установлены признаки смещения субмеридиональных структур северо-восточными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грачев А.Ф. О природе Нью Мадридской зоны высокой сейсмической активности на Северо-Американской платформе. // Физика Земли. 1994. № 12. С.12-23.
2. Зобак М.Д., Зобак М.Л. Поле напряжений и внутриплитовые напряжения в США // Современные проблемы геодинамики. М.: Мир, 1984. С. 236 -258.
3. Мухаметдиев Ш.А., Грачев А.Ф., Юнга С.Л. Нестационарный динамический контроль сейсмической активности платформенных областей со стороны срединноокеанических хребтов // Физика Земли. 2008. № 1. С.12-22.
4. Турутанов Е.Х. Состав и морфология крупных плотностных неоднородностей земной коры - фактор влияния на сейсмическую активность // Отечественная геология. 2012. № 3. С. 66-72.

УДК 551.21

СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ВЕРШИНЕ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА ПО ДАННЫМ ГНСС В 2020-2023 ГГ.

И.К. Миронов, К.М. Магуськин, В.М. Магуськин

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
E-mail: taliks123@mail.ru

На полуострове Камчатка расположено около 160 вулканов, из которых 29 являются потенциально активными. Авачинский вулкан входит в Авачинско-Корякскую группу вулканов, сформированную вулканами Авачинский, Корякский, Козельский, Аиг, Арик. Вулканические постройки расположены в грабене Авачинской депрессии. Состоят из базальтов, адензибазальтов и андезитов. Преимущественный состав излившихся лав средний и основной [Действующие вулканы ..., 1991]. Вулкан Авачинский (высота 2751 м) морфологически относится к типу Сомма-Везувий.

В октябре-декабре 2019 г. произошла активизация слабых сейсмических событий под конусом и в радиусе 8 км от Авачинского вулкана [Сенюков и др., 2021; Фирстов и др., 2021]. Сейсмическая активизация закончилась слабым вулканическим дрожанием. В связи с этими событиями, в 2020 г. лаб. геодезии и дистанционных методов исследований ИВиС ДВО РАН заложила 4 пункта на Авачинском вулкане для более детального мониторинга вершинной части вулкана, в дополнение к уже имеющимся 11 пунктам ГНСС-наблюдений Петропавловск-Авачинского геодинамического полигона. Было заложено 2 пункта в северной части кратера и 2 пункта в центральной зоне кратера, около трещины в лавовой пробке.

В наблюдениях использовались двухчастотные ГНСС приемники Leica Geosystems GR10 с антеннами Javad GrAnt G3T. Измерения на пунктах проводились 1 раз в год в августе-сентябре в режиме «статика» с интервалом 1 сек. в течение 1 часа, угол отсечки видимых спутников 15 градусов. Все циклы наблюдений обрабатывались в программном продукте Leica Geo Office (LGO). В результате обработки вычислены геодезические координаты пунктов сети. Также в 2023 г., одновременно с измерениями на ГНСС пунктах, проводилась аэрофотосъемка с целью построения ортофотоплана и ЦММ вершинной части Авачинского вулкана. Для этого использовался БПЛА DJI Phantom 4 Pro v2 с двухчастотными ГНСС приемником.

За время наблюдений, пункты, расположенные в северной части кратера, смещаются в северо-восточном направлении со скоростью около 2 см в год. Пункты в центральной части смещаются в сторону трещины в лавовой пробке со скоростями около 2-3 см в год. Также высоты всех пунктов уменьшились на 5-8 см за период наблюдений. В 2024 г. планируется закладка еще нескольких пунктов в зоне трещины и проведение повторных аэрофотосъемочных работ для более детального анализа возможных движений в кратерной зоне Авачинского вулкана.

Исследования выполнены в рамках темы НИР FWME-2024-0010, утвержденной Минобрнауки России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сенюков С.Л., Нуждина И.Н., Дрознина С.Я., Кожевникова Т.Ю., Назарова З.А., Соболевская О.В. Сейсмичность вулкана Авачинский в 1994-2020 гг. // Проблемы комплексного геофизического мониторинга сейсмоактивных регионов. Труды Восьмой Всероссийской научно-технической конференции с международным участием 26 сентября–2 октября 2021 г. г. Петропавловск-Камчатский. С. 221-227.
2. Федотов С.А., Масуренков Ю.П. Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука, 1991. Т. 1. 300 с.
3. Фирстов П.П., Шакирова А.А., Максимов А.П., Черных Е.В. Особенности сейсмической активизации Авачинского вулкана в конце 2019 г. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 497, №2. С. 165–170.

УДК 550.35

ДВИЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ ОСТРОВОВ АРХИПЕЛАГА ИМПЕРАТРИЦЫ ЕВГЕНИИ ПО ДАННЫМ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ГНСС-НАБЛЮДЕНИЙ

К.А. Нагорный¹, Е.А. Лялюшко¹, Г.В. Нечаев^{1,2}, Н.В. Шестаков^{1,2}

¹ *Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

² *Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

E-mail: nagornyi.ka@dvfu.ru

Юг Приморского края характеризуется умеренной, преимущественно, глубокофокусной сейсмической активностью. Коровые землетрясения происходят редко, их магнитуда не превышает 5. Однако, мегаземлетрясения с $M_w \geq 8-9$, происходящие в зоне субдукции, расположенной приблизительно в 1000 км к востоку от исследуемого региона, оказывают значительное влияние на современные движения и деформации земной коры Приморского края.

В настоящей работе анализируются результаты 11-ти циклов ГНСС-наблюдений на пунктах геодинамического полигона, расположенного на островах архипелага Императрицы Евгении (о-ва Русский, Попова, Рейнеке и Рикорда), находящегося вблизи г. Владивостока за период 2007–2019 гг. Обработка ГНСС-данных выполнена в программном пакете Bernese GNSS Software ver. 5.4. По результатам обработки спутниковых наблюдений были получены косейсмические смещения пунктов полигона, инициированные землетрясением Тохоку 11.03.2011г., $M_w 9.1$ (~20 мм к югу и ~40 мм к востоку). Вычисленные смещения завышены в среднем на 5 мм по сравнению с их оценками, полученными с использованием мультиплоскостных моделей очага землетрясения [Q. Bletery et al., 2014], [USGS National Earthquake Information Center, 2018]. В системе координат ITRF2014 получены скорости вековых движений архипелага до землетрясения Тохоку и параметры постсейсмических движений спустя два года после главного толчка. Постсейсмические изменения вековых скоростей пунктов составили от 2 до 8 мм/год. Наши расчеты указывают на изменение напряженно-деформированного состояния исследуемого региона после 11.03.2011 года.

Работа поддержана грантом фонда целевого капитала ДВФУ № 22-07-01-007.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bletery, Q., A. Sladen, B. Delouis, M. Vallée, J.-M. Nocquet, L. Rolland, and J. Jiang (2014), A detailed source model for the $M_w 9.0$ Tohoku-Oki earthquake reconciling geodesy, seismology, and tsunami records // J. Geophys. Res. Solid Earth, 119, doi:10.1002/2014JB011261.
2. USGS (U.S. Geological Survey) – <https://www.usgs.gov> (дата обращения: 28.01.2024).

УДК 551.435

НЕФТИ КРУПНЫХ И УНИКАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ О-ВА САХАЛИН

Т.Н. Немченко

Институт геохимии и аналитической химии им В. И. Вернадского, г. Москва, Россия
E-mail: t_nemch@geockhi.ru

Потребность в углеводородном сырье и нефтепродуктах вызывает постоянный интерес к поиску новых крупных нефтяных и газовых месторождений. В настоящее время Дальневосточный регион РФ является приоритетным направлением поисково-разведочных работ на нефть и газ. Одним из основных нефтегазоносных бассейнов на Дальнем Востоке является Северо-Сахалинский шельф, который относится к области Тихоокеанского кайнозойского осадочного чехла. На сегодняшний день в его пределах открыто более 50 месторождений нефти и газа, и наиболее крупные из них обнаружены в пределах Охано-Эхабинской и Одоптинской нефтегазоносных зон, которые расположены на шельфе северо-восточной части острова [Галимов, 1973; Немченко, 2010; Немченко-Ровеская, 2019].

В работе рассмотрена геохимия нефтей из этих зон: приведены физико-химические характеристики, определен генезис и катагенетическая зрелость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галимов Э.М. Изотопный состав углерода в нефтяной геологии. Москва: Недра, 1973, 384 стр.
2. Немченко Н.Н. Избранные труды по проблемам геологии нефти и газа. М.: 2-е Издание НИИЦ Недропользование XXI век 2010.
3. Немченко-Ровеская А.С.; Немченко Т.Н. Геохимия нефти месторождений о-ва Сахалин. Недропользование XXI век. 2019. № 1. С. 48-53

УДК 550.4

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЮЖНО-САХАЛИНСКОГО ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА: РЕЗУЛЬТАТЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

О.А. Никитенко

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: nikitenko.olga@list.ru*

Грязевые вулканы являются флюидодинамическими системами, в которых по разломным зонам в осадочных бассейнах происходит фокусированная разгрузка подземных флюидов, состоящих из переработанных осадочных пород (сопочной брекчии), воды и газа. Геохимические исследования продуктов грязевулканической деятельности имеют большое значение для определения источников грязевулканического вещества, а также условий его образования, трансформации и миграции на земную поверхность. При этом многие важные вопросы, касающиеся геохимии грязевулканических флюидов, требуют изучения динамики их химического и изотопного ($\delta^{18}\text{O}$, δD) состава, что представляется возможным только при проведении мониторинговых исследований на грязевом вулкане.

Впервые детальный (по продолжительности, периодичности наблюдений, количеству опробованных грифонов) гидрогеохимический мониторинг на грязевом вулкане был проведен сотрудниками ИМГиГ ДВО РАН в 2015 г. на Южно-Сахалинском вулкане (о. Сахалин). Первые результаты мониторинга были изложены в работе [Никитенко и др., 2017]. Для подтверждения полученных результатов и увеличения объема выборки гидрогеохимических данных исследования были продолжены в 2016 г. Таким образом, режимные опробования на грязевом вулкане (нескольких одних и тех же грифонов) проводились на протяжении двух лет – с мая по сентябрь с периодичностью отбора проб один раз в 14 дней.

Проведенные исследования позволили оценить диапазоны и причины изменчивости геохимических показателей грязевулканических вод во времени и пространстве (в разных грифонах вулкана). В ходе работы была установлена взаимосвязь некоторых компонентов химического состава грязевулканических вод с интенсивностью разгрузки подземных флюидов, что послужило основой для создания системы гидрогеохимических индикаторов, отражающих изменение активности грязевого вулкана. Кроме того, были определены критерии идентификации случаев разбавления грязевулканических вод атмосферными осадками и получены репрезентативные данные о химическом составе вод Южно-Сахалинского грязевого вулкана в период грифонно-сольевой активности. Отметим, что последнее крайне необходимо для корректных расчетов генетических коэффициентов исследуемых вод при установлении их генезиса.

Анализ мирового опыта проведения мониторинговых наблюдений на грязевых вулканах демонстрирует широкий спектр решаемых задач – выяснение происхождения грязевулканических флюидов; выявление связи между различными параметрами, характеризующими грязевулканическую деятельность, с региональными сейсмическими событиями; оценка эмиссии грязевулканических газов в атмосферу с целью определения их вклада в бюджет парниковых газов [Chao et al., 2022; Kopf et al., 2010].

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитенко О.А., Ершов В.В., Левин Б.В. Первый опыт выделения гидрогеохимических индикаторов грязевулканической активности // Доклады Академии наук. 2017. Т. 477, № 5. С. 586–589.
2. Chao H.-C., You C.-F., Lin I.-T. et al. Two-End-Member Mixing in the Fluids Emitted From Mud Volcano Lei-Gong-Huo, Eastern Taiwan: Evidence From Sr Isotopes // Frontiers in Earth Science. 2022. Vol. 9. P. 570436.
3. Kopf A., Delisle G., Faber E. et al. Long-term in situ monitoring at Dashgil mud volcano, Azerbaijan: a link between seismicity, pore-pressure transients and methane emission // International Journal of Earth Sciences. 2010. Vol. 99. P. 227-240.

УДК 550.3:550.8.01:550.8.08:550.83

УТОЧНЕНИЕ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ И ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕТРОПАВЛОВСК-КАМЧАТСКИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ

В.Ю. Павлова¹, Р.Р. Акбашев^{1,2}

¹ КамГУ им. Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

² Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

E-mail: verpavlova88@gmail.com

Необходимость исследования проявляется в детальном изучении грунтовых условий и геологического строения территории города Петропавловск-Камчатский для обеспечения безопасности при дальнейшем проектировании инфраструктуры в районе с высокой сейсмической активностью. Имеющаяся геологическая карта, а также карта инженерно-геологического районирования содержат общую информацию, требующую уточнения [Константинова, 2020; Шеймович, 2000].

Для выполнения работ использованы георадары «Тритон-М» и «ПИТОН-3». Георадар помогает проводить исследования, не нарушая целостность поверхности, характеризуется картографированием неоднородностей в режиме «реального времени», а также возможностью точного определения глубины залегания картируемых границ. Преимущества метода георадиолокации в том, что на протяженных участках получают непрерывные данные по геологическому строению и определению влажности грунтов в их естественном залегании.

Цель работы заключается в уточнении грунтовых условий, геологического строения, геоморфологических, гидрогеологических особенностей территории города Петропавловск-Камчатский с помощью метода георадиолокации. В результате этих работ выявлена локализация мелких и замкнутых неоднородностей, распространенных в приповерхностной части разреза грунтов города Петропавловск-Камчатский. Толща рыхлых отложений на территории города Петропавловск-Камчатский представляет собой верхний структурный этаж, состоящий из рыхлых слоистых отложений различного генезиса: насыпных, морских, лагунных и др., мощностью до первых десятков метров на склонах и даже до 100 метров у подножия некоторых склонов.

Данный проект способствует достижению общей цели проводимых исследований: создание научно-методической основы метода георадиолокации применительно к Камчатке, включая методику обработки и интерпретации данных, с учетом практического опыта применения на различных объектах.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030. Дальний Восток» и в рамках реализации гранта ФГБОУ ВО «КамГУ им. Витуса Беринга» №124020800006-9 на тему научного проекта «Уточнение грунтовых условий и геологического строения территории города Петропавловск-Камчатский с помощью метода георадиолокации» (руководитель Павлова В.Ю.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинова Т.Г. Поведение грунтов и зданий при сильных землетрясениях [Электронный ресурс]: Монография. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. 188 с.
2. Шеймович В.С. Государственная геологическая карта Российской Федерации 1:200000. Серия Южно-Камчатская. Листы N-57-XXI (Северные Коряки), N-57-XXVII (Петропавловск-Камчатский), N-57-XXXIII (Сопка Мутновская): Объясн. зап. М. 2000. 302 с.

УДК 550.344.2; 550.34.097

ОЦЕНКА ОРИЕНТАЦИИ ТРЕЩИНОВАТОСТИ В РАЙОНЕ РАЗЛОМНОЙ ЗОНЫ ПО ВАРИАЦИЯМ ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ В СКВАЖИНЕ НА ПРОХОЖДЕНИЕ ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

И.А. Пантелеев¹, V. Lyakhovsky², E. Shalev²

¹ *Институт механики сплошных сред УрО РАН, г. Пермь, Россия*

² *Geological Survey of Israel, Jerusalem, Israel*

E-mail: pia@icmm.ru

Изучение многочисленных проявлений гидрогеосейсмических вариаций в изменениях давления, разгрузки, температуры и химического состава подземных вод и газов при вибрационном воздействии сейсмических волн на подземные водоносные системы является одним из магистральных направлений изучения последствий сильных и средних землетрясений в сейсмоактивных регионах мира [Wang, Manga, 2021; Boldina et al., 2022]. Недавние скважинные наблюдения колебаний порового давления в районе крупной разломной зоны [Barbour, Beeler, 2021], вызванных прохождением телесеизмических волн, позволили выявить азимутальную зависимость амплитуды колебаний давления, связанную с взаимной ориентацией разломной зоны, осей главных горизонтальных напряжений и направления прихода волны. Возможной причиной обнаруженной зависимости является наличие преимущественной ориентации трещин и других дефектов сплошности геосреды в районе разломной зоны, связанной с ее поэтапным формированием. Наличие преимущественной ориентации трещиноватости является причиной анизотропии пороупругих свойств среды, что, в свою очередь, приводит к зависимости деформационного отклика подземной водоносной системы от направления прихода телесеизмических волн.

Целью настоящей работы является строгое математическое описание изменений порового давления, вызванных прохождением телесеизмических волн, с учетом различной ориентации и величины главных напряжений и поврежденностей (трещиноватости). Основой для построения математической модели служит оригинальная нелинейная пороупругая модель деформирования хрупкого пористого материала с тензорными параметрами поврежденности и уплотнения, разработанная авторами работы [Lyakhovsky et al., 2022]. Особенностью модели является возможность описания анизотропного характера развития поврежденности и уплотнения материала при его трехосном непропорциональном сжатии [Пантелеев, Ляховский, 2022; Пантелеев и др., 2022].

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 19-77-30008.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пантелеев И.А., Ляховский В.А. Ориентация трещиноватости в хрупком твердом теле при традиционном трехосном сжатии // Известия Российской Академии наук. Механика твердого тела. 2022. № 5. С. 70-92.
2. Пантелеев И.А., Ляховский В., Мубассарова В.А., Карев В.И., Шевцов Н.И., Шалев Э. Тензорная компакция пористых пород: теория и экспериментальная верификация // Записки Горного института. 2022. Т. 254. С. 234-243.
3. Boldina S.V., Kopylova G.N., Kobzev V.A. Study of Seismic Effects on Changes in Groundwater Pressure: Equipment and Some Well Observation Results for the Kamchatka Peninsula // Geodynamics & Tectonophysics. 2022. Vol. 13 (2). P. 0594.
4. Barbour A.J., Beeler N.M. Teleseismic waves reveal anisotropic poroelastic response of waste water disposal reservoir // Earth Planet. Phys. 2021. Vol. 5. P. 2021034.
5. Lyakhovsky V., Panteleev I., Shalev E., Browning J., Mitchell T.M., Healy D., Meredith P.G. A new anisotropic poroelasticity model to describe damage accumulation during cyclic triaxial loading rock // Geophysical Journal International. 2022. Vol. 230. P. 179-201.
6. Wang Ch.-Y., Manga M., Water and Earthquakes. Switzerland: Springer, 2021. 387 p.

УДК 551

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СОПКИ НИКОЛЬСКОЙ (ГОРОД ПЕТРОПАВЛОВСК-КАМЧАТСКИЙ)

А.Ю. Пилясова¹, В.Ю. Павлова¹, И.Ф. Делемень²

¹ Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

² Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

E-mail: anfisa712@mail.ru

В тектоническом отношении район исследований относится к Малко-Петропавловской складчато-глыбовой зоне [Шеймович, 2000]. В районе г. Петропавловска-Камчатского меловые породы протягиваются полосой от бухты Моховой в Авачинской губе до Халактырского пляжа на побережье Тихого океана [Савельев, Палечек, 2005]. Сопка Никольская расположена в центре города Петропавловск-Камчатский на берегу Авачинской губы. С северной стороны она упирается в центральную площадь имени Ленина. На юге сопка плавно переходит в мыс Сигнальный, образующий глубокий залив Петропавловской губы. На восточной стороне Никольской сопки проходят главные улицы города. В строении территории центра города выделяются два структурных этажа – верхний и нижний. В строении нижнего структурного этажа преобладают осадочные и эффузивно-пирокластические породы, метаморфизованные в зеленокаменные сланцы. Породы нижнего структурного этажа имеют моноклинальное залегание с углами падения от 145° до 230° и обнажаются на склонах сопки Никольской, представляющей собой один из разновысотных приподнятых тектонических блока, входящий в систему Петропавловского горста. Сопка Никольская состоит из дислоцированной кремнисто-туфогенной толщи, представленной переслаиванием зеленых кремнистых сланцев, окремнелых туфов, туфоалевролитов. Толща меловых пород имеет зеленокаменный облик. Породы однородные тонкозернистые, местами слабо выражена ориентированная текстура и сланцеватость. Основные породообразующие минералы – кварц, эпидот, хлорит, серицит. Породы рассечены многочисленными тонкими кварцевыми прожилками. У подножия сопки Никольской – морские четвертичные отложения. С западной стороны сопки Никольской – коллювиальные (склоновые) четвертичные отложения. Происходит активное формирование осыпей и обвалов. Сопка Никольская является памятником природы и популярным местом посещения туристов, поэтому необходимы данные о ее детальном геологическом строении и об особенностях формирования осыпей и обвалов на этой территории.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030. Дальний Восток» и в рамках реализации гранта ФГБОУ ВО «КамГУ им. Витуса Беринга» №124020800006-9 на тему научного проекта «Уточнение грунтовых условий и геологического строения территории города Петропавловск-Камчатский с помощью метода георадиолокации» (руководитель Павлова В.Ю.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев Д.П., Палечек Т.Н., Портнягин М.В. Кампанские океанические кремнисто-вулканогенные отложения в фундаменте восточного камчатского вулканического пояса // Тихоокеанская геология. 2005. Т. 24, №2. С. 46-54.
2. Шеймович В.С. Государственная геологическая карта Российской Федерации 1:200000. Серия Южно-Камчатская. Листы N-57-XXI (Северные Коряки), N-57-XXVII (Петропавловск-Камчатский), N-57-XXXIII (Сопка Мутновская): Объясн. зап. М. 2000. 302 с.

УДК 551

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КУЛТУЧНОГО ОЗЕРА (ГОРОД ПЕТРОПАВЛОВСК-КАМЧАТСКИЙ)

П.И. Пилясов¹, А.Ю. Пилясова¹, В.Ю. Павлова¹, И.Ф. Делемень²

¹ Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

² Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

E-mail: anfisa712@mail.ru

В региональном плане Озерновская коса Култучного озера располагается в зоне сочленения двух морфоструктур: линейно вытянутой в северо-западном направлении морфоструктуры Петропавловского горста и изометрической депрессионной морфоструктуры Авачинской губы. Вышеназванные морфоструктуры разделены грабеном Береговым, который протягивается вдоль Авачинской губы на 1 км и с северной стороны ограничен массивом сопки Мишенной. Северная половина грабена занята мелководным Култучным озером лиманного типа. Вертикальные движения вдоль грабенообразующих разломов в историческое время не фиксировались [Павлова и др., 2021].

На карте сейсмического микрорайонирования г. Петропавловска-Камчатского изученная территория Култучного озера расположена в зоне с сейсмической опасностью X баллов. К X-балльной зоне отнесены участки наиболее слабых грунтов в районе города, состоящих из обводненных суглинков севернее сопки Петровской; насыпных или намывных грунтов с высоким уровнем грунтовых вод (выше 5 м); болотистых, заиленных грунтов в пойме ручьев [Константинова, 2020].

Засыпка Култучного озера началась в 1920-х годах с южных берегов. Со стороны улицы Максутава засыпка озера достигла промышленных масштабов. В начале 1950-х годов был снесен мост, связывающий улицу Набережную с улицей Ленинградской, ручей был спрятан в трубу, засыпка озера продолжилась. В результате, Култучное озеро почти в два раза сократилось по сравнению с первоначальной площадью. Еще в 30-е годы XX века длина озера оставляла около 2 километров, а ширина более 300 метров. На данный момент длина Култучного озера составляет 815 метров, ширина — 283 метра, глубина — 6–7 метров, толщина ила — 3 метра.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные данные уточняют грунтовые условия на важных участках для города Петропавловск-Камчатский. Здесь проходят главные транспортные магистрали, по которым ходят маршрутные автобусы и располагаются административные здания. Также территория подвержена антропогенному воздействию в условиях постоянной рекреационной нагрузки, поэтому важно оценивать текущее состояние побережья Култучного озера.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030. Дальний Восток» и в рамках реализации гранта ФГБОУ ВО «КамГУ им. Витуса Беринга» №124020800006-9 на тему научного проекта «Уточнение грунтовых условий и геологического строения территории города Петропавловск-Камчатский с помощью метода георадиолокации» (руководитель Павлова В.Ю.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинова Т.Г. Поведение грунтов и зданий при сильных землетрясениях. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. 188 с.
2. Павлова В. Ю., Соловьев В. А., Кокорева А. С. Опыт работы с прибором георадар “ОКО-250” для уточнения грунтовых условий на озерновской косе Култучного озера (город Петропавловск-Камчатский) // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2021. Т. 35, № 2. С. 72-82.

УДК 551.4.044 (571.15)

НАДВИГОВАЯ ЗОНА И ЕЕ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ВЫРАЖЕННОСТЬ НА ГРАНИЦЕ ГОР АЛТАЯ И ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

С.Г. Платонова¹, В.В. Скрипко^{2,1}

¹ *Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия*

² *Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия*

E-mail: sgplatonova@mail.ru

Граница гор Алтая и Западно-Сибирской равнины совпадает с зоной надвигания палеозойских гранитов на аллювиально-озерные олигоцен-четвертичные осадки, вскрытой при бурении и проявленной в рельефе в виде крутого субширотного денудационно-тектонического уступа – фаса Алтая, высотой 200-500 м на протяжении примерно 200 км [Добрецов, 1995; Лоскутов, 2002; Малолетко, 1972, 2008; Чернов, 1965]. Получены новые результаты, уточняющие позицию разломной зоны и ее морфологической выраженности на прилегающих друг к другу горных и равнинных участках.

Одним из установленных признаков надвига на поверхности является наличие приподнятых террас на участках выхода рек из гор в равнину, а также ассиметричное строение пролювиальных конусов выноса. На прилегающей к фасу Предалтайской равнине пересмотрена структурная позиция субпараллельных между собой в полосе шириной 40 км трех увалов-междуречий, имеющих инверсионный характер по отношению к рельефу палеозойского фундамента. В новой интерпретации изменение гипсометрических уровней поверхности фундамента, отраженные в плановом рисунке речных долин и междуречных увалов представляет собой проявление развития надвигов в соответствии с [Boyer, 1982]. Это предположение подтверждается резким изменением направления речных долин при выходе из гор в равнину с северо-западного на субширотное и северо-восточное, контролируемое однонаправленными дизъюнктивами надвиговой зоны.

Скорректированная модель строения поверхности участков Предалтайской равнины, примыкающей к фасу Алтая, соотносится с морфологической выраженностью надвиговой зоны в рамках чешуйчато-надвиговой модели. Тем более, что эпицентры известных землетрясений разбросаны относительно уступа в полосе, как в пределах гор, так и на Предалтайской равнине, по ширине соответствующей возможным параметрам надвиговой зоны. Предварительные результаты работ позволяют предположить, что ширина проявления исследуемой зоны от фаса Алтая в сторону гор составляет не менее 11 км, в сторону равнины – до 40 км.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института водных и экологических проблем СО РАН (FUFZ-2021-0007).

ЛИТЕРАТУРА

1. Добрецов Н.Л. Общие проблемы эволюции Алтайского региона и взаимоотношения между строением фундамента и развитием неотектонической структуры // Геология и геофизика, 1995. Т. 36. Ч. 10. С. 5-19.
2. Лоскутов Ю.И. О природе Фаса Алтая // Геоморфология гор и предгорий: Материалы Всероссийской школы-семинара. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2002. С. 142-148.
3. Малолетко А.М. Палеогеография Предалтайской части Западной Сибири в мезозое и кайнозое. Томск: Издательство Томского университета, 1972. 228 с.
4. Малолетко А.М. Эволюция речных систем Западной Сибири в мезозое и кайнозое. Томск: Томский государственный университет, 2008. 288 с.
5. Чернов Г.А. Геологическое строение и тектоника Белокурихинского массива и месторождения термальных вод: автореф. канд. дис. Новосибирск, 1965. 22 с.
6. Boyer, Steven & Elliott, D. Thrust Systems // American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1982. P. 66. 1196-1230. 10.1306/03B5A77D-16D1-11D7-8645000102C1865D.

УДК 550

ПАРАМУШИРСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 25.03.2020 Г.

А.Ю. Полец

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: polec84@imgg.ru

25 марта 2020 г. в районе Северных Курильских островов произошло сильное землетрясение с моментной магнитудой $M_w=7.5$. Очаг располагался на океаническом склоне глубоководного желоба, в области перегиба Тихоокеанской литосферной плиты, на глубинах ~30–60 км, на границе коры и мантии с астеносферой. Тип механизма очага – взброс.

Океанический склон желобов сравнительно пологий (5°), образует слабо выраженный в рельефе краевой вал шириной 100 – 150 км, в исследуемом районе – краевой океанический вал Зенкевича. Происхождение валов связывают со сжатием океанической литосферы при ее погружении в зону субдукции. По сейсмическим данным (Сергеев и др., 1983; Балеста, 1981) строение земной коры краевого вала и океанического склона желоба идентичное и достаточно однообразно.

Большинство землетрясений в переходных зонах между континентами и океанами происходит под континентальным склоном желоба, а в осевой зоне желоба и океаническом склоне отмечается аномально низкая сейсмическая активность земной коры. Единичные случаи высокой активности на склоне и краевом валу расцениваются как признаки постепенной миграции сейсмической зоны от континентального склона к океаническому. Сильные события подобные землетрясению 25 марта 2020 г. является достаточно редким событием в океаническом склоне желоба. Последними сильными землетрясениями на океаническом склоне в Курило-Охотском регионе были землетрясения 13 января 2007 г., $M_w = 8.1$ (тип подвижки в очаге сброс) и 15 января 2009 г., $M_w = 7.4$ (тип подвижки в очаге сброс). Парамуширское землетрясение 2020 года является одним из 5 сильнейших землетрясений взбросового типа в пределах океанического склона желоба [Ye, Lay, et al., 2020].

Для реконструкции поля современных тектонических напряжений перед сильным Парамуширским землетрясением 25 марта 2020 г. применялся метод кактакластического анализа разрывных смещений [Ребецкий, 2007]. Реконструкция выполнялась по данным о механизмах очагов землетрясений [<https://www.globalcmt.org/>] для разных временных и глубинных интервалов.

Полученная ориентация осей главных напряжений характерна для субдукционных зон: проекции осей максимального девиаторного сжатия и растяжения ориентированы практически ортогонально простиранию Курильского желоба, ось промежуточного главного напряжения вдоль простирания желоба. Установлено практически повсеместное наличие обстановки горизонтального сжатия на глубинах 0–30 км и 30–60 км перед Парамуширским землетрясением 25 марта 2020 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балеста С.Т. Земная кора и магматические очаги областей современного вулканизма. М.: Наука, 1981. 133 с.
2. Сергеев К.Ф., Аргентов В.В., Биккениева С.К. Сейсмическая модель земной коры южной части Охотоморского региона и некоторые результаты ее геологической интерпретации // Тихоокеанская геология. 1983, № 6. С. 3-12.
3. Ребецкий Ю.Л. Тектонические напряжения и прочность природных массивов. Москва: ИКЦ Академкнига, 2007 г., 406 с.
4. Ye L., Lay T., Kanamori H. The 25 March 2020 M_w 7.5 Paramushir, northern Kuril Islands earthquake and major ($M_w \geq 7.0$) near-trench intraplate compressional faulting // Earth and Planetary Science Letters. 2021. Vol. 556. Iss. 0012–821X. 116728.4.

УДК 550.348

МОНИТОРИНГ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОСФЕРЫ КАК ЧАСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЫХ КАМЧАТСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Е.В. Полтавцева, В.А. Гаврилов, И.А. Сагарьяров

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
E-mail: kianara@mail.ru

В работе приводятся результаты построения и анализа двумерных карт пространственного распределения полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы, полученного с использованием данных Глобальных Навигационных Спутниковых Систем (ГНСС) [Афраимович, Перевалова, 2006] во временных окрестностях сильных камчатских землетрясений. Были обнаружены долгоживущие локализации положительных и отрицательных аномальных ионосферных возмущений, отражающие процессы подготовки землетрясений и сохраняющие свое расположение на протяжении 1-1.5 месяцев перед событиями.

Анализ совместных результатов скважинного мониторинга удельного электрического сопротивления (УЭС) геосреды [Гаврилов, 2017] в районе Петропавловского геодинамического полигона (ПП) и временных рядов вариаций вертикального ПЭС ионосферы, сформированных с использованием собственного программного обеспечения, показал, что на временном интервале подготовки сильных сейсмических событий данные различных видов геофизического мониторинга обнаруживают высокую степень согласованности. Для исследования физического механизма возмущений ионосферы перед сильными сейсмическими событиями сопоставлялось пространственное распределение аномалий ПЭС на интервалах активной фазы подготовки землетрясений с локализацией зон растяжения и сжатия геосреды в районе ПП, также рассчитанных по данным ГНСС-наблюдений. Расположение и размеры зон растяжения и сжатия совпали с численными оценками по консолидационной модели И.П. Добровольского, приведенными в работе [Gavrilov et al., 2023]. Распределение деформационных зон тесно связано с изменениями УЭС геосреды в процессе подготовки сильных землетрясений, что в свою очередь отражается в изменениях вертикального ПЭС ионосферы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Проект № 23-27-00352).

ЛИТЕРАТУРА

1. Афраимович Э.Л., Перевалова Н.П. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАН, 2006. 480 с.
2. Гаврилов В.А. Воздействие переменных электромагнитных полей на геоакустические процессы: эмпирические закономерности и физические механизмы: дис. ... д-ра физ.-мат. наук. ФГБУН Институт физики Земли им.О.Ю. Шмидта РАН, Москва, 2017. 385 с.
3. Gavrilov V.A., Poltavtseva E.V., Titkov N.N., Pantelev I.A., Buss Yu.Yu. Monitoring of Changes in the Stress-Strain State of Geoenvironment at the Petropavlovsk Geodynamic Testing Site Based on the Multi-Instrumental Borehole and GPS Data during the Active Phase of Preparing the Zhupanovsky Earthquake (January 30, 2016, Mw 7.2) // Geodynamics & Tectonophysics. 2023. Vol. 14 (6), P. 0732. doi:10.5800/GT-2023-14-6-0732.

УДК 553.086

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД О. ЖОХОВА (АРХ. НОВОСИБИРСКИЕ О-ВА, РОССИЯ)

Н.И. Пономарева, В.Н. Бочаров, Н.С. Власенко, С.Ю. Янсон

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: n_ponomareva@mail.ru

Настоящее сообщение посвящено результатам микроскопического изучения минералов ксенолитов мантийных шпинелевых лерцолитов в кайнозойских базальтах о. Жохова (арх. Новосибирские острова, восточный сектор Северного Ледовитого океана). Шпинелевые лерцолиты сложены оливином, клинопироксеном, ортопироксеном и шпинелью [Силантьев и др., 1992]. Их состав ранее приводился [Никитина и др., 2023].

Исследование минералов выполнялось в Ресурсных центрах научного парка СПбГУ: с помощью электронного микроскопа S-3400N (РЦ «Геомодель»), микроскопа-микроанализатора Hitachi TM 3000 и системы Quanta 200 3D (РЦ «Микроскопии и микроанализа»). Все микроскопы снабжены модулями энерго-дисперсионного анализа. Кроме того, выполнены исследования на рамановском спектрометре HoribaLabRam HR800 (РЦ «Геомодель») при 100-кратном увеличении объектива. Источником возбуждения служил твердотельный лазер 532 нм с мощностью 1-50 мВт.

Включения в оливине представлены энстатитом, хромдиопсидом, хромитом, хромистой шпинелью. Хромдиопсид установлен в виде единичных ярко-зелёных зёрен, размером ≤ 0.2 мм. Шпинель образует многочисленные мелкие хорошо огранённые кристаллики, размером ≤ 0.1 мм, краевые зоны которых корродированны и имеют фестончатый вид. На границе их с оливином, а также в краевой зоне самих кристалликов шпинели фиксируются тонкие прожилки натриево-калиевого алюмосиликата, что установлено как микронзондовым анализом, так и методом элементного картирования и кластерным анализом. По данным рамановской спектроскопии натриево-калиевый алюмосиликат представляет собой стекло. В этих же прожилках наблюдались скопления твёрдых углеводородов (УВ). В оливине также присутствуют многочисленные газопоглощающие включения, размером ≤ 20 мкм, содержащие CO_2 и композицию газов $\text{CO}_2 + \text{CO}$ аналогичную установленной для перидотитового ксенолита штата Невада, США [Bergman and Dubessy, 1984]. Идентификация включений проводилась согласно данным, приведенным в работе [Frezzotti et al., 2012].

В энстатите установлены тонкие игольчатые включения высокохромистого пирропа, содержащего в вес. %: 11.45 Cr_2O_3 и 0.28% CaO, которые по составу идентичны гранатам алмазных перидотитов [Хмельков, Власова, 2018].

Авторы искренне благодарны Л.П. Никитиной, В.Ф. Проскурнину, Н.М. Столбову, А.Н. Сироткину за предоставленные для изучения образцы из пород о. Жохова.

Исследования выполнены при поддержке гранта СПбГУ № 116234388.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина Л. П., Марин Ю.Б., Сироткин А.Н., Столбов Н.М., Проскурнин В.Ф., Пономарева Н.И., Бочаров В.Н., Бабушкина М.С. Петрография и минералогия мантийных ксенолитов в кайнозойских щелочных базальтах о. Жохова (арх. Новосибирские острова): процессы плавления и метасоматоза в мантии // Мат. год. собрания РМО. 2023. С. 48-50.
2. Силантьев С.А., Богдановский О. Г. и др. Магматизм Архипелага Де-Лонга (Восточная Арктика); петрология и петрохимия эффузивных пород и ассоциирующих с ними ксенолитов (острова Жохова и Вилькицкого) // Геохимия. 1991. № 2. С. 267-277.
3. Хмельков А. М., Власова Э. А. Парагенезисы гранатов из кимберлитов // Вестник ВГУ. Серия геология. 2018. № 4. С. 9-19.
4. Frezzotti M. L., Tecce F., Casagli A. Raman spectroscopy for fluid inclusion analysis // In Journal of Geochemical Exploration. 2012. P. 1-20.
5. Bergman S.C. and J. Dubessy CO_2 - CO fluid inclusions in a composite peridotite xenolith: implications for upper mantle oxygen fugacity // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1984. P.1-13.

УДК 552.13

**О ВКЛЮЧЕНИЯХ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ГРАНАТА
В ЭНСТАТИТЕ ИЗ ШПИНЕЛЕВЫХ ЛЕРЦОЛИТОВ О. ЖОХОВА
(АРХ. НОВОСИБИРСКИЕ О-ВА, РОССИЯ)**

Н.И. Пономарева, Н.С. Власенко, В.Н. Бочаров, С.Ю. Янсон, А.Д. Соловьева

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: w.bocharow@spbu.ru

Настоящее сообщение посвящено результатам микроскопического изучения энстатита из ксенолитов мантийных шпинелевых лерцолитов в кайнозойских базальтах о. Жохова (арх. Новосибирские острова, восточный сектор Северного Ледовитого океана). Аналогичные исследования минералов из пород о. Жохова не проводились.

Шпинелевые лерцолиты сложены оливином, ортопироксеном, клинопироксеном и шпинелью [Силантьев и др., 1992]. Состав их ранее приводился [Никитина и др., 2023].

Микроскопические исследования минералов выполнялись в Ресурсных центрах научного парка СПбГУ: с помощью электронного микроскопа S-3400N (РЦ «Геомодель»), микроскопа-микроанализатора Hitachi TM 3000 и системы Quanta 200 3D (РЦ «Микроскопии и микроанализа»). Все микроскопы снабжены модулями энерго-дисперсионного анализа. Кроме того выполнены исследования на рамановском спектрометре HoribaLabRam HR800 (РЦ «Геомодель») при 100-кратном увеличении объектива. Источником возбуждения служил твердотельный лазер 532 нм с мощностью 1-50 мВт.

Энстатит характеризуется содержанием компонентов (в вес.%): MgO 33,26; Al₂O₃ 1,88; FeO 5,79; Cr₂O₃ 0,47. Включения в энстатите представлены тонкими иглами граната, расположенными параллельно друг другу. По составу гранат соответствует высокохромистому железосодержащему пиропу и содержит в вес.%: MgO 27,88±0,91; Cr₂O₃ 11,45±2,55; FeO 9,72±0,66; Al₂O₃ 9,70±1,63 и CaO 0,28±0,08. Исходя из состава, данный гранат относится к изоморфному ряду пироп Mg₃Al₂(SiO₄)₃-кноррингит Mg₃Cr₂(SiO₄)₃. В работе [Платонов, Таран, 2018] показано, что даже низкохромистые природные пиропы (0,5-3,0 % Cr₂O₃), нередко содержат существенные примеси алмандинового минала. Высокое содержание хрома в магнезиальных гранатах, является признаком их глубинного характера, что присуще для алмазонасных перидотитов [Соболев и др., 1973; Хмельков, Власова, 2018].

Авторы искренне благодарны Л.П. Никитиной, В.Ф. Проскурнину, Н.М. Столбову, А.Н. Сироткину за предоставленные для изучения образцы из пород о. Жохова.

Исследования выполнены при поддержке гранта СПбГУ № 116234388.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина Л.П., Марин Ю.Б., Сироткин А.Н., Столбов Н.М., Проскурнин В.Ф., Пономарева Н.И., Бочаров В.Н., Бабушкина М.С. Петрография и минералогия мантийных ксенолитов в кайнозойских щелочных базальтах о. Жохова (арх. Новосибирские острова): процессы плавления и метасоматоза в мантии: тез. докл. ежегодного собрания РМО и Фёдоровской сессии 2023. Санкт-Петербург 2023. С.48-50.
2. Платонов А.Н., Таран М.Н. Оптические спектры и окраска природных гранатов. Киев: Изд-во Наукова думка, 2018. 257 с.
3. Силантьев С.А., Богдановский О.Г., Савостин Л.А., Кононкова Н.Н. Магматизм Архипелага Де-Лонга (Восточная Арктика); петрология и петрохимия эффузивных пород и ассоциирующих с ними ксенолитов (острова Жохова и Вилькицкого) // Геохимия. 1991. № 2. С. 267-277.
4. Соболев Н.В., Похиленко Н.П., Зюзин Н.И. Хромсодержащие гранаты из ксенолитов ультраосновных пород в кимберлитах Якутии // Геология и геофизика. 1973, № 2. С. 66-73.
5. Хмельков А. М., Власова Э. А. Парагенезисы гранатов из кимберлитов // Вестник ВГУ. Серия геология. Воронеж. 2018. № 4. С. 9-19.

УДК 543.381

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ТЕРМАЛЬНЫХ ВОДАХ И ПРОБЛЕМЫ ЕГО АНАЛИЗА

В.А. Потурай

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан, Россия
E-mail: poturay85@yandex.ru

Исследования органического вещества (ОВ) в термальных водах России представляет значительный интерес. С одной стороны, это теоретический аспект, заключающийся в выяснении механизмов образования ОВ под воздействием высоких температур и давления. С другой стороны, такие исследования имеют практическую значимость: поиск гидротермальной нефти и оценка техногенного загрязнения. Несмотря на это, ОВ очень слабо исследовано в гидротермальных системах. Связано это, прежде всего, с трудностью анализа ОВ. На сегодняшний день, твердофазная экстракция (ТФЭ) и газовая хромато-масс-спектрометрия (ГХ-МС) – это хорошо зарекомендовавший себя тандем высокочувствительных методов, который позволяет определять индивидуальный состав ОВ в природных водах [Лебедев, 2003; Рапопорт, Кондратьева, 2008; Soniassy et al, 1994]. Автором уже более 15 лет проводится анализ ОВ в термальных водах и накоплен достаточно большой массив данных [Потурай, 2010, 2017, 2018]. На начальном этапе анализ ОВ проводился под руководством Владимира Львовича Рапопорта. Им были отмечены некоторые проблемы проведения ТФЭ и ГХ-МС, которые использовались в настоящей работе. Автор продолжил эти исследования, в ходе которых были отмечены еще ряд проблем проведения ТФЭ и ГХ-МС. Установлено, что в результате анализа природных вод капиллярная колонка теряет свои рабочие свойства из-за накопления высокомолекулярных соединений в узле ввода пробы, а также неправильного выбора времени анализа. Следует периодически подрезать капиллярную колонку и осуществлять холостые анализы. Кроме этого, при проколе септы шприцом автосэмплера, в испаритель могут попасть соединения-загрязнители (фталаты), которые потом дают пики на хроматограммах [Крылов, Волкова, 2015]. Устраняется частой заменой септы и лайнера. При использовании заводских картриджей ТФЭ, в экстракт заносятся примеси. Необходимо применять самодельные стеклянные патроны для ТФЭ. Кроме этого, следует хорошо высушивать сорбент перед каждым этапом в потоке инертного газа, так как это позволяет более эффективно извлекать целевые компоненты во время элюирования. В результате исследования Тумнинского термального месторождения модифицированными методами ТФЭ и ГХ-МС, установлено 73 органических соединения, среди которых преобладают алифатические углеводороды растительного и бактериального генезиса. Также широко распространены ароматические и азотсодержащие соединения и эфиры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов В.А., Волкова В.В. Источники систематических погрешностей при газохроматографическом определении диалкил-о-фталатов в воде // Журн. аналит. химии. 2015. Т. 70, № 5. С. 510-516.
2. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии. М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2003. 493 с.
3. Потурай В.А. Сравнение химического состава термальных, сточных и грунтовых вод Кульдурского района // Региональные проблемы. 2010. Т. 13, № 2. С. 92-96.
4. Потурай В.А. Состав и распределение н-алканов в азотных термах Дальнего Востока России // Тихоокеан. геология. 2017. Т. 36, № 4. С. 109-119.
5. Потурай В.А. Органическое вещество в гидротермальных системах разных типов и обстановки // Извест. ТПУ. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329, № 11. С. 6-16.
6. Рапопорт В.Л., Кондратьева Л.М. Загрязнение реки Амур антропогенными и природными органическими веществами // Сибир. эколог. журнал. 2008. № 3. С. 485-496.
7. Soniassy R., Sandra P., Schlett C. Water analysis: Organic micropollutants. Germany: Hewlett-Packard Company, 1994. 278 p.

УДК 550.34.09, 550.347.097

ПАРАМЕТРЫ СРЕДЫ И ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА МЕТОДОМ ИНВЕРСИИ ОГИБАЮЩЕЙ КОДЫ

П.А. Предеин^{1,3}, Ц.А. Тубанов^{1,3}, А.А. Добрынина^{1,2}, В.В. Чечельницкий⁴

¹ Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

² Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия

³ Бурятский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Улан-Удэ, Россия

⁴ Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Иркутск, Россия

E-mail: crmpeter@ginst.ru

Впервые в работах К. Аки была показана возможность применения сейсмической коды для статистической оценки параметров среды [Aki, Chouet, 1975] в рамках модели однократного рассеяния. Современное развитие описания рассеяния сейсмической энергии – акустическая теория переноса излучения [Sens-Schönfelder, Wegler, 2006], позволяющая моделировать огибающую поперечной волны до многократно рассеянной «поздней» коды [Раутиан и др., 1981]. Мы применяем метод инверсии огибающей [Eulenfeld, Wegler, 2016], минимизирующий невязку между наблюдаемой на сейсмограмме и теоретической плотностью энергии, моделируемой функцией Грина для случая изотропного рассеяния в однородном полупространстве. В работе использовались данные сейсмических станций Бурятского филиала ФИЦ ЕГС РАН «Хурамша» (HRMR), «Улан-Удэ» (UUDB), и станции Байкальского филиала «Тырган» (TRG). Каталог обработки включал 180 локальных землетрясений с магнитудами в диапазоне 2–5.5 за 2019–2022 гг., зарегистрированных в центральной части Байкальского рифта. Расчет выполнялся для частот от 0.5 до 32 Гц в октавных диапазонах с перекрытием 50%, использовались записи длительностью 60 с начиная от вступления S-волны и соотношением сигнал-шум более 3.

Были получены стабильные оценки параметров рассеяния и поглощения поперечных волн в литосфере этой части региона, разброс величин поглощения на частотах выше 1 Гц при станционной и совместной обработке составил не более 10%. Затухание рассеяния варьирует сильнее в зависимости от азимута и эпицентральных расстояний, максимально оно для станции TRG и частот до 2 Гц, на более высоких частотах рассеяние максимально для UUDB. Полученное по результатам сводной обработки трех станций суммарное затухание и обратная ему величина добротности, аппроксимированная степенной зависимостью вида $Q=130 \cdot f^{0.76}$ с высоким значением частотного параметра (> 0.7), соответствует тектонически активным регионам.

Рассчитанное затухание использовалось для оценки энергии в очаге землетрясения и величины сейсмического момента. Было получено соответствие рассчитанной моментной магнитуды по коде и магнитуд, пересчитанных из энергетического класса по формуле Раутиан, вида $M_w=0.9 \cdot M+0.43$. Для более плотной сети станций в этой части рифта надежно определены M_w слабых землетрясений, соответствующих локальной магнитуде в диапазоне от 2–2.5.

Исследование выполнено с использованием данных, полученных на УНУ «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

ЛИТЕРАТУРА

1. Раутиан Т.Г. Экспериментальные исследования сейсмической коды. М.: Наука, 1981. 142 с.
2. Aki K., Chouet B. Origin of coda waves: source, attenuation, and scattering effects //Journal of geophysical research. 1975. T. 80, №. 23. C. 3322-3342.
3. Eulenfeld T., Wegler U. Measurement of intrinsic and scattering attenuation of shear waves in two sedimentary basins and comparison to crystalline sites in Germany //Geophysical Journal International. 2016. T. 205, №. 2. C. 744-757.
4. Sens-Schönfelder C., Wegler U. Radiative transfer theory for estimation of the seismic moment // Geophysical Journal International. 2006. T. 167, №. 3. C. 1363-1372.

УДК 550.34.013.4

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

А.С. Прытков

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: a.prytkov@imgg.ru

27 мая 1995 года на севере острова Сахалин произошло землетрясение с магнитудой $M_w=7.0$ (Нефтегорское землетрясение). Землетрясением стало крупнейшим сейсмическим событием за инструментальный период сейсмологических наблюдений на острове. Главный толчок произошел на границе Евразийской и Североамериканской плит, которая проходит вдоль острова. Максимальное правостороннее смещение вдоль разлома достигло 8.1 м, вертикальное – 1.8 м [Шимамото и др., 1995].

В работе для моделирования очага Нефтегорского землетрясения использовались статические косейсмические смещения ближнего поля, которые получены путем сравнения данных триангуляции с положениями 24 GPS пунктов [Василенко и др., 2015]. Внесение поправок между измерениями позволило достичь средних погрешностей для горизонтальной и вертикальной компоненты смещений – 15 и 10 см, соответственно. Максимальные смещения составили 2.15 м по горизонтали и 1.02 м по вертикали. Все три компоненты косейсмических смещений были использованы для построения конечно-элементной модели очага землетрясения.

Процедура оптимизации модели реализована SDM методом, включающего слоистую структуру земной коры и криволинейную геометрию разлома [Wang et al., 2013]. Оценка выполнена по невязкам между наблюдаемыми и модельными смещениями. Оптимальные параметры длины и ширины разлома составили 78 и 28 км соответственно. Плоскость разлома разделена на 20×7 подразломов размером 3.9×4 км. Угол падения модельной плоскости составил 79° .

Модель предполагает наличие двух областей разрывных нарушений с различным распределением смещения. Большая область, которая соответствует механизму очага землетрясения, характеризуется правосторонними сдвиговыми движениями величиной до 6.36 м вблизи земной поверхности, тогда как северный участок имеет взбросовый тип дислокаций с локальным смещением 2.64 м на глубине 15 км. Значение расчетного геодезического момента составило 7.49×10^{19} Н·м, что эквивалентно магнитуде $M_w=7.2$. Распределение кулоновских напряжений в результате землетрясения согласуется с облаком афтершоков, большая часть которых произошла в районе, где напряжение увеличивается. Современные скорости GNSS пунктов в окрестности поверхностного сейсморазрыва свидетельствуют, что время повторения события, подобного Нефтегорскому землетрясению $M_w=7.0$, может составлять более тысячи лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Василенко Н.Ф., Прытков А.С., Касахара М., Такахаша Х. Современная геодинамика Северного Сахалина до и после Нефтегорского землетрясения 27(28) мая 1995 г. $M_w=7.0$ // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: Всероссийская научная конференция с международным участием. Владивосток: Дальнаука, 2015. Т. 1. С. 13-16.
2. Шимамото Т., Ватанабе М., Судзуки Я. Поверхностные разрывы, связанные с Нефтегорским землетрясением 27(28) мая 1995 г. // Нефтегорское землетрясение 27(28) мая 1995 г.: Информационно-аналитический бюллетень ФССН, специальный выпуск. М., 1995. С. 101-116.
3. Wang R., Diao F., Hoechner A. SDM – A geodetic inversion code incorporating with layered crust structure and curved fault geometry. General Assembly European Geosciences Union // Geophysical Research Abstracts, 2013. 15, EGU2013-2411-1.

УДК 551.242.1

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ О. САХАЛИН ПО ДАННЫМ GNSS НАБЛЮДЕНИЙ

А.С. Прытков¹, Н.Ф. Василенко¹, Д.И. Фролов²

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

² *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*

E-mail: a.prytkov@imgg.ru

Современная геодинамика о. Сахалин определяется взаимодействием Евразийской (Амурской) и Североамериканской (Охотской) литосферных плит. Граница плит отождествляется с системой главных субмеридиональных разломов острова: Хоккайдо-Сахалинским, Центрально-Сахалинским и Западно-Сахалинским [Chapman et al., 1976]. Скорость конвергенции литосферных плит в различных геодинамических моделях увеличивается с севера на юг, достигая в пределах островной суши 12 мм/год по азимуту $\sim 250^\circ$ [Apel et al., 2006]. Схождение литосферных плит проявляется в интенсивном неоднородном деформировании земной коры и высокой сейсмической активности острова, которая, в основном, сосредоточена на глубинах до 20 км.

GNSS наблюдения в центральной части Сахалина начаты в 2000 г. (спустя 3 месяца после Углегорского землетрясения $M_w=6.8$ [Прытков, Василенко, 2006]) на шести пунктах поперечного профиля, пересекающего остров на широте около 50°N . В 2002 и 2005 гг. были проведены повторные измерения и получены первые данные о современной геодинамике района. В 2011 г. заложены новые геодезические знаки, что позволило увеличить сеть до 11 пунктов наблюдений. К 2023 г. на объектах проведены от 2 до 5 повторных эпох измерений продолжительностью не менее трех суток на каждом пункте наблюдений.

Для минимизации сезонного влияния на точность позиционирования все полевые измерения проводились в летний период, при этом на пунктах использовались те же антенны, что и в предыдущие эпохи наблюдений. Суточные файлы измерений формировались с 30-секундной дискретностью и маской возвышения спутников от 5° . Обработка данных осуществлялась с использованием специализированного пакета программного обеспечения [Dach et al., 2015]. Высокая точность результатов наблюдений достигалась после учета различных поправок в процессе обработки.

Окончательные результаты измерений представлены в виде межсейсмических скоростей смещений пунктов относительно станции UGLG (г. Углегорск). Скорость субширотного сжатия можно оценить величиной до 2 мм/год, скорость правостороннего сдвига – до 2.5 мм/год, что весьма важно для оценки периода повторяемости сильнейших землетрясений в этом районе. В целом скорость деформации земной поверхности центральной части о. Сахалин составляет 3 мм/год по азимуту $\sim 45^\circ$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прытков А.С., Василенко Н.Ф. Дислокационная модель очага Углегорского землетрясения 4(5).08.2000 г. // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25, № 6. С. 115-122.
2. Apel E.V., Burgmann R., Steblov G., Vasilenko N., King R., Prytkov A. Independent Active Microplate Tectonics of Northeast Asia from GPS velocities and Block Modeling // Geophysical Research Letters. 2006. Vol. 33 (11), L 11303.
3. Chapman M.E., Solomon S.C. North American-Eurasian plate boundary in northeast Asia // Journal of Geophysical Research. 1976. Vol. 81. P. 921-930.
4. Dach R., Andritsch F., Arnold D., Thaller D. Bernese GNSS Software Version 5.2. Astronomical Institute of University of Berne. 2015. 852 p.

УДК 550.34

УТОЧНЕНИЕ ТИПОВЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВЫХ АНОМАЛИЙ И ИХ ПРОЯВЛЕННОСТЬ В ОЧАГАХ ОТДЕЛЬНЫХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, КАМЧАТКА- СЕВЕРНЫЕ КУРИЛЫ

М.В. Родкин^{1,2}, М.Ю. Андреева²

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

² *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

E-mail: andreeva-mu@mail.ru

Исследуется возможность построения нового алгоритма прогноза землетрясений применительно к району Камчатка – Курильские острова на основе набора типовых предвестниковых эффектов, полученных ранее при анализе обобщенной окрестности сильных землетрясений. Основой для работы служил однородный каталог КФ ГС РАН с 1962 по 2023 год, включающий 64516 события (с $M \geq 3.5$). Решение поставленной задачи предусматривает уточнение регионального характера осредненных предвестниковых эффектов и оценку доли сильных землетрясений, в форшоковый период которых удастся статистически достоверно выявить осредненные предвестниковые эффекты.

Показано единообразие аномалий изменения интенсивности потока событий и наклона графика повторяемости для землетрясений разного интервала глубин. Различием является несколько более позднее начало форшокового каскада для промежуточных землетрясений (с глубинами ~ 20 -100 км).

Некоторые другие фор- и афтершоковые особенности режима для сильных разноглубинных землетрясений более различны. Так, для неглубоких и промежуточных событий доминирует тенденция уменьшения глубины землетрясений в очаговой зоне сильных событий. Полученный эффект может объясняться развитием интенсивного восходящего флюидного потока при связанном с сильными землетрясениями трещинообразованием. Можно ожидать особенно активного глубинного флюидного режима в активных современных зонах субдукции, таких как Камчатка и Курильские острова. Для глубоких землетрясений, напротив, доминирует тенденция роста глубины слабых землетрясений в окрестности сильных событий. Наблюдаемая тенденция заглубления очагов землетрясений в окрестности глубоких землетрясений связывается с фазовыми превращениями в погружающейся плите. Приводятся предварительные данные о доли разноглубинных сильных землетрясений в форшоковой области которых статистически надежно выявляются те или иные типичные предвестниковые аномалии.

Работа выполнена при частичной поддержке РНФ (проект № 23-27-00395 «Комплекс аномалий в обобщенной окрестности сильного землетрясения; физика процесса и использование в целях прогноза»).

УДК 551.21

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОВРЕМЕННОЙ АКТИВНОСТИ
ВУЛКАНОВ БЕРУТАРУБЕ И ТЕБЕНЬКОВА
(О. ИТУРУП, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)**

Ф.А. Романюк¹, И.В. Брагин²

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

² *Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

E-mail: f.romanuk@imgg.ru

В рамках проведения вулканологических научных работ на о. Итуруп в 2023 г/ были обследованы вершинная часть и долина руч. Андрея на восточном склоне вулкана Берутарубе, вершинная часть и долина руч. Рудничного на западном склоне кратера Мачеха (вулкан Тебенькова). Произведена тепловизионная съемка крупных сольфатар Большой и Малой в верховьях р. Филюшина на западном склоне, опробованы воды неотмеченных в литературе [Мархинин, Стратула, 1977] холодных источников в верховьях руч. Андрея, а также самого ручья на восточном склоне вулкана Берутарубе. Отобраны образцы отложений фумарол в виде рыхлой массы и кристаллов на кромке кратера Мачеха, опробованы воды Сернозаводских источников в верховьях ручья Рудничного и воды ручья до слияния с пресным притоком.

Анализ отобранных материалов были произведен в Центре коллективного пользования ДВГИ ДВО РАН. Определение ионов в пробах вод выполнено методом ионной хроматографии на высокоэффективном ионном жидкостном хроматографе LC-20 (Shimadzu, Япония). Определение концентрации элементов в пробах выполнено методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре iCAP 7600 Duo (Thermo Scientific, США). Определение элементов и окислов в материале сольфатар и солях выполнено методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX).

Существенных изменений гидротермальной деятельности вулканов, по сравнению с данными предшествующих исследователей [Дегтерев и др., 2018; Иванов, 1955; Мархинин, Стратула, 1977], не выявлено. Опробованные на восточном склоне вулкана Берутарубе безымянные источники относятся преимущественно к сульфатным кальциевым, сходным по своим физическим параметрам (температура около 14°C, pH = 3.8–4.2, отложения лимонита) с Железистыми источниками [Мархинин, Стратула, 1977]; преобладают в составе кальция (189 мг/л), алюминий (108 мг/л), кремний (45 мг/л), натрий (29 мг/л), сера (17 мг/л) и железо (4 мг/л). В силикатной массе отложений фумарол на кромке кратера Мачеха отмечены кристаллы барита и рутила, зерна серы, лантана и циркона. В силикатной массе кристаллических образований также отмечены зерна пирита, циркона, барита, серы с примесями алюминия, натрия, лантана, палладия и других элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дегтерев А.В., Козлов Д.Н., Романюк Ф.А., Жарков Р.В., Рыбин А.В. Состояние вулкана Берутарубе в 2017 г. (о. Итуруп, Курильские острова) // Геосистемы переходных зон. 2018. Т. 2, № 4. С. 386–391. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.4.386-391>
2. Иванов В.В. Минеральные воды Востока СССР. Т. 5: Термальные воды Курильских островов: отчет по научной работе Курильского отряда Сахалинской экспедиции за 1953 и 1954 гг. М.: Росгеолфонд, Центральное фондохранилище, инв. № 1210, 1955. 291 с.
3. Мархинин Е.К., Стратула Д.С. Гидротермы Курильских островов. М.: Наука, 1977. 212 с.

УДК 551.4.042

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТРАССИРОВКИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

С.В. Рыбальченко

*Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН,
г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: rybalchenko_sv@mail.ru*

В последние годы на территории РФ активно ведется работа по переустройству региональных энергосистем, включая линии по транспортировке электроэнергии высокого и сверхвысокого классов напряжений, а также масштабная программа по газификации регионов. Значительная часть указанных магистральных инженерных сетей прокладывается в горных районах в сложных природно-территориальных условиях: при большой глубине и частоте расчленения рельефа, сложных инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрометеорологических условиях, сейсмичности территории, а также активном развитии опасных экзогенных процессов (селей, лавин, оползней, русловых деформаций и др.). Опасные экзогенные процессы могут представлять существенную угрозу для конструктивной целостности и нормальной эксплуатации магистральных инженерных сетей. Таким образом, в качестве превентивной меры по инженерной защите объекта и снижению капитальных затрат на его реализацию прежде всего выступает предварительный выбор оптимальной трассировки объекта с учетом анализа участков развития и воздействия опасных экзогенных процессов.

Для подобного анализа может быть использован дифференцированный геоморфометрический анализ территории. Стоит отметить, что при выделении на основе данного дифференцированного подхода геоморфологических единиц для последующего анализа, они рассматриваются не как отдельные формы рельефа/ландшафта, а как элементарные открытые геосистемы в пределах которых неразрывно связанные отдельные компоненты геосистемы.

На основе данных представлений наиболее удобно выделяют следующие геоморфологические единицы: склон, тальвег, водораздел, отлог. Склоны представляются наиболее неблагоприятными участками для трассировки магистральных сетей, поскольку требуют детального изучения участков возникновения и воздействия на объект опасных экзогенных процессов, последующих дорогостоящих мероприятий по инженерной подготовке и защите территории. Тальвеги также представляют угрозу для проектируемых объектов, поэтому необходимо исключить прокладку по их территории или в непосредственной близости от них. Пересекать тальвеги рекомендуется по прямым углом для сокращения протяженности опасного участка. Водораздел преимущественно линейный объект положительной формы рельефа, разделяющий различные участки стока. Для геологической среды характерны относительно стойкие горные породы, (преимущественно элювиальные отложения). Слабовыраженный сток и ограниченное распространение опасных экзогенных процессов непосредственно на территории самого водораздела. В горной местности зачастую представляются наиболее благоприятным или единственно возможным участком трассировки. Отлог обширный относительно выровненный или слабонаклоненный участок поверхности с площадным (на отдельных участках возможно неявно выраженным русловым) слабоинтенсивным стоком или бессточными областями. В связи с низкой энергией рельефа и слабым стоком представляются благоприятными участками для трассировки. Однако, в связи с чрезвычайно неблагоприятными геологическими условиями значительно подвержены влиянию смежных геоморфологических единиц (склонов, тальвегов), которые могут трансгрессивно перемещаться на территорию отлогов: врезание русел в поверхность, перемещение бровки низового или подошвы верхового склона (откоса). Необходим пространственно-временной прогноз на период эксплуатации объекта с возможностью трансгрессивного воздействия смежных геоморфологических единиц с более высоким энергетическим потенциалом.

УДК 550.343;550.35;550.388

ПРЕДВЕСТНИКОВЫЕ АНОМАЛИИ В КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ВБЛИЗИ И НА ОТДАЛЕНИИ ОТ ЭПИЦЕНТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Н.М. Салихов, Г.Д. Пак, С.М. Нуракынов

*Институт ионосферы Аэрокосмического комитета МЦРИАП, г. Алматы, Республика Казахстан
E-mail: N1_Nazyf@mail.ru*

Мировой опыт успешного краткосрочного прогноза крупных землетрясений несоизмеримо мал в сравнении с отрицательными результатами либо отсутствием каких-либо объективных признаков подготовки землетрясений. Это подчеркивает актуальность исследований в данном направлении. Нам удалось только один раз обнаружить предвестниковые аномалии за 7 дней до землетрясения магнитудой $MPV4.2$, произошедшего 30 декабря 2017 г. Заилийский Алатау, Северный Тянь-Шань ($N43.10\ E77.90$), эпицентр которого находился всего в 5.3 км от измерительного оборудования [Salikhov, 2022]. В скважине на глубине 40 м было зарегистрировано одновременное появление возмущений в вариациях потока гамма-квантов, геоакустической эмиссии, температуры, а также в вариациях потока гамма-квантов в приземной атмосфере рядом со скважиной. При этом доплеровским ионозондом было зарегистрировано уменьшение доплеровского сдвига частоты ионосферного сигнала. Это определило выводы о возможной роли ионизации пограничного слоя атмосферы в распространении сейсмогенного возмущения от литосферы до высот ионосферы. В остальных случаях предвестниковые аномалии в вариациях геофизических полей были выявлены при анализе данных по факту свершившихся землетрясений. Отметим, что одним из часто повторяющихся признаков подготовки землетрясений магнитудой $MPV\ 5.0-6.2$ (*www.some.kz*) было появление бухтообразных понижений интенсивности потока гамма-квантов в скважине и приземной атмосфере за 2-7 дней до основного толчка на расстоянии от эпицентра 15 - 354 км (в пределах радиуса Добровольского) [Salikhov, 2023]. При проведении доплеровского зондирования ионосферы на наклонных радиотрассах (протяженностью 800 и 3000 км) в доплеровском сдвиге частоты ионосферного сигнала при землетрясении магнитудой $M7.8$ в Турции 6 февраля 2023 г. [2] и при землетрясении $M7.8$ в Непале 25 апреля 2015 г. были зарегистрированы пред-сейсмических и ко-сейсмических возмущения в ионосфере. Ко-сейсмические эффекты возникли в результате проникновения в ионосферу акустических волн, генерируемых поверхностной сейсмической волной Рэлея. Механизм возникновения пред-сейсмических ионосферных возмущений над областью подготовки катастрофических землетрясений в Турции и Непале определяется, по-видимому, межгеосферными взаимодействиями в системе литосфера-атмосфера-ионосфера.

Исследования выполнены при поддержке Министерства науки и высшего образования РК гранта AP19678127 «Развитие методов и средств геофизического мониторинга для исследования динамических процессов в системе литосфера-атмосфера-ионосфера-магнитосфера в сейсмоопасном регионе Северного Тянь-Шаня».

ЛИТЕРАТУРА

1. Salikhov N., Shepetov A., Pak, G.; Nurakynov S., Ryabov V., Saduyev N., Sadykov T., Zhintayev Z., Zhukov V. Monitoring of Gamma Radiation Prior to Earthquakes in a Study of Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling in Northern Tien Shan // Atmosphere. 2022, Vol. 13. P. 1667. <https://doi.org/10.3390/atmos13101667>.
2. Salikhov N., Shepetov A., Pak G., Nurakynov S., Kaldybayev A., Ryabov V., Zhukov V. Investigation of the Pre- and Co-Seismic Ionospheric Effects from the 6 February 2023 $M7.8$ Turkey Earthquake by a Doppler Ionosonde // Atmosphere 2023. Vol. 14. P. 1483. <https://doi.org/10.3390/atmos14101483>.

УДК 53.087.45

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
СЕЙСМОГЕННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В СИСТЕМЕ
ЛИТОСФЕРА-АТМОСФЕРА-ИОНОСФЕРА
В РЕГИОНЕ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ**

Н.М. Салихов¹, А.Л. Щепетов², Г.Д. Пак¹, С.М. Нуракынов¹, В.В. Жуков²

¹ *Институт ионосферы Аэрокосмического комитета МЦРИАП, г. Алматы, Республика Казахстан*

² *Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия*

E-mail: NI_Nazyf@mail.ru

Одним из наиболее актуальных вопросов современной геофизики является исследование аномальных эффектов в вариациях геофизических полей как индикаторов подготовки землетрясений.

Мониторинг геофизических полей проводится на научных станциях Института Ионосферы «Радиополигон Орбита» и «Космостанция», а также на Тянь-Шанской высокогорной научной станции ФИАН им. П.Н.Лебедева на высотах 2750 м и 3340 м вдали от промышленных помех. Создана экспериментальная база, включающая следующий комплекс измерительного оборудования:

- сцинтилляционный гамма-детектор СДН.30, с кристаллом NaI(Tl), Ø40мм и гамма-детектор БДЭГ2-39 с кристаллом NaI(Tl), Ø150мм, предназначенные для мониторинга интенсивности потока гамма-квантов (диапазон энергий 40 – 1800 кэВ) в скважине на глубине 40 и 100 м и на поверхности Земли рядом со скважиной;
- гелиевый счетчик ПД631, заполненный газовой смесью из ³He, для регистрации тепловых нейтронов в скважине на глубине 100 м;
- микрофон чувствительностью 25 мВ/Па для регистрации геоакустической эмиссии (500 - 10 000 Гц) в скважине на глубине 50 и 100 м;
- высокочувствительный индукционный датчик IMS-008 для регистрации электромагнитных сигналов в ELF – ULF диапазонах частот;
- многоканальный геофизический регистратор «МГР-02-16» с ферритовой антенной VLF диапазона для регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли;
- прецизионный микробарограф «ISGM03» для регистрации инфразвуковых волн в диапазоне от долей Па до 100 Па;
- аппаратно-программный комплекс регистрации теллурического тока в ELF диапазоне (0 - 20 Гц);
- аппаратно-программный комплекс доплеровского зондирования ионосферы на наклонной радиотрассе протяженностью от 13 до 3000 км.

Для оперативного просмотра и анализа результатов комплексного мониторинга создана объединенная информационная база с интерактивным доступом к данным по сети Интернет.

По результатам анализа данных комплексного мониторинга выявлены пре-сейсмические и ко-сейсмические эффекты в геофизических полях, и прослежены межгеосферные взаимодействия в системе литосфера-атмосфера-ионосфера при землетрясениях магнитудой М4.2 - 7.8.

Исследования выполнены при поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан гранта AP09260262 «Мониторинг и исследование геосферных взаимодействий в системе литосфера-атмосфера-ионосфера в геодинамически активных регионах и ФНИ BR20280979 «Комплексное исследование воздействия источников возмущений солнечного происхождения на состояние околоземного космического пространства».

УДК 550.31

ПРИМЕНЕНИЕ ГНСС ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ И ПРИЛЕГАЮЩИХ СТРУКТУР

**В.А. Саньков¹, А.В. Лухнев¹, А.И. Мирошниченко¹, С.В. Ашурков¹,
А.В. Саньков¹, Л.М. Бызов¹, Е.Ю. Ефимов²**

¹ Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия

² ООО «ВолксКрупн-АЕ», г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: sankov@crust.irk.ru

Сеть пунктов Байкальского геодинимического GNSS полигона организована в 1994 году в рамках российско-французского сотрудничества. Полигон охватывает все основные структуры южной и центральной частей Байкальской рифтовой системы (БРС), поднятия Забайкалья, Восточного Саяна, смыкаясь на юге с сетью Монгольского геодинимического полигона. Плотность сети и расположение пунктов полигона позволяет решать задачи по исследованию различных аспектов современной геодинимики БРС.

По данным измерений рассчитано поле современных горизонтальных движений и деформаций для территории Южного Прибайкалья и Северной Монголии. Установлено зональное пространственное распределение преобладающих типов горизонтальных деформаций коры. Тип деформаций коррелирует с типом напряженного состояния земной коры по сейсмологическим и геолого-структурным данным.

На основе долговременных измерений на Байкальском геодинимическом полигоне уточнена скорость дивергенции Сибирского и Забайкальского блоков, которая составляет $3,4 \pm 0,7$ мм/год с движением блока Забайкалья в юго-восточном направлении. Скорость деформации достигает $2,1 \cdot 10^{-8}$ в год и постепенно уменьшается в обе стороны поперек рифта. Территория юга Сибирской платформы характеризуется скоростями горизонтальных деформаций порядка единиц на 10^{-9} в год, что соответствует уровню ее тектонической и сейсмической активности. Зоны высоких градиентов рельефа и повышенной сейсмической активности располагаются в пределах зоны максимума современных деформаций, а скорость реализации сейсмического момента (M_0) находится в прямой зависимости от скорости деформации. Оценка дефицита реализации M_0 для землетрясений $M \geq 5.0$ за исторический и инструментальный периоды наблюдений по отношению к скорости накопления геодезического момента, позволяет рассчитать уровень текущей сейсмической опасности для Южнобайкальской впадины.

Рассчитаны современные движения и деформации южной части БРС за период до сейсмической активизации 2020-2021 гг. в этом районе. Показано, что эпицентры Быстринского (21.09.2020г., $M=5.4$) и Хубсугульского (12.01.2021г., $M=6.8$), Кударинского (10.12.2020г., $M=5.5$) землетрясений, а также последовавшего за ними землетрясения 14.10.2022г. ($M=5.2$) в Южнобайкальской впадине, тяготеют к областям перехода между зонами относительного сжатия и растяжения. Установленная закономерность в локализации эпицентров землетрясений с $M > 5$ может быть использована для выявления вероятных зон подготовки очагов сильных землетрясений будущего с целью оптимального размещения сетей наблюдений за их краткосрочными предвестниками.

С использованием сопоставления данных наземных полигонометрических измерений и современных измерений методом спутниковой геодезии оценены деформации земной поверхности на Северомуйском геодинимическом полигоне в пределах Ангаракан-Муяканского блока за 36-летний период. Скорость относительного горизонтального удлинения составила первые единицы на 10^{-7} в год в направлении $300-350^\circ$. Следует отметить, что результаты проведенных ранее наземных измерений на локальных полигонах с базовыми линиями в первые километры за 3-х летний период показали более интенсивные (на 1-2 порядка) разнонаправленные горизонтальные деформации. Планируется развитие сети геодезических наблюдений в БРС за счет увеличения количества постоянных GNSS станций, совмещенных с другими методами исследований геофизических полей в рамках пунктов комплексного мониторинга опасных геологических процессов.

УДК 550.34

УНИФИКАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КУРИЛО-ОХОТСКОГО РЕГИОНА И ИХ СВЯЗЬ С МАГНИТУДАМИ СОСЕДНИХ РЕГИОНОВ

Д.А.Сафонов

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: d.safonov@imgg.ru*

При работе с каталогами землетрясений важна возможность приведения энергетических характеристик землетрясений к единой шкале. В статье [Сафонов, 2024] были предложены переходные соотношения между магнитудой MLH каталога Курило-Охотского региона СФ ФИЦ ЕГС РАН, и другими региональными энергетическими характеристиками, а также магнитудой M_w , ограниченные диапазоном $M=4.0-6.5$. Привлечение дополнительных данных позволило расширить диапазон применения зависимости $MLH(M_w)$ в область высоких магнитуд, где наблюдается эффект насыщения магнитудной шкалы MLH. Полученная зависимость в области высоких магнитуд хорошо соотносится с соотношениями $MS(M_w)$ [Гусев, Мельникова, 1990; Petrova, Gabsatarova, 2020], но расходится с ними для более слабых землетрясений.

Шкала моментных магнитуд M_w имеет некоторую зависимость от определяющего агентства. Сопоставления моментной магнитуды [GCMT] и [NIED] между собой для землетрясений Курило-Охотского региона, а также в сравнении с региональной $M_{w_{\text{рег}}}$ Сахалинского филиала показывают небольшое устойчивое занижение $M_{w_{\text{NIED}}}$ и $M_{w_{\text{рег}}}$ относительно $M_{w_{\text{GCMT}}}$ приблизительно до 0.06–0.09 магнитудных единиц в доступном для определения диапазоне, разница между $M_{w_{\text{NIED}}}$ и $M_{w_{\text{рег}}}$ (~0.02 м.е.). С учетом округления магнитудных значений до первого знака после запятой, в большей части случаев такое различие несущественно, однако может проявляться при использовании моментной магнитуды разных агентств в качестве прокси.

Каталоги Сахалинского и Камчатского филиалов ФИЦ ЕГС РАН пересекаются на границе зоны ответственности филиалов в районе средних-северных Курильских островов. В [Соловьев, Соловьева, 1968] показано, что между энергетическим классом землетрясений K_s С.А. Федотова, K_s С.Л. Соловьева, существует устойчивая разница в 0.4 ед. Проведенное исследование на базе каталога 2007–2023 гг. показало, что сейчас эта разница составляет примерно 0.7 ед. Помимо этого получена зависимость между магнитудой M_I Камчатского филиала и MLH Сахалинского. Сравнение полученных зависимостей транзитным пересчетом через другие магнитуды, включая моментную, показывает их хорошую устойчивость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев А.А., Мельникова В.Н. Связи между магнитудами – среднемировые и для Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1990. Т. 6. С. 55–63.
2. Сафонов Д.А. Переходные соотношения для энергетических характеристик землетрясений Курило-Охотского региона // Вопросы инженерной сейсмологии, принято в печать 15.01.2024
3. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой курильских землетрясений // Физика Земли. 1967. №2. С. 13–22.
4. GCMT – The Global Centroid-Moment-Tensor (CMT) Project. URL: www.globalcmt.org.
5. Petrova N.V., Gabsatarova I.P. Depth corrections to surface-wave magnitudes for intermediate and deep earthquakes in the regions of North Eurasia. J Seismol. 2020. V. 24. P. 203–219. <https://doi.org/10.1007/s10950-019-09900-8>
6. NIED – National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan. URL: <http://www.fnet.bosai.go.jp>.

УДК 550.42

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОВ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ОСАДОЧНОГО РАЗРЕЗА В ОБЛАСТИ СУБМЕРИДИОНАЛЬНОЙ ДЕПРЕССИИ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ

**В.С. Севастьянов¹, В.Ю. Федулова¹, А.Е. Мороз², Е.А. Краснова³,
Н.В. Душенко¹, С.А. Воропаев¹, А.А. Долгонос¹**

¹ Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, Россия

² Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

E-mail: vsev@geokhi.ru

Повышение температуры, вызывает таяние вечной мерзлоты и разложение газогидратов. Температура в Арктике повышается в 4 раза быстрее, чем в среднем по планете [Rantanen et al., 2022]. Освободившиеся газы по разломам мигрируют к поверхности дна, приводя к повышению концентрации углеводородных газов в осадке. Сейсмоакустические исследования акватории Карского моря показали наличие газов в структуре осадочного чехла и водной толще [Денисова и др., 2021].

В ходе 41 рейса НИС «Академик Николай Страхов» в 2019 г. были проведены исследования на полигоне, находящемся в юго-западной части Карского моря и представляющем собой крупную субмеридиональную депрессию со сложно построенным рельефом дна и бортов. Съёмка поверхности дна проводилась многолучевым эхолотным комплексом Reson Seabat 8111 с частотой сигнала 100 кГц. Сеймопрофилирование верхней части осадочного разреза проводилось на непараметрическом профилографе Edgetech 3300 с модулируемой частотой сигнала 2-12 кГц. По данным высокочастотного профилирования в днище долины на северном участке были обнаружены признаки газонасыщенности осадочных толщ. В ходе рейса 89 НИС «Академик Мстислав Келдыш» в 2022 г. в центральной части осадочного тела в днище палеодолины на глубине моря 225 м на станции 7444 была отобрана колонка осадков. На расстоянии 224 км от станции 7444 находилась фоновая станция пробоотбора 7441 (глубина моря 110 м), расположенная на Западно-Карской ступени.

О биогенной природе внедренного газа в осадки станции 7444 свидетельствовали очень низкие значения изотопного состава углерода CH_4 , средняя величина $\delta^{13}\text{C}(\text{CH}_4)$ по вертикальному профилю составляла -99.7‰, и высокое отношение $\text{C}_1/\text{C}_{2+} > 10000$. Для осадков фоновой станции 7441 соотношение $\text{C}_1/\text{C}_{2+} < 100$ свидетельствует о термогенной природе УВ газов. На горизонте 541-545 см осадка колонки 7444 была обнаружена сульфатно-метановая переходная зона, в которой концентрация CH_4 достигала максимальной величины. Изотопный состав элементной серы $\delta^{34}\text{S}$ в этой области имел положительную величину +20.8‰. Доказано, что на фоновой станции 7441 формирование газовой компоненты в осадке происходило за счет деградации ОВ и притока термогенного газа, а в осадке колонки 7444 наблюдался большой приток биогенного газа из многолетнемерзлых пород, который в верхних горизонтах осадка смешивается с биогенным газом деградирующего ОВ.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 23-27-00296.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисова А.П., Мороз Е.А., Сухих Е.А., Соколов С.Ю., Ермаков А.В., Ананьев Р.А. // Признаки глубинной дегазации в верхней части осадочного чехла шельфа и водной толще Карского моря: тез. докл. XXIV Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. М.: ИО РАН, 2021. С. 235-239.
2. Rantanen M., Karpechko A.Y., Lipponen A., Nordling K., Hyvarinen O., Ruosteenoja K. The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979 // Commun Earth Environ. 2022. 3:168. P. 1-10.

УДК 550.343

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ И РЕАЛИЗАЦИЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО МЕТОДУ ФАЗОВЫХ ТРАЕКТОРИЙ

Ю.К. Серафимова

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
E-mail: yulka@emsd.ru

В 2006 г. в соавторстве с В.А. Широковым был предложен новый методический подход для решения задачи долгосрочного прогноза сильных землетрясений, основанный на изучении их совместной связи с лунным 18.6 г. и 22-летним солнечным Хейловским циклами. На основе предложенного метода фазовых траекторий (МФТ) проведен анализ совместного распределения по фазам указанных двух циклов землетрясений восьми регионов Тихоокеанского и четырех регионов Альпийско-Гималайского сейсмических поясов. Кроме того, была выявлена статистически значимая “опасная” фаза цикла Хейла планетарного масштаба (длительностью около полутора лет), приуроченная к эпохам минимумов циклов. Обнаруженные статистически значимые связи между группированием землетрясений и определенным соотношением их фаз позволили дать прогнозы ожидаемых сильных землетрясений до 2030 г., а также оценить по ретроспективным данным их эффективность [Серафимова, Широков, 2012; Широков, Серафимова, 2006].

В соответствии с методом МФТ подбирается нижний порог магнитуды для каждого региона соответствующий максимальной эффективности прогноза по определению А.А. Гусева (1974). Ранее для всех регионов, кроме Камчатки, выборка землетрясений проводилась из каталога Significant Worldwide Earthquakes (NOAA), который содержал события с 2150 г. до н.э. по 1994 г. Выборки дополнялись событиями из каталога USGS/NEIC (PDE), включающего данные с 1973 г. по 2011 г. (на момент публикации полученных результатов) (http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic_rect.html). Это давало возможность иметь региональные каталоги разной максимальной возможной продолжительности, но в различных шкалах магнитуд.

В 2015 г. появился новый каталог мировых землетрясений в шкале моментных магнитуд с 1900 г. (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search>). Мы полагаем, что этот каталог имеет более точные оценки магнитуд и может считаться однородным для разных регионов мира. В связи с этим в работах 2018–2019 гг. без изменения самой методики прогнозирования были заново рассчитаны опасные временные интервалы возникновения сильных землетрясений в различных регионах мира и проведено сравнение эффективности прогнозов для двух вариантов используемых каталогов. Для семи регионов из двенадцати величина эффективности увеличилась примерно в 1.2–1.6 раз. Кроме того, для двух регионов удалось снизить значение пороговой магнитуды. Из недостатков применения нового каталога можно отметить уменьшение количества землетрясений в выборках, что объясняется более коротким временным интервалом каталога и несколько снижает статистическую значимость полученных оценок.

В работе также представлен реализация долгосрочного прогноза в реальном времени за период 2019–2023 гг. для рассматриваемых регионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серафимова Ю.К., Широков В.А. Прогнозирование сильных землетрясений, вулканических извержений и цунами на основе изучения их связи с лунным приливом 18.6 г. и 22-летним Хейловским циклом солнечной активности // Сейсмологические и геофизические исследования на Камчатке (К 50-летию детальных сейсмологических наблюдений). Петропавловск-Камчатский: Холдинговая компания “Новая книга”, 2012. С. 305-328.
2. Широков В.А., Серафимова Ю.К. О связи 19-летнего лунного и 22-летнего солнечного циклов с сильными землетрясениями и долгосрочный сейсмический прогноз для северо-западной части Тихоокеанского тектонического пояса // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 2. Вып. 8. С. 120-133.

УДК 550.837.2

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ТЕРРИТОРИИ

Н.С. Стобун

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: nikolay19972016@gmail.com*

Летом 2023 года на территории Института морской геологии и геофизики был запущен пункт измерений электротеллурического поля (ЭТП). Пункт измерений представляет собой систему из трех заземленных электродов, подключенных к аналогово-цифровому преобразователю. Изначальной целью измерений являлось изучение изменений вариаций ЭТП под воздействием естественных и техногенных факторов. Особый интерес, безусловно, вызывают сейсмические события, которые могут приводить к изменениям уровня ЭТП. Подобные измерения, например, проводились на полигоне ИКФИА СО РАН около г. Якутска [Козлов и др, 2018]. В данном источнике авторы сопоставляют результаты измерений ЭТП и геомагнитного поля с магнитными бурями. В качестве второго примера можно привести источник [Токтосопиев, 2019], где автор рассматривает корреляцию между измерениями геомагнитного поля земли и вариациями ЭТП.

В данном докладе рассматриваются вариации ЭТП в момент землетрясения, которое произошло 09.08.2023 ($M = 3.8$) в непосредственной близости к пункту измерений. Обнаружена аномалия, представляющая собой серию ночных импульсов с периодом 130-150 секунд, амплитуда которых достигает своего максимума на момент землетрясения 09.08.2023. После землетрясения амплитуда идет на убыль вплоть до 11.09.23. Так же следует обратить внимание, что на начальных этапах серия импульсов проявляется только на одном канале, в то время как на момент сейсмического события, она наблюдается на всех электродах. Похожая картина формируется и после землетрясения, когда амплитуда импульсов постепенно уменьшается до 11.09.23 и под конец проявляется только на одном канале. Таким образом, можно предположить, что данная аномалия может быть связана с подготовкой сейсмического события. Вопрос источника данного сигнала находится на этапе обсуждения. В частности, его источником теоретически могут быть ионосферные влияния. Подтвердить данное направление проблематично, учитывая, что сигнал не был обнаружен с 11.09.23 до настоящего времени. Вопрос техногенной природы так же является актуальным, но обнаруженная серия импульсов не имеет постоянного периода, а амплитуда постепенно меняется.

Таким образом, для того, чтобы обнаружить похожие аномалии и выявить их связь с сейсмическими процессами, необходимо расширение пунктов измерений на территории Сахалинской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов, В.И., Баишев Д.Г. Вариации естественных электрических потенциалов в Якутске // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2018. № 5(25). С. 55-61. DOI 10.18454/2079-6641-2018-25-5-55-61.
2. Токтосопиев, А. М. Сопоставление вариаций фоновой интенсивности естественных импульсных электромагнитных полей (ЕИЭМП) Земли с вариациями геомагнитного поля / А. М. Токтосопиев // Вестник Института сейсмологии национальной академии наук Кыргызской республики. 2019. № 2(14). С. 90-97.

УДК 004.89

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ИОНОСФЕРНЫХ КОВУЛКАНИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ

А.С. Тен¹, А.А. Сорокин¹, Н.В. Шестаков^{2,3}

¹ *Вычислительный центр ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия*

² *Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

³ *Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

E-mail: alexander.s.ten@yandex.ru

В последние годы наблюдается увеличение числа исследований, посвященных реакции ионосферы Земли на различные опасные природные явления, в т.ч. и извержения вулканов. Они основаны на данных, получаемых от глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), которые позволяют реконструировать и анализировать информацию о полном электронном содержании ионосферы (ПЭС). Большой объем информации и требования к скорости ее обработки требует разработки соответствующих новых компьютерных методов и алгоритмов.

Авторами разработаны и исследованы алгоритмы для обнаружения ковулканических ионосферных возмущений (КИВ) по данным ГНСС [Shestakov et al., 2021; Тен и др., 2023] на основе двух подходов – методов машинного и глубокого обучения. В рамках работы были выполнены следующие задачи: на примере извержения вулкана Пик Сарычева в июне 2009 года [Shestakov et al., 2021] подготовлены и размечены временные ряды ПЭС, полученные на станциях японской ГНСС-сети GEONET, в районе вулкана. Был предложен набор признаков данных, сформирован датасет и обучены модели на основе алгоритма градиентного бустинга и нейронных сетей [Тен и др., 2023] для бинарной классификации волновых форм ПЭС.

Результаты тестирования показывают высокие значения метрики качества (коэффициента корреляции Мэтьюса): для нейронных сетей лучший результат показала сеть архитектуры FCN со значением 0.79, модель на основе градиентного бустинга показала значение метрики 0.89. Был предложен и протестирован на отложенных данных алгоритм поиска КИВ на основе процедуры скользящего окна и обученных моделей – результаты показывают высокую точность выявления ковулканических возмущений – алгоритм с классификатором на основе градиентного бустинга обнаружил в тестовом наборе 70 из 73 возмущений (96%) при 48 ложных срабатываниях, а на основе нейронной сети – 69 (95%), при 105 ложных срабатываниях.

Можно констатировать, что преимуществом моделей глубокого обучения в контексте рассматриваемой задачи является отсутствие необходимости конструирования признаков, т.к. нейронные сети обучаются извлекать эти признаки непосредственно из исходных данных, однако для этого необходим достаточно большой их объем, что является весомым недостатком. Классические же методы машинного обучения могут быть обучены на меньшем объеме данных, однако они требуют специального подбора признаков, вычисление которых может потребовать дополнительных вычислительных ресурсов. В целом, полученные результаты показали эффективность использования предложенных признаков и методов для обнаружения ионосферных ковулканических возмущений. Их использование перспективно в системах оперативного мониторинга вулканической активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тен А. С. и др. Применение методов машинного обучения для поиска ковулканических ионосферных возмущений по данным ГНСС наблюдений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 1. № 20. С. 37–54.
2. Shestakov N. et al. Investigation of ionospheric response to June 2009 Sarychev Peak volcano eruption // Remote Sensing. 2021. Vol. 4. No. 13. P. 638

УДК 551.21; 550.3; 523

ВОЗМОЖНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛУНЫ И СОЛНЦА НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ ЗЕМЛИ

Г.В. Устюгов

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: gen.ustyugov@mail.ru*

Вопросы возможного воздействия внешних (космических) сил на геодинамические процессы Земли достаточно широко обсуждаются в научном сообществе. Космические факторы могут повлиять на изменения сейсмической и вулканической активностей, интенсивности эманацій радона, уровня подземных вод, смещения грунта и др. [Адушкин и др., 2017 и др.]. В данной работе выполнен анализ влияния приливных сил Луны и Солнца, а также вариаций солнечной активности на грязевулканическую деятельность Земли. Грязевой вулкан является одним из представителей природных флюидодинамических систем, во время деятельности которого происходит миграция вещества (воды, газа, брекчии) из земных недр на поверхность.

В одном из наших предыдущих исследований [Устюгов, Ершов, 2023] был проведен анализ возможного влияния космических сил на активность грязевых вулканов Азербайджана, в котором сосредоточено больше всего грязевых вулканов на Земле (около 350). В данной же работе были обновлены сведения по Азербайджану, а также включены данные об извержениях грязевых вулканов Керченско-Таманского региона, входящего в первую десятку областей планеты по числу вулканов (примерно 80) [Алиев и др, 2015]. Получившийся в ходе работы каталог извержений для обоих регионов содержит сведения о 551 событии, произошедших на 123 вулканах за период 1794-2018 гг.

Результаты исследования показали, что грязевулканические извержения происходят неравномерно в течение лунного месяца. Количество извержений увеличивается после сизигийных приливов, достигая максимумов эруптивной активности примерно на 5-10 сутки после прохождения Луной фаз новолуния и полнолуния. Возможно, это время занимают процессы подготовки извержения, запущенного приливными силами.

Извержения грязевых вулканов также распределены неравномерно в течение года. Четкой привязки к перигелию и афелию не наблюдается. Выделяются два периода максимальной активности вулканов: март-июнь и сентябрь-октябрь. Можно предположить, что эти максимумы являются достаточно сильно запоздалыми и растянутыми во времени откликами грязевых вулканов на прохождение Землей перигелия и афелия. В отличие от сизигийных приливов, вероятно, здесь преобладающую роль в откликах вулканов играют уже те процессы, которые требуют более длительного времени подготовки к извержению.

Отчетливой связи между вариациями солнечной и грязевулканической активностей не наблюдается, хотя о такой связи говорят некоторые исследователи [Хаин, Халилов, 2009]. Периодичность усиления деятельности вулканов не соотносится напрямую с 11- и 22-летними циклами вариаций чисел Вольфа. Максимумы числа извержений наблюдаются в периоды как наибольшей, так и наименьшей солнечной активности.

Выражаю благодарность к.ф.-м.н. В.В. Ершову за помощь в данном исследовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адушкин В.В., Рябова С.А., Спивак А.А. 2017. Эффекты лунно-солнечного прилива в земной коре и атмосфере Земли. Физика Земли, 4: 76-92.
2. Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Рахманов Р.Р. Атлас грязевых вулканов мира. Баку: Nafta-Press, 2015. 322 с.
3. Устюгов Г.В., Ершов В.В. Влияние космических факторов на грязевулканическую деятельность Земли // Гео-системы переходных зон. 2023. Т. 7, № 1. С. 5-24.
4. Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Цикличность геодинамических процессов: ее возможная природа. 2009. М.: Научный мир. 520 с.

УДК 551.21

САХАЛИНСКАЯ ГРУППА РЕАГИРОВАНИЯ НА ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ (SVERT): 20 ЛЕТ МОНИТОРИНГА ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ

М.В. Чибисова, А.В. Дегтерев, Ф.А. Романюк

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: nauka@imgg.ru*

Сахалинская группа реагирования на вулканические извержения (Sakhalin Volcanic Eruptions Response Team, SVERT) была создана на базе лаборатории вулканологии и вулканопасности ИМГиГ ДВО РАН в 2003 г. для организации постоянного наблюдения за действующими вулканами Курильской островной дуги. В течение 20 лет она остается единственной структурой, осуществляющей мониторинг вулканической активности на территории Сахалинской области.

Курильские острова – район современного активного вулканизма: за период с 2003 по 2023 г. на Курильских островах произошло 52 вулканических извержения (~30 % от их общего числа за историческое время начиная с середины XVIII в.), из них 30 – в зоне ответственности SVERT. Наиболее активными в последние десятилетия были вулканы Северных (Эбеко, Чикурачки на о. Парамушир; Чиринкотан на одноименном острове) и Центральных Курил (Пик Сарычева на о. Матуа; Райкоке на о. Райкоке). Вулканы Южных Курильских островов в текущем столетии были малоактивны.

За время деятельности SVERT на вулканах Курильских островов преобладали умеренные и слабые эксплозивные извержения. Дважды происходили мощные плиннианские извержения (VEI 4), которые оба раза имели место на Центральных Курилах – Пик Сарычева, 2009 и Райкоке, 2019 г. Излияние лавы наблюдалось при извержении вулкана Пик Сарычева (2009, 2020–2021), Алаид (2015–2016, 2022), Сноу (2012–2016) [Дегтерев, Чибисова, 2020, 2022; Рыбин и др., 2017, 2018]. Из всего спектра вулканических явлений, сопряженных с вулканическими извержениями, самыми частыми были пеплопады. Формирование пирокластических потоков происходило лишь при наиболее мощных извержениях (Пик Сарычева, 2009, Райкоке, 2019). Лахары, напротив, возникали как при сильных, так и при слабых/умеренных извержениях (Экарма, 2010; Алаид, 2022) [Дегтерев и др., 2023].

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (1021050500989-2-1.5.7).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дегтерев А.В., Чибисова М.В. Активность вулканов Курильских островов в 2020–2021 гг. // Геосистемы переходных зон. 2022. Т. 6, № 3. С. 195–205.
2. Дегтерев А.В., Чибисова М.В.. Вулканическая активность на Курильских островах в 2019 г. // Геосистемы переходных зон. 2020. Т. 4, № 1. С. 93–102.
3. Дегтерев А.В., Чибисова М.В., Рыбин А.В., Романюк Ф.А. Сахалинская группа реагирования на вулканические извержения (SVERT): 20 лет мониторинга вулканической активности на Курильских островах // Геосистемы переходных зон. 2023. Т. 7, № 4. С. 439–447.
4. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В. Мониторинг вулканической активности на Курильских островах: 15 лет деятельности группы SVERT. // Геосистемы переходных зон. 2018. Т. 2, № 3. С. 259–266.
5. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В., Гурьянов В.Б. Вулканическая активность на Курильских островах в XXI в. // Вестник ДВО РАН. 2017. № 1 С. 51–62.

УДК 551.24; 550.34

**К ВОПРОСУ ОБ ОБЪЕДИНЕНИИ ДАННЫХ РАЗНОРОДНЫХ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ: НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ ПОЛЕЙ
КОСЕЙСМИЧЕСКИХ СМЕЩЕНИЙ, ИНИЦИИРОВАННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ
ТОХОКУ 2011 ГОДА**

Н.В. Шестаков^{1,2}, А.К. Кишкина^{1,3}

¹ *Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

² *Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

³ *Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

E-mail: shestakov.nv@dvfu.ru

Сильнейшие сейсмические события с магнитудами свыше 8 порождают косейсмические смещения земной коры, охватывающие целые регионы Мира и регистрируемые по наблюдениям в независимых геодезических ГНСС-сетях, насчитывающих в настоящее время десятки тысяч пунктов. В силу различных причин данные этих сетей обрабатываются с применением различающихся алгоритмов и методик анализа спутниковых наблюдений, способов расчета косейсмического смещения, различающихся реализаций системы координат. Все эти факторы в совокупности приводят к большей или меньшей «несогласованности» объединяемых полей смещений и появлению дополнительных ошибок в результатах моделирования косейсмических эффектов.

В настоящей работе описывается методика объединения полей косейсмических смещений земной коры, полученных в дальней относительно очага зоне по данным разнородных ГНСС-сетей. В основе методики лежит применение известного 6-параметрического преобразования Гельмерта. Результаты использования предлагаемой методики демонстрируются на примере объединения полей косейсмических смещений, охвативших территории Китая, Южной Кореи и юга Дальнего Востока Российской Федерации в результате катастрофического мегаземлетрясения Тохoku 11 марта 2011 года, Mw 9.1. На основе полученного единого поля косейсмических смещений построено и проанализировано поле деформаций исследуемого региона.

УДК 550.4; 551

ГЕОХИМИЯ МАЛКИНСКИХ ГОРЯЧИХ ИСТОЧНИКОВ (КАМЧАТКА)

К.В. Штомпель¹, В.Ю. Павлова¹, И.Ф. Делемень²

¹ Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

² Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

E-mail: plvc@mail.ru

Малкинские горячие источники расположены в 130 км от города Петропавловска-Камчатского вблизи села Малки в долине реки Ключёвка, которая является левым притоком реки Быстрая. Место расположения источников является долина реки, шириной около 0.5 км, окружённая сопками, покрытыми каменно-берёзовым лесом. Здесь на небольшой термальной площадке горячие источники, частично смешиваясь с холодной водой реки Ключёвка, образуют несколько природных ванн. Каждая ванна имеет свой химический состав. Температура источников до 80°C.

Малкинские горячие источники относятся к низкотемпературным. В условиях гетерогенности строения резервуаров гидротермальных систем, при низкой проницаемости перекрывающих и подстилающих резервуар пород, структурным фактором формирования пространственного строения конвективных систем, для низкотемпературных, являются узлы пересечения региональной тектонической трещиноватости [Делемень, 1998]. Малкинские горячие источники расположены в районе раннечетвертичного вулканизма и относятся к типу азотно-щелочных терм. Особенность этих источников в том, что они формируются в глубинной восстановительной обстановке, вне зоны заметного влияния магматических и термометаморфических процессов, в зоне глубоких тектонических разломов [Кононов, 1983].

Малкинские горячие источники обладают незначительной минерализацией, имеют сульфатно-хлоридный натриевый состав. По сути, это инфильтрационные воды, ионно-солевой состав которых формируется в результате выщелачивания вулканических пород. Впервые для Малкинских горячих источников получены детальные исследования химического состава термальных вод, составлена схема расположения каждого выхода термальной воды на поверхности и замерена температура. Благодаря отбору проб термальной воды по сезонам, прослежена динамика изменения химического состава.

Практическая значимость исследований заключается в том, что необходимо оценить текущее состояние Малкинских горячих источников, поскольку они являются популярным местом посещения туристов. В связи с этим территория подвержена антропогенному воздействию в условиях постоянной рекреационной нагрузки.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030. Дальний Восток» и частично при финансовой поддержке гранта ФГБОУ ВО «КамГУ им. Витуса Беринга» №124020800006-9 (руководитель Павлова В.Ю.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Делемень И.Ф. Кольцевые структуры как индикаторы глубинного строения современных гидротермальных систем Камчатки. Специальность 04.00.01. дис. канд. геол.-минерал. наук. Владивосток. 1998. 131 с.
2. Кононов В.И. Геохимия термальных вод областей активного вулканизма (рифтовых зон и островных дуг). М. 1983. 42 с.

УДК 550.34

ОТРАЖЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ПЕТРОПАВЛОВСК-КАМЧАТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 03.04.2023 ГОДА В КРИВОЙ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА

А.К. Юрков, И.А. Козлова, С.В. Бирюлин

*Институт геофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: akjurkov@mail.ru*

В настоящее время, по мнению авторов данной статьи, для прогноза землетрясений нужно шире использовать явления, вызываемые изменением напряженно-деформированного состояния горных пород в зоне готовящегося события. Достижение критических напряжений в горных породах в очаге готовящегося события приводит к образованию магистрального разрыва – землетрясению. Изменения напряженно-деформированного состояния горных пород приводят к вариациям пористости и проницаемости, которые отражаются в подземной атмосфере. Наиболее информативным индикатором изменений в подземной атмосфере является изотоп радона-222. По результатам мониторинговых наблюдений за 2011-2023 годы установлены особенности поведения объемной активности радона (ОАР) для событий близких и далеких от точки наблюдения. Показано, что для зоны субдукции, «ближние», (менее 130 км) и «далекие» (более 180 км.) события отражаются на разных участках кривой ОАР. Установленные закономерности установлены при ретроспективном анализе наблюдений. Исключением стал анализ данных радонового мониторинга, полученных в марте 2023 года на станции Южно-Курильск (рис.1.)

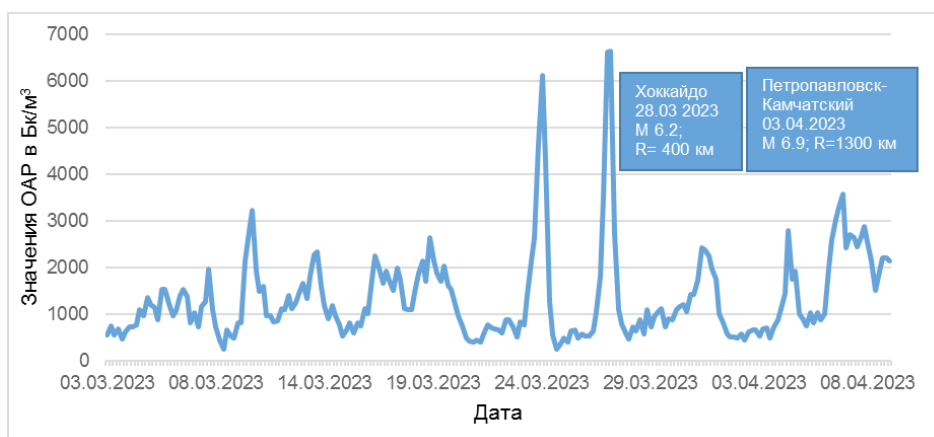


Рис.1 Фрагмент записи кривой ОАР на станции Южно-Курильск.

Интерпретация наблюдений по методике, разработанной в ИГФ УрО РАН [Бирюлин С.В. 2022], показала, что аномалия 24 марта могла быть связана с подготовкой землетрясения 28 марта на Хоккайдо с магнитудой 6.2 на расстоянии около 400 км. Но землетрясение 28 марта по времени произошло через сутки и после максимума второй аномалии ОАР. То есть эту аномалию тоже можно было связать как с событием на Хоккайдо 28 марта, так и с другим землетрясением, которое, на момент интерпретации еще не произошло. Наличие двух близких аномалий на кривой ОАР затруднило их интерпретацию, с учётом того, что мониторинг проводился только на одной станции. Это могло быть дальнейшее событие, которое должно произойти не позже первых чисел апреля или ближе, от района расположения наблюдательной станции. Ближних событий с магнитудой более 5 в радиусе 130 км. до 27 марта не произошло, что свидетельствует о том, что отмеченная 27 марта аномалия ОАР была вызвана подготовкой землетрясения 3 апреля, вблизи Петропавловск-Камчатского.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюлин С.В. Автореферат диссертации. Екатеринбург. 2022.

УДК 582.29; 504.73; 504.5

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ШИРА (РЕСПУБЛИКА ХАКАССИЯ)

А.Р. Юсупов, Д.М. Кузина

*Казанский федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, г. Казань, Россия
E-mail: i@ajusupova.ru*

Донные отложения озер, как известно, содержат уникальные данные об изменениях окружающей среды, а также климата последних тысячелетий. Чувствительность к климатическим изменениям, разнообразие формирующихся осадочных фаций в вертикальном разрезе, высокая скорость седиментации позволяют считать озера одними из лучших архивов палеоклиматической информации последних тысячелетий по сравнению с морскими, океаническими осадками, лесами и ледяными кернами. На сегодняшний день интерес к донным отложениям, как к архивам информации о параметрах окружающей среды высокий, так как эти данные чрезвычайно важны для понимания процессов изменения окружающей среды сегодня и в ближайшем будущем.

Озеро Шира – соленое бессточное озеро, расположенное в Северо-Минусинской котловине, в степной зоне с аридным континентальным климатом. Озерное ложе и береговая зона сложены красноцветными песчаниками ойдановской свиты верхнего девона, в которых встречаются прослой гипса [Природный комплекс..., 2011].

Керн длиной 508 см отобран в центральной части оз. Шира. Разрез донных отложений представлен иловыми отложениями различных оттенков: серого, зеленого и коричневого. Согласно радиоуглеродному датированию максимальный возраст отобранных отложений составляет ~10 тыс. лет.

Гранулометрический анализ проводился методом лазерной гранулометрии с использованием анализатора размера частиц LS 13 320 XR Beckman Coulter, США. Пробоподготовка проводилась согласно [Пробоотбор..., 2007]. Для определения литологических разностей использована классификация нелитифицированных осадков по [Логвиненко..., 1984]. По разрезу устанавливается преобладание алевритовой фракции, содержание которой изменяется от 41.15% до 78.18%. Содержание псаммитовой фракции - от 12.17% до 51.99%. Содержание пелитовой фракции изменяется от 4.22% до 14.39%.

Содержания TOC, TN, TS, а также $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ определялись с помощью изотопного масс-спектрометра Delta V Plus (ThermoFisher Scientific, Германия) с приставкой Flash HT в режиме постоянного потока. Отношения $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ в карбонатной составляющей донных отложений измерялись с помощью приставки GasBench II в режиме постоянного потока.

Комплексная реконструкция изменений климата и окружающей среды в районе озера позволила представить историю осадконакопления в оз. Шира, а также выделить эпизоды увеличения/уменьшения влажности климата.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 22-47-08001.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород (с основами методики исследования). М.: Высш. шк., 1984. 416 с.
2. Пробоотбор и пробоподготовка образцов почв к рентгенографическому фазовому анализу. Изд-во КГУ, 2007. С. 14-17.
3. Природный комплекс и биоразнообразие участка «Озеро Шира» заповедника «Хакасский» / Коллектив авторов. Под ред. В.В. Непомнящего. Абакан: Хакаское книжное издательство, 2011. 420 с.

УДК 551

УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ СОПКИ МИШЕННАЯ (ГОРОД ПЕТРОПАВЛОВСК-КАМЧАТСКИЙ)

Qian Jian¹, В.Ю. Павлова¹, И.Ф. Делемень²

¹ Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

² Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

E-mail: antichthones@hotmail.com

Высота сопки Мишенная составляет 385 метров. Её южный склон опускается к Култучному озеру, западный склон ограничен Авачинской губой, северный склон переходит в плато, полностью застроенное городскими кварталами.

Сопка Мишенная представляет собой экструзивный купол. Площадь территории купола Мишенной оценивается в 0.3 км². Обнажения толщи андезитов составляет 50–70 метров на северном склоне конуса [Bergal-Kuvikas and al., 2022].

Сейсмовибрационное разжижение грунтов является одним из наиболее опасных вторичных процессов при землетрясениях. Все это определяет важность точного исследования геологических условий строительных площадок для обеспечения безопасности при дальнейшем проектировании инфраструктуры. На карте сейсмического микрорайонирования г. Петропавловска-Камчатского изученная территория относится к VIII–балльной и IX–балльной зоне. Это районы с лучшими в сейсмическом отношении грунтами. Грунты представлены скальными породами, выходящими на поверхность или покрытыми слоем наносов 3–5 м, уровень грунтовых вод ниже 5 м, а также сухой галечниковой террасой на северо-восточном склоне сопки Мишенной [Павлова и др., 2024].

Для этой территории характерен выработанный денудационный и аккумулятивный рельеф с резко расчлененной поверхностью. Мощность рыхлых отложений на склонах составляет 5–20 м и увеличивается до 50 м и более к их подножиям.

Детальное исследование территории сопки Мишенной, на которой располагается множество объектов инфраструктуры, поможет выявить влияние эндогенных и экзогенных процессов на формирование геологического строения этой территории.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030. Дальний Восток» и в рамках реализации гранта ФГБОУ ВО «КамГУ им. Витуса Беринга» №124020800006-9 на тему научного проекта «Уточнение грунтовых условий и геологического строения территории города Петропавловск-Камчатский с помощью метода георадиолокации» (руководитель Павлова В.Ю.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлова В.Ю., Делемень И.Ф. Применение метода георадиолокации на Камчатке: монография. М.: Издательский дом Академии Естествознания. 2024. 144 с.
2. Bergal-Kuvikas O., Bindeman I., Chugaev A., Larionova Y., Perepelov A., Khubaeva O. Pleistocene-Holocene Monogenetic Volcanism at the Malko-Petropavlovsk Zone of Transverse Dislocations on Kamchatka: Geochemical Features and Genesis // Pure Appl. Geophys. 179 (2022), P. 3989-4011.

УДК 551.435.327

АНТРОПОГЕННО-ПРИРОДНЫЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МОРСКИХ БЕРЕГОВ

В.В. Афанасьев

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: vvasand@mail.ru

Протяженность границы континентов и Мирового океана составляет 473 тыс. км, из которых около 60 тыс. км — берега России [Лукьянова, Холодилин, 1975; Айбулатов, 2005]. Если принять глубину внешней границы береговой зоны океана в среднем около 60 м, то ее площадь составит не менее 15 млн км², т.е. не менее 10% площади суши [Сафьянов, 1996]. Учитывая, что последние десятилетия происходит своеобразная «прибрежная революция», и около 1/3 населения планеты проживает в прибрежной полосе шириной 50 км (в Японии и Австралия более 80%), антропогенные изменения береговой среды могут быть необратимыми [Долотов, 1996].

Решение задачи о соотношении природных и антропогенных факторов применительно к берегам океана, включающее разнообразные аспекты создания и развития антропогенно-природных геоморфологических систем разного уровня, приводится во многих фундаментальных трудах [Артюхин, 1989; Сафьянов, 2006].

Рассмотрим лишь некоторые аспекты берегопользования, которые, на наш взгляд, следует уточнить с позиций собственно берегового морфолитогенеза, сопряженного развития рельефа и коррелятивных рыхлых отложений в пределах береговой зоны. Одним из краеугольных камней береговой геоморфологии является понятие «бюджет наносов», определяемое как сумма приходных и расходных статей обломочного материала, поступающего извне и выходящего за пределы литодинамической системы [Зенкович, 1980]. Аккумулятивные формы рельефа береговой зоны формируются при сопряженном развитии абразионных и аккумулятивных процессов в результате поступления материала со склонов, твердого стока рек, биогенных наносов, химической седиментации, инженерных мероприятий и т.д. Практически любая антропогенная модификация процессов, определяющих бюджет наносов, интенсивность их поступления и перераспределения в береговой зоне будет формировать антропогенно-геоморфологические морфолитосистемы. Вопросы антропогенной трансформации береговых морфолитосистем рассмотрены на примере морей Дальневосточного региона России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукьянова С.А., Холодилин Н.А. Протяжённость береговой линии Мирового океана и различных типов берегов и побережий // Вестник МГУ. Сер. География. 1975. №1. С. 48–54.
2. Айбулатов, Н. А. Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии / Н. А. Айбулатов; Под ред. В. И. Осипова. — М.: Наука, 2005. — 364 с.
3. Сафьянов, Г. А. Геоморфология морских берегов / Г. А. Сафьянов. — М.: Изд-во МГУ, 1996. — 400 с.
4. Долотов, Ю. С. Проблемы рационального использования и охраны прибрежных областей Мирового океана / Ю. С. Долотов, С. Б. Шлихтер. — М.: Науч. мир, 1996. — 303 с.
5. Артюхин Ю.В. Антропогенный фактор в развитии береговой зоны моря. Ростов: Изд. Рост. ун-та, 1989а. 143с.
6. Сафьянов Г.А. Состояние геосистемы береговой зоны океана // Современные глобальные изменения природной среды. В 2-х томах. Т. 2. С56 — М. : Научный мир, 2006. — С. 11 — 86
7. Зенкович, В. П. Морская геоморфология: Терминологический справочник: Береговая зона — процессы, понятия, определения / В. П. Зенкович. — М.: Мысль, 1980. — 280 с.

УДК 551.435.327

ПОТЕНЦИАЛ УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕГОВЫХ ГЕОСИСТЕМ И ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ В УСЛОВИЯХ БЫСТРЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

В.В. Афанасьев

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: nauka@imgg.ru*

Являясь сложными адаптивными системами, береговые зоны в зависимости от эволюционных трендов и в соответствии с морфолитодинамическими законами по разному реагируют на быстро меняющиеся природно-климатические условия и внешнее социально-экономическое давление, либо полностью перестраиваясь, либо сохраняя фактические или потенциальные функции. Во втором случае речь идет о способности побережья к самоорганизации и устойчивому реагированию на внешние факторы [Klein et al]. Устойчивость, как показывает практика, не может обеспечиваться жестким сопротивлением природно-техногенным изменениям и высоко затратным сохранением существующих береговых систем. Основой устойчивого реагирования на вероятные будущие изменения являются решения в русле эволюционно-адаптивных свойств природно-экономических береговых систем. Научно обоснованный подход к зонированию и планированию побережий в соответствующем пространственно-временном масштабе, с учетом эволюционных и адаптационных свойств береговых зон - основа повышения как социально-экономической, так и естественно-природной устойчивости.

В настоящее время, проблема оценки устойчивости и защиты берегов не обозначена в нормативно-правовых актах Сахалинской области. Тем не менее, она есть и имеет тенденции к усугублению. Чтобы снизить риски и уменьшить воздействие стихийных бедствий, эти риски должны пройти оценку и ими необходимо управлять. Отсутствие генеральной схемы берегозащиты, схем зонирования и планировочных ограничений побережья делают проблему защиты селитебных территорий и транспортных коммуникаций практически нерешаемой. И это несмотря на то, что для берегов Сахалина проведено научное обоснование, выполнены прогнозы динамики морских берегов и определены связанные с ними последствия на уязвимых к морфолитодинамическим перестройкам побережьях. Более того, именно на Сахалине проведены первые природно подобные натурные эксперименты по защите берегов с использованием механизмов формирования мегафестонной структуры распределения параметров пляжа.

Техногенная нагрузка на берега о. Сахалин в виде бетонных, шпунтовых, ряжевых стенок, сооружений откосного типа, бетонно-каменные набросок, угольных галерей, молов и причалов весьма значительна. Их общая протяженность составляет более 130 км [Афанасьев, 2015]. Примерно 120 км побережья требует берегозащитных решений в ближайшей перспективе. Из которых 51.5 составляют участки с автодорогами, 31.3 – участки с железнодорожным хозяйством, 8.0 - земли поселений, 17.3 - участки эксплуатируемые предприятиями нефтегазового комплекса и 9.6 км – участки безотлагательной защиты с разным типом берегопользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Klein R. J., T. Smit, M. J., Goosen, H., & Hulsbergen, C. H. Resilience and vulnerability: coastal dynamics or Dutch dikes? //Geographical Journal. 1998. С. 259-268.
2. Афанасьев, В. В. Геоморфологические аспекты проблемы защиты берегов острова Сахалин / В. В. Афанасьев // Геоморфология. 2015. № 2(182). С. 28–37.

УДК 504.062; 551.524.3

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ КЛИМАТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА БИОМОРФОЛИТОСИСТЕМ ПОБЕРЕЖЬЯ

В.В. Афанасьев^{1,3}, В.М. Агапкин², А.Б. Фаустова³

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

² *Правительство Сахалинской области, г. Южно-Сахалинск, Россия*

³ *Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия*

E-mail: nauka@imgg.ru

Нетто-поглощение парниковых газов искусственными экосистемами в прибрежной зоне, такими как «морские луга» (например, выращивание морских трав и водорослей) и в побережной зоне (например, выращивание маршевой растительности и долгосрочное захоронение органического углерода в формируемых торфяно-глеевых почвах), в настоящее время в национальный кадастр не включены ввиду отсутствия удельных коэффициентов и достоверных исходных данных. Антропогенная деятельность по защите берегов и созданию искусственных прибрежных маршевых экосистем также может быть учтена в национальном кадастре при условии, что будут определены критерии и условия данного вида деятельности и разработаны национальные методологии.

Все эти направления рассматриваются в рамках «голубого углерода» (blue carbon) – деятельности по управлению прибрежными и морскими экосистемами с целью смягчения изменения климата и адаптации к его негативным последствиям. Данное направление рекомендовано в шестом докладе МГЭИК для включения в новые редакции ОНУВ стран-участников Парижского соглашения и соответственно учета в национальных кадастрах [IPCC, 2022]. В ОНУВ России вклад по направлению «голубого углерода», в том числе в части поглощения управляемыми природными экосистемами прибрежной зоны, не отражен. В плане мероприятий (дорожной карте) по реализации первого этапа

важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ», утвержденного Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2022 года №3240-р, исследований для разработки системы мониторинга природных экосистем в зоне прибрежья и побережья морей и океанов не предусмотрено.

Прибрежные зоны острова Сахалин и устьевая область реки Амур представляет собой естественный полигон для исследований влияния на баланс парниковых газов процессов, протекающих в обширных трансграничных (суша-море, река-море) зонах. Здесь будут отработаны базовые принципы управления естественными и искусственными природными системами в целях ограничения выбросов парниковых газов и реализации мероприятий по депонированию свободного углерода в природоподобных биогеохимических циклах. В докладе рассмотрены мероприятия по разработке системы мониторинга биоморфолитосистем побережья (включая дельтово-устьевые стоковые системы рек) и прилегающих акваторий тихоокеанского и арктического регионов, которые предлагается включить в план второго этапа важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ», утвержденного Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2022 года №3240-р.

ЛИТЕРАТУРА

1. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner et al.]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

УДК 504.062; 551.524.3

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПОГЛОЩЕНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕРОДА ПРИБРЕЖНО-МОРСКИМИ БИОМОРФОЛИТОСИСТЕМАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.В. Афанасьев^{1,3}, В.М. Агапкин², А.Б. Фаустова³

¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

² Правительство Сахалинской области г. Южно-Сахалинск, Россия

³ Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: v.agapkin@sakhalin.gov.ru

Прибрежно-морские водно-болотные угодья - стоковые системы углерода в которых углеродные соединения, в том числе из почв, древесного опада и т.д. доставленные системами поверхностного стока концентрируются, трансформируются и либо поступают в оборот океан-атмосфера, либо аккумулируются вовлекаясь в той или иной степени в биогеохимический цикл углерода.

ПМВБУ на берегах Сахалина представлены практически повсеместно, однако их геопространственные характеристики, строение, особенности формирования и эволюции до последнего времени были не изучены. Ситуация изменилась с началом реализации плана мероприятий по обеспечению сокращения объема выбросов парниковых газов [Распоряжение Минприроды России от 30.06.2017 N 20-р, ред. от 20.01.2021]. А начавшийся в Сахалинской области, в соответствии с Федеральным законом N 34-ФЗ от 06.03.2022, климатический эксперимент резко ускорил поиск новых возможностей решения проблемы сокращения выбросов. Стало понятно, что регион, где протяженность береговой линии превышает 4 тысячи километров, а площадь лагунных водоемов составляет более 2200 км² не сможет обойтись без климатического учета наиболее эффективных компонентов систем биосеквестрации на планете, а именно донного и торфяно-глеевого осадконакопления маршей и илистых осушек ПМВБУ [Najjar, et al., 2018; Spivak, et al., 2019; Jorge and Bernal, 2018].

Впервые в России на примере ПМВБУ о. Сахалин нами дана оценка количественных параметров органогенной седиментации прибрежно-морских биоморфолитосистем за период 68 лет. Ретроспективные оценки изменения, в соответствии с морфолитодинамическими законами, основных характеристик биоморфолитосистем побережья о. Сахалина позволили сформулировать концепцию управления процессами поглощения и накопления углерода на территории ПМВБУ с использованием природоподобных технологий. На этой основе разработан проект методических указаний по количественному определению объема антропогенного поглощения углекислого газа, объемов накопления и долгосрочного захоронения органического углерода прибрежно-морскими водно-болотными угодьями в результате антропогенной деятельности. А также подготовлена пояснительная записка к проекту распоряжения Минприроды России о внесении изменений в методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов, утвержденные распоряжением Минприроды России от 30.06.2017 N 20-р».

ЛИТЕРАТУРА

1. Najjar, R. G., Herrmann, M., Alexander, R., Boyer, E. W., Burdige, D. J., Butman, D. & Zimmerman, R. C. (2018). Carbon budget of tidal wetlands, estuaries, and shelf waters of Eastern North America. *Global Biogeochemical Cycles*, 32(3), 389-416.
2. Spivak, A. C., Sanderman, J., Bowen, J. L., Canuel, E. A., & Hopkinson, C. S. (2019). Global-change controls on soil-carbon accumulation and loss in coastal vegetated ecosystems. *Nature Geoscience*, 12(9), 685-692.
3. Villa, Jorge A., and Blanca Bernal. «Carbon sequestration in wetlands, from science to practice: An overview of the biogeochemical process, measurement methods, and policy framework.» *Ecological Engineering* 114 (2018): 115-128.

УДК 551.465

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ ИЗ-ЗА БУДУЩИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВБЛИЗИ АЭС “КАСИВАДЗАКИ”

М.В. Будянский¹, М.Ю. Улейский¹, А.А. Лебедева^{1,2}, Т.В. Белоненко²

¹ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: plaztic@poi.dvo.ru

Целью данного исследования является изучение потенциальных рисков и определение возможных путей переноса загрязненных вод от АЭС Касивадзаки к берегам Приморского края и в зону рыбного промысла в районе Южных Курил. Важнейшей задачей в данном исследовании является оценка минимального времени, за которое загрязненные воды могут достичь указанных районов. Рассматривается вариант попадания загрязнения в следствие технологической аварии (разовый сброс) или слива технической воды (длительный сброс вод) в Японское море.

АЭС Касивадзаки крупнейшая АЭС в мире по установленной мощности расположена на западном побережье острова Хонсю (Япония). В результате землетрясения 16 июля 2007 года магнитудой 6.8 по шкале Рихтера и эпицентром в 19 километрах от Касивадзаки-Карива на станции возникли нештатные ситуации. В результате подземных толчков произошли подвижки почвы под реакторами АЭС, станция получила более 50 различных повреждений, но самым тяжелым последствием оказалась утечка радиоактивной воды из резервуара хранения отработанного топлива в зону общего доступа под шестым реактором. При этом неизвестно, сколько воды вытекло из АЭС в море.

Произведено численное моделирование адвекции пассивных маркеров, имитирующих потенциально загрязненные воды [Prants et al., 2013; Budyansky et al., 2015]. В прибрежной области вблизи АЭС ежесуточно в период с 1 января 2014 по 31 декабря 2022 г. в прямоугольной области 37.4126-37.4629 сш, 138.544-138.616 вд, на сетке 100x100 точек выбиралось пять пассивных маркеров. Для каждого маркера численно производился расчет его траектории на 360 суток в прямом времени. Модельное поле AVISO (получено на основе спутникового измерения уровня моря).

После расчетов все траектории анализировались на факт пересечения каждого из двух отрезков: 1) Южная граница Южно-Курильского промыслового района отрезок 40.2-43.084 сш, 145.917-147.55 вд; 2) 40.0-43.0 сш, 133 вд отрезок между Владивостоком и Находкой. Построен набор статистик времен прихода загрязненных маркеров на каждый из двух выбранных отрезков. Особое внимание уделялось наиболее быстрому переносу (малым временам адвекции) маркеров.

Вывод: существует потенциальная возможность быстрой адвекции загрязнения от АЭС Касивадзаки к берегам Приморского края и в зону рыбного промысла в районе Южных Курил. Время такого переноса зависит от сезона сброса вод, а также от сформировавшейся локальной системы вихрей.

Исследования выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-17-00068.

ЛИТЕРАТУРА

1. Prants S.V., Ponomarev V.I., Budyansky M.V. et al. Lagrangian analysis of mixing and transport of water masses in the marine bays // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2013. Vol. 49. P. 82-96.
2. Budyansky M.V., Goryachev V.A., Kaplunenko D.D., Lobanov V.B., Prants S.V., Sergeev A.F., Shlyk N.V., Uleysky M.Yu. Role of mesoscale eddies in transport of Fukushima-9 derived cesium isotopes in the ocean // *Deep-Sea Research I*. 2015. Vol. 96. P. 15-27.

УДК 528.8

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА-А В АКВАТОРИИ ОХОТСКОГО МОРЯ

Д.А. Ващенко¹, В.М. Пищальник^{1,2}, Е.М. Латковская¹

¹ Сахалинский государственный университет, Южно-Сахалинск, Россия

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: da.vashchenko22@gmail.com

Фитопланктон, являясь центральным элементом морских трофических сетей и критически важным компонентом в механизмах глобальных биогеохимических процессов, играет ключевую роль в поддержании атмосферного кислорода и регулировании уровней углекислого газа, обеспечивая синтез до 50% всего атмосферного кислорода и способствуя эффективной секвестрации диоксида углерода [Petrovskii, 2017]. Экологическая роль фитопланктона тесно связана с процессами фотосинтеза, где центральное место занимает хлорофилл-а – основной фотосинтетический пигмент. Хлорофилл-а не только осуществляет трансформацию солнечной энергии в химическую энергию, но и функционирует как количественный индикатор общей биомассы и фотосинтетической активности фитопланктона, подчеркивая его важность в энергетическом балансе и углеродном цикле мирового океана.

Для выполнения комплексного анализа пространственно-временных вариаций концентрации хлорофилла-а в пределах акватории Охотского моря были использованы среднемесячные и среднегодовые значения концентрации хлорофилла-а, полученные с помощью гиперспектральной съемочной системы MODIS спутника Aqua за период с 2003-2022 гг. (исходное разрешение 4 км × 4 км).

В результате анализа среднемноголетних значений было установлено, что концентрации хлорофилла-а в поверхностном слое Охотского моря варьирует в пределах от 0.35 мг/м³ до 26.83 мг/м³ при средней концентрации 1.81 мг/м³. Наиболее высокие значения концентрации пигмента зафиксированы в акватории Амурского лимана (14.84 мг/м³), Пенжинской губе (11.75 мг/м³), многочисленных заливах вблизи Шантарских островов (Николая, Ульбанский, Тугурский) а также на материковом побережье Азии. Следует отметить, что в прибрежных районах из-за влияния высоких значений концентраций растворенного вещества алгоритм ОСЗМ может давать несколько завышенные значения.

Среднемноголетний внутригодовой цикл изменчивости концентрации хлорофилла-а характеризуется наличием двух выраженных максимумов в годовом ходе: первый приходится на май-июнь, второй на октябрь месяц. Первый максимум (2.3 и 2.2 мг/м³) обусловлен процессами, связанными с обогащением деятельного слоя биогенными веществами в результате зимней конвекции и разрушением ледяного покрова, а также увеличением температуры воды. Наступление второго максимума (1.9 мг/м³) обусловлено всплеском биогенных элементов вследствие разрушения летней вертикальной стратификации вод.

Исследование выполнено в рамках государственного задания «Создание научных основ управления процессами поглощения и накопления углерода биоморфолитосистемами прибрежно-морских водно-болотных угодий и прилегающих морских акваторий (FEFF-2024-0004)».

ЛИТЕРАТУРА

1. Petrovskii S., Sekerci Y., Venturino E. Regime shifts and ecological catastrophes in a model of plankton-oxygen dynamics under the climate change // Journal of theoretical biology. 2017. Vol. 424. P. 91-109. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.04.018>.

УДК 550.394.4

ФИКСАЦИЯ РАЗЛОМОВ НА ШЕЛЬФЕ С ПОМОЩЬЮ ДЕГАЗАЦИИ КОЛОНКИ МОРСКИХ ОСАДКОВ

С.А. Воропаев, В.С. Севастьянов, Н.В. Душенко

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, Россия

E-mail: voropaev@geokhi.ru

Вопрос происхождения и распределения газов в слое морских осадков на континентальном шельфе российской Арктики представляет большой интерес как для практических целей разведки запасов углеводородов, так и для понимания общих биогеохимических процессов в системе шельф-море-атмосфера, влияющих на климат нашей планеты. Несмотря на обилие данных по морям других регионов, результатов исследований донных осадков непосредственно Арктических морей довольно мало. Из исследований последнего времени можно выделить работу [Галимов и др., 2006], в которой производился детальный анализ биогеохимических процессов Карского моря. Также, в работе [Вержбицкий и др., 2012] была рассмотрена геология Карского моря и связанный с ней углеводородный потенциал.

Несмотря на проведенные исследования органического вещества и поровых газов выделенных из осадков арктических морей, до сих пор процессы их образования и диффузии в условиях континентального шельфа остаются малоизученными. Для сбора необходимого экспериментального материала, сотрудники лаб. геохимии углерода им. Э.М. Галимова ГЕОХИ РАН провели ряд экспедиций в морях Российской Арктики на научно-исследовательских судах, в том числе в Карском море. Был отобран обширный материал, представляющий собой колонки донных отложений глубиной до 6 метров от поверхности морского дна [Севастьянов и др., 2023]. После литологического описания колонок, были отобраны с разных горизонтов пробы осадка для дегазации поровых газов. Выделенные газовые пробы анализировали на содержание основных газов – метана (CH_4), углекислого газа (CO_2) и легких углеводородов. В частности, в работе [Воропаев и др., 2023] проанализирован характерный «паттерн» изменения содержания CH_4 с глубиной донного осадка на станции 6879 (шельф Карского моря, Ю-В склон желоба Святой Анны), обусловленный деятельностью сообществ микроорганизмов – метаногенов и метанотрофов.

В данной работе изучена другая колонка (станция 7144), по сейсмическим данным находящаяся вблизи глубинного разлома на шельфе Карского моря. Вертикальный профиль распределения газов (CH_4 и CO_2) в колонке осадков можно описать универсальной безразмерной 1-D моделью диффузии, принимая постоянный приток газа на некоторой глубине как граничное условие. Построенная модель, несмотря на ряд принятых упрощений, позволяет тем не менее количественно правильно описать особенности распределения газов в колонке при наличии в окрестности тектонических нарушений коры и провести оценку величины поступающих газовых потоков в нижние слои донных осадков Карского моря.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00296.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галимов Э.М., Кодина Л.А., Степанец О.В., Коробейник Г.С. Биогеохимия Российской Арктики. Карское море. Результаты исследований по проекту SIRRO 1995–2003 гг. // Геохимия. 2006. Т. 11. С. 1139–1191.
2. Вержбицкий В.Е., Косенкова Н.Н., Ананьев В.В., Малышева С.В., Васильев В.Е., Мурзин Р.Р., Комиссаров Д.К., Рослов Ю.В. Геология и углеводородный потенциал Карского моря // Oil & Gas J. Russia. 2012. Т. 1–2. С. 48–54.
3. Севастьянов В.С., Федулова В.Ю., Кузнецова О.В., Наймушин С.Г., Душенко Н.В., Федулов В.С., Кривенко А.П., Малова А.И., Ткаченко Е.А. Особенности распределения CH_4 и CO_2 в осадках Арктических морей // Геохимия. 2023. Т. 68(2), С. 163–172.
4. Воропаев С.А., Севастьянов В.С., Душенко Н.В., Брюханов А.Л. Оценка потока метана со дна Карского моря // Доклады РАН. Науки о Земле, 2023. Т. 512(1). С. 138–142.

УДК 532.5; 519.63

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛИННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН С ПРИБРЕЖНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

О.И. Гусев¹, В.С. Скиба^{1,2}, Г.С. Хакимзянов¹, Л.Б. Чубаров¹

¹ Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, г. Новосибирск, Россия

² Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

E-mail: vassiliyskiba@gmail.com

При проектировании и эксплуатации прибрежных сооружений необходимо учитывать возможность катастрофического воздействия на них длинных поверхностных волн типа цунами. Для исследования возникающих силовых нагрузок наряду с инженерными методами [Свод Правил, 2019] и лабораторными экспериментами [Беляев и др., 2014, 2022] широко используются методы численного моделирования [Гусев и др., 2022], в том числе, в рамках иерархии математических моделей, алгоритмов и программ [Gusev et al., 2023]. Практическая значимость иерархического подхода состоит не только в повышении степени достоверности результатов моделирования, но и в существенной экономии вычислительных ресурсов при выполнении многовариантных расчетов за счет использования менее затратных алгоритмов, построенных на основе «младших» моделей, в случаях, когда они обеспечивают необходимую точность. В докладе приведены результаты расчетов, полученные в рамках одной из моделей иерархической цепочки – модели потенциальных течений со свободной границей.

По результатам расчётов воздействия цунами на крупные сооружения, полупогруженные в воду или гравитационного типа, сделаны следующие выводы:

- наиболее опасными являются N -волны с лидирующей волной понижения;
- наибольшее влияние неровности дна оказывают на горизонтальную составляющую силовой нагрузки;
- максимум нагрузки может возникнуть не от набегающей, а от отражённой от берега волны;
- при установке сооружения вблизи причальной стенки возникает резонанс длинных волн с существенным увеличением силовых нагрузок по сравнению с расположением сооружения в открытой акватории.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С., Мишина А.В., Семенов К.К., Щемелинин Д.И. Экспериментальные исследования воздействия волн типа цунами на грунт у оснований морских гравитационных платформ // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 6. С. 4-12.
2. Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С., Семенов К.К., Щемелинин Д.И. Экспериментальное определение нагрузок на плавучий объект от воздействия волн цунами // ГеоРиск. 2022. Т. 16, № 1. С. 20-30.
3. Гусев О.И., Скиба В.С., Хакимзянов Г.С. Силовое воздействие длинных поверхностных волн на полупогруженное в воду тело. I. Влияние формы набегающей волны // Вычисл. технологии. 2022. Т. 27, № 4. С. 33-62.
4. Свод Правил 38.13330.2018 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Введён 2019-02-17.
5. Gusev O.I., Khakimzyanov G.S., Skiba V.S., Chubarov L.B. Shallow water modeling of wave-structure interaction over irregular bottom // Ocean Eng. 2023. Vol. 267. Art. 113284.

УДК 550.394.4

ИЗУЧЕНИЕ ЗАХОРОНЕННОЙ ОРГАНИКИ МОРСКИХ ОСАДКОВ С ПОМОЩЬЮ ОКСИТЕРМОГРАФИИ

А.Е. Зайцева (Михнева), Б.К. Зуев, С.А. Воропаев

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, Россия

E-mail: Mihneva.1999@yandex.ru

Изучение содержания и состава газов, распределенных в слое морских осадков на континентальном шельфе российской Арктики представляет большой интерес как для практических целей разведки запасов углеводородов, так и для понимания общих геофизических процессов, связанных с трансгрессией моря в голоцене. Несмотря на обилие данных по морям других регионов, результатов исследований донных осадков непосредственно Арктических морей довольно мало. Из общих исследований можно выделить работу [Галимов и др., 2006], в которой производился детальный анализ геохимических процессов Карского моря. Также, в работе [Воропаев и др., 2023] была рассмотрена биогеохимия Карского моря и связанный с ней углеводородный потенциал. Полученные в ходе последних экспедиций данные указывают на значительные притоки метана и других углеводородных газов из разломов к нижней границе морских осадков [Севастьянов и др., 2023]. В районе станции 7444 (шельф Карского моря) были обнаружены аномальные содержания метана и встала проблема идентификации источника органики.

Определение содержания и состава органического вещества в природных объектах, особенно в грунте, всегда было важной и актуальной задачей. Органическое вещество грунта является основным элементом экосистемы и играет важную роль в функционировании грунта. Состав органического вещества грунта является динамическим показателем, отражающим влияние условий окружающей среды на геохимический углеродный цикл экосистемы. Окситермография – это новый метод определения органического углерода, основанный на программируемом высокотемпературном окислении органического вещества в потоке атмосферного воздуха и определение расходуемого при окислении молекулярного кислорода [Зуев и др., 2009]. В дополнение к кислороду можно также зарегистрировать углекислый газ. По своей сущности окситермография напоминает метод термогравиметрии, в котором измеряется потеря веса вещества в результате его термодеструкции. Однако в окситермографии, в отличие от термогравиметрии, мерой протекания химических процессов в исследуемом образце является потребление или выделение кислорода в процессе программированного нагрева образца в газовой атмосфере. В то же время, по сравнению с термогравиметрическим методом, он обладает значительно более высокой чувствительностью и более низким пределом обнаружения. Метод окситермографии является безопасным, быстрым и экологически чистым «безреагентным» методом, поскольку в качестве окислителя используется атмосферный кислород. Используя метод окситермографии, можно наблюдать динамику окисления органического вещества грунта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галимов Э.М., Кодина Л.А., Степанец О.В., Коробейник Г.С. Биогеохимия Российской Арктики. Карское море. Результаты исследований по проекту SIRRO 1995–2003 гг. // Геохимия. 2006. Т. 11. С. 1139–1191.
2. Севастьянов В.С., Федулова В.Ю., Кузнецова О.В., Наймушин С.Г., Душенко Н.В., Федулов В.С., Кривенко А.П., Малова А.И., Ткаченко Е.А. Особенности распределения CH_4 и CO_2 в осадках Арктических морей // Геохимия. 2023. Т. 68(2). С. 163–172.
3. Воропаев С.А., Севастьянов В.С., Душенко Н.В., Брюханов А.Л. Оценка потока метана со дна Карского моря // Доклады РАН. Науки о Земле, 2023. Т. 512(1), С. 138–142.
4. Зуев Б. К., Моржухина С. В. Окситермография – новый метод определения органического вещества в природных объектах // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2009. №. 4. С. 47–52.

УДК 551.524.3

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОРГАНОГЕННОЙ СЕДИМЕНТАЦИИ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ БИОМОРФОЛИТОСИСТЕМ (О. САХАЛИН)

О.А. Кorableв¹, А.Б. Фаустова¹, И.О. Рожкова-Тимина¹, Ю.А. Завгородняя²

¹ Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия

² Московский государственный университет им. Ломоносова, г. Москва, Россия

E-mail: oleg.korablev.00@mail.ru

В эмиссию и поглощение парниковых газов (ПГ) вовлечено множество процессов, вследствие чего изменчивость потоков в различных системах голубого углерода весьма высока. В различных лагунах о. Сахалин стоковые свойства маршей и илистых осушек существенно различаются [Afanas'ev, Faustova 2023]. Понимание различий накопления азотсодержащих и углеродсодержащих осадков не только в зависимости от удаления участков от основных аллохтонных потоков органического вещества и его автохтонного режима на месте аккумуляции, но и от морфологидинамических особенностей развития лагунных биоморфолитосистем береговой зоны, как показывают проведенные нами исследования, весьма актуально. Аналитический обзор проблемы показал, что максимальные скорости вертикального роста низинных (маршевых) торфяников наблюдаются в первые 20-30 лет [Temmerman et al., 2004].

Впервые, на основе прямых полевых наблюдений и анализа данных ДДЗ дана оценка количественных параметров органогенной седиментации прибрежно-морских биоморфолитосистем Сахалинской области за период 68 лет. Оценка также включает геохимический анализ отложений (более 700 проб), сформированных за определенный промежуток времени. Измерение запасов углерода в экосистемах прибрежно-морских водноболотных угодий охватывает в основном пулы углерода растительности (включая надземную и подземную части), пулы углерода почвы и отложений. По уже датированным разрезам маршевых торфяников получено значение ежегодного стока углерода от 1,0 кг/м² до 2,0 кг/м² или 3,7-7,4 кг/м² CO₂.

Была проанализирована продуктивность маршевых лугов южной части о. Сахалин. В среднем продуктивность надземной фитомассы составила 100-800 г/м², надземной мортмассы – от 0 до 800 г/м², корневой массы – 5-60 г/м². При этом не было выявлено тенденций к изменению продуктивности фитоценозов по мере линейного удаления от морского берега, что подтверждает сложность ландшафтной структуры ПМВБУ.

Для исследованных почв маршей и торфяной почвы лесной экосистемы была рассчитана средняя скорость накопления углерода CAR. Полученные скорости аккумуляции углерода в маршах залива Анива значительно (в 2-3 раза) превышают большинство значений этой величины, полученных для других прибрежных территорий, что может быть связано с локальными климатическими и геоморфологическими особенностями объекта исследований. С учетом размера территорий, занимаемых маршевыми почвами, возможно проведение расчетов по общему стоку углерода в прибрежных ландшафтах о. Сахалин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Afanas'ev V.V, Faustova A. B. The First Results of the Study of Sequestration Properties of Coastal Marine Biomorpholithosystems (Sakhalin Region) Physica land Mathematical Modeling of Earth and Environment Processes—2022, Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences, https://doi.org/10.1007/978-3-031-25962-3_46
2. Temmerman S., Govers G., Wartel S., Metre P. Modelling estuarine variations in tidal marsh sedimentation: response to changing sea level and suspended sediment concentrations // Mar. Geology. 2004. V. 212. № 1-4. P. 1-19.

УДК 532.59+517.951+550.344.42+551.466.62

**О ВОЛНАХ, ВОЗБУЖДАЕМЫХ БЕГУЩИМ БАРИЧЕСКИМ ВОЗМУЩЕНИЕМ,
ВЫЗВАННЫМ МГНОВЕННЫМ ЛОКАЛИЗОВАННЫМ ИМПУЛЬСОМ
АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ**

Ю.П. Королев

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: Yu_P_K@mail.ru*

Взрывное извержение вулкана Хунга Тонга-Хунга Хаапай 15 января 2022 года вызвало волны повышенного давления в атмосфере, в толще океана, а также вынужденные и гравитационные волны на поверхности океана. Волны зарегистрированы наземными барографами на больших расстояниях от эпицентра, а также множеством глубоководных донных станций в Тихом океане. Зарегистрированные в океане волны представляли собой вынужденные волны, обусловленные бегущей со скоростью звука в воздухе волной повышенного давления, движущиеся с той же скоростью, а также поверхностные гравитационные волны, распространяющиеся со скоростью длинных волн.

Механизм возбуждения свободных гравитационных волн в этом событии не выяснен. Не ясно, являлось ли их причиной барическое возмущение при взрыве вулкана или «расталкивание» воды, образование воронки, в результате извержения.

Представляет интерес выяснить, каков закон затухания барической волны вдоль свободной поверхности, какова форма свободной поверхности, обусловленная барическим возмущением, какова форма свободной волны.

Рассмотрена известная задача Коши-Пуассона о волнах на свободной поверхности слоя жидкости постоянной глубины. В качестве источника волн принято возмущение в виде бегущей волны повышенного давления над свободной поверхностью. Для определения этого возмущения решена задача о распространении волны давления в экспоненциальной атмосфере над твердой поверхностью. В качестве источника в начальный момент времени принималась аксиально-симметричная локализованная область повышенного давления. Задача решалась в линейном приближении.

Показано, что затухание амплитуд барической и вынужденной волн такое же, как у длинных гравитационных волн, т.е. изменяется обратно пропорционально квадратному корню из пройденного расстояния. Такой вывод совпадает с опубликованными результатами анализа на основании фактических данных.

УДК 550.344.42+551.466.62

**ОЦЕНКА ЦУНАМИ В ТИХОМ ОКЕАНЕ,
ВЫЗВАННОГО ВЗРЫВОМ ВУЛКАНА ТОНГА
15 ЯНВАРЯ 2022 Г., ЭКСПРЕСС-МЕТОДОМ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА**

П.Ю. Королев, Ю.П. Королев

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: pasha200482@mail.ru*

Извержение вулкана Хунга Тонга-Хунга Хаапай в январе 2022 года вызвало катастрофическое цунами на ближних островах архипелага Тонга: до 17 м на расстоянии 65 км, до 45 м на расстоянии 90 км от вулкана. Волна повышенного давления в атмосфере зарегистрирована множеством барографов не только на островах Тихого океана, но и на материках. Барическая волна, распространявшаяся со скоростью звука в атмосфере, вызвала возмущения свободной поверхности океана в виде вынужденной волны, скорость которой также равнялась скорости звука в воздухе. Наряду с этим изменения уровня поверхности воды в области взрыва генерировали гравитационные (свободные) волны в океане, распространявшиеся со скоростью длинных волн. Барическая и/или гравитационная волны зарегистрированы множеством глубоководных донных станций в Тихом океане. Небольшое количество станций зарегистрировало полностью обе волны от момента вступления барической волны. В силу различия в скоростях распространения гравитационная волна отстает от барической на 80 – 230 мин в зависимости от расстояния до точки регистрации. Амплитуды барической и гравитационной волн сопоставимы даже на больших расстояниях от возмущения. Что несколько не обычно: волны от взрывов затухают быстрее, чем поверхностные.

Расчеты волны в океане от различных источников, локализованных в области взрыва вулкана, выполнены в ряде работ. Расчеты выполнены путем подбора наиболее подходящего источника без использования фактических данных о цунами в океане или с их использованием.

В работе представлял интерес выяснить, возможен ли расчет цунами экспресс-методом оперативного прогноза. Для прогноза использовались данные ближайших к месту взрыва донных станций, пробег гравитационных волн до которых составлял 138 и 282 мин. Ввиду того, что экспресс-метод разработан для прогноза поверхностных гравитационных волн, применялась только часть записи, соответствующая гравитационной составляющей. Никаких предположений о механизме возбуждения этих волн не делалось.

Получено неплохое соответствие расчетных и зарегистрированных волновых форм. Подтверждено, что экспресс-метод может давать прогноз цунами независимо от механизма возбуждения.

УДК 627.51

ТАЙФУН «ФИЛЛИС»: СТИХИЙНОЕ БЕДСТВИЕ В АВГУСТЕ 1981 Г. НА ЮГЕ САХАЛИНА

Н.Е. Кроча¹, **М.В. Гридяева**¹, **Г.В. Шевченко**^{2,3}

¹ Государственный исторический архив Сахалинской области, г. Южно-Сахалинск, Россия

² Сахалинский филиал ВНИРО, г. Южно-Сахалинск, Россия

³ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: shevchenko_zhora@mail.ru

Лето 2023 г. в южной части о. Сахалин оказалось очень дождливым, в особенности август – ливневые осадки в этом месяце были зафиксированы 10 раз. Дважды, 26 июля и 31 августа наблюдались особенно обильные дожди, их интенсивность существенно превышала средние многолетние значения для соответствующих месяцев. По улицам Южно-Сахалинска, большинство из которых имеет заметный уклон с востока на запад, текли настоящие реки. Был затоплен не только частный сектор, но и многоквартирные дома, затоплены цокольные этажи многих торговых центров. Возникли проблемы с транспортным сообщением, энергоснабжением, связью, не работал ряд промышленных предприятий.

Это событие напомнило об одной из самых тяжелых по своим последствиям природных катастроф в истории Сахалинской области, связанной с наводнением в южной части о. Сахалин, вызванным тайфуном «Филлис» (Phyllis, №198112) более 40 лет назад. Это событие по масштабу последствий (человеческим жертвам, экономическому ущербу) уступает только Камчатскому цунами 5 ноября 1952 г. г., полностью разрушившему г. Северо-Курильск, а также Нефтегорскому землетрясению 25 мая 1995 г., буквально уничтожившему этот город и унесшему 2040 человеческих жизней,

В данной работе мы рассмотрели основные причины, которые привели к необычайно тяжелым последствиям от, казалось бы, столь обычного для Сахалина явления, как ливни, а также причиненный тайфуном ущерб. Сведения об ущербе собраны в фондах Государственного исторического архива Сахалинской области [Кроча, 2023]. С точки зрения гидрометеорологических условий было две важных особенности, которые способствовали формированию аномально-го паводка в начале августа 1981г. Первая из них связана с тем, что тайфун «Филлис» вышел к южной части острова 5 августа, а 3 числа ее пересек другой тайфун, «Оджен». На южную часть Сахалина он обрушил мощные ливни, наиболее интенсивные были на западном побережье острова. Так, в г. Углегорске в течение 23 часов выпало 137 мм осадков, в Ильинском 129 мм за 16 часов. Уровень воды в реках поднялся от одного до пяти метров, земля была пропитана влагой, а всего через день начались новые мощные ливни. Таким образом, «Филлис» пришел буквально «на плечах» другого тайфуна, также вызвавшего мощные ливневые осадки.

Как правило, циклоны, в том числе тропические, пересекают остров Сахалин примерно за сутки, двигаясь в восточном или северо-восточном направлении на акваторию Охотского моря. Но по-иному складывались метеорологические условия при прохождении «Филлиса», который двигался на север, пересек Хоккайдо, и описав над южной частью Сахалина своеобразную петлю, ушел на запад. Из-за такой необычной его траектории, ливни в южной части острова продолжались очень долго, в течение трех суток, что и привело к масштабному стихийному бедствию. Полностью или частично были затоплены 12 городов, включая областной центр, 17 поселков и более 40 других населенных пунктов. В зоне бедствия оказалось более полумиллиона человек, около 80% населения области. Погибли 44 человека, еще 2 пропали без вести, хозяйству области был нанесен колоссальный материальный ущерб. Однако организованные действия местного руководства, помощь правительства страны и самоотверженный труд населения позволили удивительно быстро справиться с последствиями стихии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кроча Н.Е. Сахалин и Курильские острова в зоне тайфунов: август–октябрь 1981 г. [ответственный редактор М. В. Гридяева]. Государственный исторический архив Сахалинской области. Белгород: Константа, 2023. 48 с.

УДК 519.684.4; 550.394.2

ЗАВИСИМОСТЬ РАСЧЕТНОЙ ВЫСОТЫ ВОЛНЫ ЦУНАМИ ОТ ШАГА СЕТКИ

М.М. Лаврентьев^{1,2}, К.Ф. Лысаков¹, Ан.Г. Марчук^{3,4}, К.К. Облаухов¹, М.Ю. Шадрин¹

¹ Институт автоматики и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

² Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³ Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

⁴ Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

E-mail: mmlavrentiev@gmail.com

Событие 11 марта 2011 года у берегов Японии, как и другие землетрясения последних десятилетий показывают, что вызываемые подземными землетрясениями разрушительные волны цунами по-прежнему представляют значительную опасность для населения прибрежных районов, примыкающих к зонам субдукции. Отметим, что именно в зонах субдукции располагается подавляющее число очагов подводных землетрясений, вызывающих цунами. В некоторых местах этих побережий высота заплеска цунами может достигать 30 м и более, вызывая разрушения и жертвы. Однако, максимальные высоты волны распределяются крайне неравномерно вдоль побережья с наличием ярко выраженных локальных максимумов по амплитуде. Поскольку для событий так называемой ближней зоны время прихода волны цунами к ближайшей точке побережья после землетрясения составляет порядка 20 минут, быстрая (в течение 1-2 минут) корректная оценка распределения максимальных высот волны вдоль побережья позволит службам предупреждения принять эвакуационные меры именно там, где это необходимо. Современные средства моделирования позволяют с достаточной точностью рассчитать параметры волны, если известны ее характеристики в начальный момент времени. Однако, для этого требуется выполнять расчеты в значительной акватории (протяженностью сотни и тысячи километров) с шагом в несколько метров, что требует значительных временных затрат даже при использовании суперкомпьютеров. Кроме того, в случае сильного землетрясения возможны перебои в электроснабжении, что не дает гарантии начать численное моделирование сразу после сейсмического события. Использование же больших, в сотни метров, пространственных шагов расчетной сетки не позволяет правильно оценить высоту волны вблизи берега. Разрешение этого противоречия диктует необходимость изменять шаг сетки в процессе счета. В работе исследуется зависимость рассчитанных параметров волны цунами в зависимости от шага сетки с целью дальнейшего оптимального выбора зон применения сеток с разным шагом. Вычислительные эксперименты проводились на ПК с применением аппаратного ускорения – специализированного Вычислителя на базе микрочипа вентильной матрицы программируемой пользователем (Field Programmable Gates Array – FPGA), используемого в качестве сопроцессора [Lavrentiev et.al., 2020a, 2020b, 2022].

В результате достигается достаточно высокая производительность расчетов. Вычисление параметров волны у берега на расчетной сетке размером 3000x2500 узлов занимает менее 1 мин. Кроме того, предлагаемое решение не зависит от возможных сбоев в поставках электроэнергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lavrentiev, M., Lysakov, K., Marchuk, An., Oblaukhov, K. and Shadrin, M. Hardware Acceleration of Tsunami Wave Propagation Modeling in the Southern Part of Japan // Appl. Sci. 2020. Vol. 10. P. 4159. <https://doi.org/10.3390/app10124159>
2. Lavrentiev, M.M., Marchuk, A.G., Oblaukhov, K.K., Romanenko, A.A. Comparative testing of MOST and MacCormack numerical schemes to calculate tsunami wave propagation // J. Phys. Conf. Ser. 2020. Vol. 1666. P. 012028.
3. Lavrentiev, M., Lysakov, K., Marchuk, An., Oblaukhov, K. Fundamentals of Fast Tsunami Wave Parameter Determination Technology for Hazard Mitigation // Sensors. 2022. Vol. 22, P. 7630. <https://doi.org/10.3390/s22197630>.

УДК 551.465

ЛАГРАНЖЕВО МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ВОД ОТ АЭС «ФУКУСИМА-1» ДО ЮЖНО-КУРИЛЬСКОЙ РЫБОЛОВНОЙ ЗОНЫ

А.А. Лебедева^{1,2}, М.В. Будянский¹, А.А. Удалов¹, Т.В. Белоненко²

¹ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: lebedevamasha671@gmail.com

Мощное землетрясение и последовавшее за ним катастрофическое цунами, обрушившееся на северо-восточное побережье острова Хонсю в Японии 11 марта 2011 года, вызвало техногенную катастрофу на АЭС «Фукусима-1». 24 августа 2023 года Япония начала процесс сброса в Тихий океан накопленной технической воды с АЭС. Несмотря на возражения со стороны соседних стран, в первую очередь Китая и России, Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) дало согласие на осуществление этого процесса. Начиная с августа 2023 года в течение последующих трёх десятилетий планируется постепенный сброс очищенной воды в Тихий океан.

В данной работе исследуется возможность проникновения технических вод АЭС «Фукусима-1» в Южно-Курильскую рыболовную зону России. С помощью применения лагранжева моделирования были исследованы пути переноса пассивных маркеров и дана оценка времени их переноса от берегов Японии к границе Южно-Курильской рыболовной зоны. Для исследования переноса радиоактивного загрязнения применяются методы, развитые в работах [Пранц и др., 2011; Prants et al. 2011; Prants et al. 2013; Budyansky et al. 2015]. Для решения поставленных в работе задач было использовано два набора данных: поле геострофических скоростей AVISO с пространственным разрешением $1/4^\circ$ и скорости течений на глубине 0,5 м, полученные с помощью глобального океанического реанализа GLORYS12V1 на основе модели NEMO с пространственным разрешением $1/12^\circ$. Исследование выполнено для одного года – в период с 24 августа 2022 года по 24 августа 2023 года. Предлагаемый подход позволяет получить оценки, которые будут актуальны и для последующих лет.

Сравнение результатов, полученных по AVISO и по GLORYS12V1, показывает хорошее соответствие по показателям времени «загрязнённых» маркеров в пути, а также похожие механизмы переноса с подхватом маркеров меандром Куроисио и дальнейшей адвекцией в северо-восточном направлении с помощью локальной вихревой системы. Установлено, что существует режим, при котором потенциально «загрязнённые» воды АЭС «Фукусима-1» могут достичь границы Южно-Курильской рыболовной зоны за очень короткий промежуток времени – около двух недель.

Исследования выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-17-00068.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пранц С.В., Улейский М.Ю., Будянский М.В. Численное моделирование распространения в океане радиоактивного загрязнения от АЭС «Фукусима Дайичи» // ДАН. 2011. Т. 439, № 6. С. 811-814.
2. Prants S.V., Uleysky M.Yu., Budyansky M.V. Numerical simulation of propagation of radioactive pollution in the ocean from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant // Doklady Earth Sciences. 2011. Vol. 439. P. 1179-1182.
3. Prants S.V., Ponomarev V.I., Budyansky M.V. et al. Lagrangian analysis of mixing and transport of water masses in the marine bays // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2013. Vol. 49. P. 82-96.
4. Budyansky M.V., Goryachev V.A., Kaplunenko D.D., Lobanov V.B., Prants S.V., Sergeev A.F., Shlyk N.V., Uleysky M.Yu. Role of mesoscale eddies in transport of Fukushima-9 derived cesium isotopes in the ocean // Deep-Sea Research I. 2015. Vol. 96. P. 15-27.

УДК 551.435.32

**ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭОЛОВОГО МОРФОЛИТОГЕНЕЗА
КАК ФАКТОРА ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА НА МОРСКИХ
И ОКЕАНСКИХ БЕРЕГАХ СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ**

А.И. Левицкий

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: santo1989@mail.ru*

Типы, размеры и морфология прибрежных эоловых форм дюн зависят от бюджета и состава наносов береговой зоны, периода и интенсивности действия процессов мобилизации и переноса наносов, а также условий стабилизации и накопления эолового материала. Установлены особенности распространения эоловых форм на берегах морей Северной Пацифики. Это позволяет избежать многих недоразумений, связанных с проблематикой эолового морфолитогенеза на побережье. Границы геосистем представляют собой относительно подвижные зоны взаимного взаимодействия. Рассмотрены основные причины формирования избытка наносов в береговой зоне, объясняющего эоловую аккумуляцию ближнего переноса на берегах разного типа. Показано, что цикличность эолового рельефообразования на побережье связана с изменениями баланса наносов в береговой зоне, определяемыми, главным образом, колебаниями уровня моря.

На участках побережья, характеризующихся большими объемами выноса обломочного материала с суши, развитие процессов эоловой аккумуляции связывается с понижением уровня моря. На побережье, где поступление наносов в береговую зону обеспечивается преимущественно морскими гидродинамическими процессами, эоловые отложения формируются в период усиления размыва при подъеме уровня моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.В. Геоморфологическое строение и морфодинамика северо-западного побережья острова Сахалин: дис. канд. геогр. наук. 1998. 185 с.
2. Афанасьев В.В., Уба А.В. Эрозия морских побережий северо-восточного Сахалина // Геоморфология. 2018. № 4 С. 25-35.
3. Афанасьев В.В. Новый тип эолового морфогенеза на вулканических берегах (остров Итуруп, Большая Курильская гряда) // Транзитные зоны геосистем. 2019. № 3(4). С. 423–427.
4. Афанасьев В.В. Морфолитодинамические процессы и развитие побережий контактной зоны субарктических и умеренных морей северной части Тихого океана. - Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2020. 234 с.
5. Бадюкова Е.Н., Соловьева Г.Д. Рельеф прибрежных дюн как индикатор колебаний уровня моря // Вестник Москвы. Сер. 5. География. 1997. № 5. С. 10-19.
6. Игнатов Е.И. Морфосистемный анализ банков. М.; Смоленск: Маджента, 2006. 328 с.
7. Кононова Н.Н. () Эоловые процессы и прибрежные ландшафты. Владивосток: Издательство Дальневосточного государственного университета, 1986. С. 132
8. Короткий А.М., Разжигасва Н.Г., Мохова Л.М., Ханзей Л.А., Гребенникова Т.А., Базарова В.Б. Прибрежные дюны - индикатор глобального похолодания (остров Кунашир, Курильские острова) // Тихоокеанская геология. 1996. Т. 15 (1) С. 53-59.

УДК 551.465.4(571.642-18+265.53)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОД ПРИБРЕЖНОГО АПВЕЛЛИНГА И СТОКА Р. АМУР В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ У СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ О. САХАЛИН

Н.Б. Лукьянова, И.А. Жабин

*Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
E-mail: natalook@poi.dvo.ru*

Восточно-сахалинский шельф Охотского моря отличается высокой биологической продуктивностью и биоразнообразием. В настоящее время у восточного побережья о. Сахалин активно разрабатываются месторождения нефти и газа. Это определяет биологическое и экологическое значение восточно-сахалинской шельфовой зоны.

На термохалинную и динамическую структуру вод у северо-восточного побережья о. Сахалин в летний период существенное влияние оказывают два фактора – прибрежный ветровой апвеллинг и сток р. Амур. Эти процессы обеспечивают поступление биогенных веществ в верхний слой моря и определяют высокую биологическую продуктивность восточно-сахалинского шельфа. В работе на основе анализа гидрологических данных, полученных летом 2016 г., рассмотрена термохалинная структура вод в зоне взаимодействия вод прибрежного апвеллинга и стока р. Амур у северо-восточного побережья о. Сахалин. По материалам спутниковых наблюдений за распределением температуры поверхностного слоя и результатам расчета индекса апвеллинга исследовано влияние ветровых условий на интенсивность и изменчивость прибрежного апвеллинга в этом районе.

Особенности взаимодействия вод зоны апвеллинга и речного стока зависят от ветровых условий и объема стока р. Амур. Прибрежный апвеллинг развивается при относительно низких значениях речного стока (летняя межень). Увеличение стока р. Амур в период летнего паводка усиливает взаимодействие вод зоны апвеллинга и прибрежного течения. В этом случае распресненные речным стоком воды распространяются непосредственно вдоль берега, что приводит к отрыву холодных вод апвеллинга от побережья. Адвекция холодных вод зоны апвеллинга в направлении открытой части моря усиливается при последовательной смене событий апвеллинга и даунвеллинга.

Работа выполнена в рамках Гостемы НИР ТОИ ДВО РАН «Исследование структуры и динамики вод Мирового океана в условиях современных климатических изменений», регистрационный номер: 124022100079-4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жабин И.А., Лукьянова Н.Б. Влияние ветрового апвеллинга и стока реки Амур на термохалинную структуру вод у северо-восточного побережья острова Сахалин // Метеорология и гидрология. 2022. № 9. С. 32-41.

УДК 551.461:551.466(265.5)

СИСТЕМА ПРОГНОЗА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ – ЗАТОПЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА РОССИЙСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ В ШТОРМОВЫХ УСЛОВИЯХ

Ю.В. Любичкий, А.Н. Вражкин

*Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт Росгидромета,
г. Владивосток, Россия
E-mail: yuvadlub@gmail.com*

В ФГБУ ДВНИГМИ разработана автоматизированная система краткосрочного (с заблаговременностью до 72 часов) прогноза возможности возникновения наводнений, вызванных опасными природными явлениями (ОЯ) (высокими уровнями воды в сочетании с волнением), на российском побережье Японского, Охотского и Берингова морей, тихоокеанском побережье полуострова Камчатка.

Система предусматривает расчёт два раза в сутки на вычислительных ресурсах ФГБУ «ДВНИГМИ» ожидаемых изменений комплексной характеристики, включающей прилив, ветровой нагон, эффекты, вызванные ветровым волнением – волновой нагон и накат, в 31 береговом пункте.

Расчёты выполняются с помощью численных моделей для прогноза волнения WAVEWATCH III и SWAN [Вражкин, 2013], численных моделей прогноза уровня моря, разработанных в ФГБУ «ДВНИГМИ» [Любичкий, 2017, Любичкий, Романский, 2022]. Волновой нагон и накат вычисляются в соответствии с [ЕМ 1110-2-1100].

Форсинг численных моделей реализуется с использованием прогностической продукции GFS (Global Forecast System) и региональной атмосферной модели WRF-ARW.

Индикатором возможности возникновения ОЯ в береговом пункте является превышение прогнозируемого значения указанной комплексной характеристики критерия затопления, индивидуального для каждого пункта.

Во время оперативных (производственных) испытаний системы в 2023 г. на российском побережье дальневосточных морей зарегистрированы 16 ситуаций ОЯ. В 15 случаях прогнозами ФГБУ «ДВНИГМИ» возможность возникновения ОЯ была предусмотрена с заблаговременностью не менее 48 часов. Не прогнозировалось ОЯ, возникшее 4 ноября в посёлке Апука (северо-восточное побережье Камчатки).

В 23 ситуациях в соответствии с рассчитанными прогнозами ОЯ могли возникнуть, но они не были зарегистрированы. Наличие таких ситуаций объясняется не только погрешностями прогноза, но и субъективным характером регистрации ОЯ, что приводит к тому, что многие такие явления (исключением являются катастрофические ОЯ) не фиксируются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вражкин А.Н. Адаптация моделей WAVEWATCH и SWAN к акваториям дальневосточных морей / Режим, диагноз и прогноз ветрового волнения в океанах и морях. Под ред. Нестерова Е.С. М., Обнинск: Изд-во «Социальные науки», 2013. С. 129.
2. Любичкий Ю.В. Метод краткосрочного прогноза уровня моря на побережье и акватории Охотского и Японского морей и на восточном побережье полуострова Камчатка // Тр. ДВНИГМИ. 2017. Вып. 155. С. 32-68.
3. Любичкий Ю.В., Романский С.О. Метод и технология краткосрочного прогноза изменений уровня моря в юго-западной части Берингова моря // Гидромет. иссл. и прогнозы. 2022. № 1 (383). С. 71-88.
4. Coastal Engineering Manual. Part II: Coastal Hydrodynamics (ЕМ 1110-2-1100). Books Express Publishing. 2012. 624 P.

УДК 551.466.62

ФОКУСИРОВКА ВОЛН ЦУНАМИ

Ан.Г. Марчук

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия
Институт автоматики и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск, Россия
E-mail: mag@omzg.ssc.ru

Под фокусировкой волновых возмущений (в частности волн цунами) понимается одновременный приход волны от нескольких разных сегментов волнового фронта. Обычно это приводит к более высокой высоте в окрестности точки фокусировки по сравнению с окружающими фокус точками области. Фокусировка может быть, во-первых, следствием геометрической формы источника. В частности, очаг цунами, состоящий из двух областей с положительным и отрицательным смещением водной поверхности, может сфокусировать волновую энергию в некоторой точке [1]. Во-вторых – результатом рефракции волнового фронта над неровным дном. Ещё одной причиной фокусировки волновой энергии цунами может быть отражение волны от вогнутой береговой линии. В этом случае точка фокусировки располагается на некотором удалении от берега. Но когда точка фокуса расположена около берега, в этом месте могут наблюдаться аномально высокие волны цунами, что необходимо принимать во внимание службам предупреждения цунами.

Для всех перечисленных случаев построены кинематические карты продвижения волновых фронтов. А численное моделирование динамики распространения цунами по модели мелкой воды подтверждают эффект повышения высоты цунами в точках фокусировки во всех перечисленных выше случаях. Выходящие к берегу подводные хребты также вызывают фокусировку цунами и вызывают аномальное повышение амплитуд волн в точке выхода к берегу такой донной структуры. Моделирование цунами 11.03.2011 у северо-восточного побережья Японии с использованием модели очага, восстановленного японскими учёными, показывает возникновение на шельфе зон аномально высоких волн вследствие фокусировки, вызванной отражением от береговой линии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марчук Ан.Г., Титов В.В. Влияние формы очага на формирование волн цунами // Исследования цунами. 1993. № 5. С. 7-21.

УДК 551.465.435

ВЕТРОВОЙ АПВЕЛЛИНГ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОСТРОВА САХАЛИН

В.Е. Марыжихин¹, Г.В. Шевченко^{1,2}

¹ Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск, Россия

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: jonyr.27@mail.ru

Явление прибрежного апвеллинга представляет значительный интерес в связи с возрастанием продуктивности в районах, где он наблюдается, за счет подъема биогенных веществ [Духова и др., 2014]. Ввиду его важности для функционирования экосистем прибрежных акваторий, механизмы формирования апвеллинга, в том числе ветрового, давно и хорошо изучены [Hill et al., 1974]. Наибольшее значение имеет апвеллинг, формирующийся в результате продолжительного действия сгонных ветров сезонного характера, например, территорий с муссонным климатом (тихоокеанское побережье Дальнего Востока). Механизм проявления апвеллинга у юго-западного побережья о. Сахалин до настоящего времени не изучен, что явилось побудительной причиной для данной работы.

Материалами для настоящего исследования послужили океанологические данные, собранные сотрудниками Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО») у юго-западного побережья острова Сахалин. Инструментальные измерения температуры морской воды и гидростатического давления проводились в районе сел Яблочное и мыса Богдановича в период 2020–2022 гг. Также использовались материалы судовых океанологических съемок, выполненных в 1995–1999 гг. на стандартных разрезах и средние многолетние распределений температуры и солености на восточной части разреза поселок Перепутье–остров Монерон–мыс Олимпиады.

Кроме этого, применялись усредненные помесечно данные спутниковых наблюдений за температурой поверхности моря в Татарском проливе (1998–2021 гг.), полученные при помощи имеющейся в филиале спутниковой приемной станции TeraScan.

Для анализа метеорологических условий использовались данные о скорости и направлении ветра на береговых метеорологических станциях городов Холмск и Невельск, а также карты пространственного распределения приземного атмосферного давления в северо-западной части Тихого океана (www.rp5.ru, <https://www.ncdc.noaa.gov>).

В результате проведенных исследований показано, что сезонный ветровой апвеллинг формируется у юго-западного берега острова Сахалин в осенний период (октябрь–декабрь) под действием ветров северного и близкого к нему румбов, характерных для осенне-зимнего сезона (зимний муссон).

В теплый период года, когда преобладают ветра южного румба нагонного характера (летний муссон), условия для формирования ветрового апвеллинга у юго-западного побережья Сахалина возникают эпизодически. Как правило, эти ситуации случаются 4–5 раз за сезон при прохождении циклонов и атмосферных фронтов южнее острова Сахалин. При наиболее значимых ситуациях понижения температуры достигают 10–12°C с продолжительностью до 10 суток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Духова Л.А., Сапожников В.В. Гидрохимические показатели первичной продукции в зонах Перуанского и Канарского апвеллингов // Труды ВНИРО. 2014. Т. 152. С. 85–100.
2. Шевченко Г.В., Вилянская Е.А., Частиков В.Н. Сезонная изменчивость океанологических условий в северной части Татарского пролива // Метеорология и гидрология. 2011. № 1. С. 78–91.
3. Hill R.B., and Johnson J.A. A theory of upwelling over the shelf break// Journal of Physical Oceanography. 1974. Vol. 4. P. 19–26.

УДК 551.466.75

ВЛИЯНИЕ ПРИЛИВА НА ВОДООБМЕН МЕЖДУ ЯПОНСКИМ И ОХОТСКИМ МОРЯМИ ЧЕРЕЗ ПРОЛИВ ЛАПЕРУЗА

В.Е. Марыжихин¹, Г.В. Шевченко^{1,2}

¹ Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск, Россия

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: jonyr.27@mail.ru

На данный момент времени не установилось единой точки зрения об особенностях водообмена через пролив Лаперуза между Японским и Охотским морями, воды которых существенно различаются по своим характеристикам. В частности, продолжается дискуссия по поводу наличия противотечения теплomu течению Соя в его северной части.

В 1995–2000 годах проводилось совместное исследование кормовой базы и условий окружающей среды в проливе Лаперуза Сахалинским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО») и Hokkaido Central Fisheries Experimental Station (HCFES) [Пропп, Гаврина, 2019]. Программа работ включала повторные океанологические съемки на стандартизированной сети разрезов. В частности, на основе этих измерений было показано, что в проливе наблюдаются аномально сильные приливные течения, достигающие скорости 6 узлов, с наибольшими значениями у мыса Крильон и уменьшающегося в южной части пролива [Шевченко и др., 2005]. Очевидно, что при таких скоростях приливного потока, гидрологические характеристики сильно зависят от того, на какой фазе прилива они были выполнены.

В данной работе принята попытка сгруппировать океанологические съемки по фазам прилива. Наибольшее внимание уделялось съемкам 1995–1997 годов.

Установлено, что во время фазы прилива в исследуемом районе приливная волна распространяется из Охотского моря в Японское, и наблюдается процесс выноса более холодной и менее соленой воды в юго-восточную часть Татарского пролива. Так, в зимний период года наблюдается поток охотоморской воды с низкой соленостью вдоль западного побережья полуострова Крильон на север [Шевченко и др., 2018], то есть когда противотечение течению Соя однозначно существует. Температура воды в северной и южной частях разреза различается более чем в два раза – у полуострова Крильон она менее 3°C, а вблизи японского берега более 8°C. Градиент солености также очень велик – вблизи мыса Соя значения параметра более 34, а у российского побережья менее 32,5 psu.

В теплый период года уровень в Японском море выше, чем в Охотском, что обеспечивает поток теплого течения. Также, как и зимой, наблюдаются значительные различия в значениях океанологических параметров в северной и южной части разреза на фазе прилива. Например, температура в район мыса Крильон составляла около 6°C, а у мыса Соя в три раза выше. Соленость на самой северной станции была очень низкой для изучаемого района, около 32 psu, тогда как на южных около 34 psu. При отливе таких различий не наблюдается. Таким образом, на основании анализа распределения океанологических параметров на разрезе S1, очевиден вывод о существенном влиянии прилива на водообмен между Охотским и Японским морями через пролив Лаперуза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пропп Л. Н., Гаврина Л. Ю. Сезонные вариации гидролого-гидрохимических параметров и хлорофилла-а в проливе Лаперуза (Соя) и прилегающих районах Охотского и Японского морей в 1996–1997 гг. // Труды СахНИРО. 2019. № 15. С. 243–279.
2. Шевченко Г.В., Кантаков Г.А., Частиков В.Н. Анализ данных инструментальных измерений течений в проливе Лаперуза. Известия ТИНРО. 2005. Т. 140: С. 203–227.
3. Шевченко Г.В., Частиков В.Н., Марыжихин В.Е. Сезонные вариации морских гидрологических характеристик у юго-западного побережья острова Сахалин. Метеорология и гидрология. 2018. Вып. 12. С. 98–104.

УДК 556.54

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИЛИВНЫХ РЕК

Н.Н. Назаров¹, И.В. Фролова²

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский, г. Пермь, Россия

E-mail: nikolainazarovpsu@gmail.com

Береговыми геосистемами, наименее изученными в отношении геодинамической устойчивости речных долин, являются устьевые области рек [Михайлов, Горин, 2012]. Особое место среди них, в силу многофакторности развития рельефоформирующих процессов, занимают реки, впадающие в приливные моря. В качестве объектов изучения проявлений рельефообразующих процессов в устьевых областях приливных рек (УОПР), имеющих все признаки их связи с периодическими повышениями уровня воды в руслах, включая воздействие приливных волн, были выбраны реки, расположенные в разных климатических зонах и разной протяженности [Горбунов, 2012; Панченко, 2022].

Основным методом исследования выбрано дешифрирование спутниковых изображений из материалов, находящихся в свободном доступе (Yandex-карты, GoogleMaps). Первичный просмотр и выбор рек для анализа проводился в пределах участков морских и океанических побережий, относящихся к мезо- и макроприливному берегам [Davies, 1964]. Исследование показало, что гипотеза об особой специфике приливо-отливной моделировки пойменно-руслowych комплексов УОПР подтверждается в полной мере. По сравнению с участками русла, расположенными выше по течению, где влияние прилива уже не фиксируется, в устьевых участках наблюдается смена всего спектра ведущих процессов, моделирующих берега рек и смежные геосистемы [Короткий, Худяков, 1990]. На первый план вместо проявлений воздействия боковой эрозии на берега и донного размыва русла здесь выходят другие процессы, что в итоге сказалось не только на морфометрии элементов русла, но и на геосистемной структуре пойменно-руслowych комплексов и днища речных долин в целом.

Установлено, что ведущими процессами, осуществляющими развитие долинных геосистем приливных рек, являются суффозия, оплывание русловых уступов и бортов ручейковой сети, гидратационное выветривание, плоскостная эрозия, трансгрессивная эрозия, «волновой (локализованный) удар» и заболачивание. Часто эти процессы вступают между собой в различные виды комбинаций с результирующим эффектом в форме смещения грунтовых масс на поверхность русловой осушки, освобождавшуюся от них в первую же большую воду. По характеру проявлений процессов, осуществляющих переработку берегов приливных рек, моделировка береговых уступов в большей степени соответствует развитию берегов водохранилищ и, в значительно меньшей степени, формированию русел меандрирующих рек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов А.О. Морфология и особенности динамики устьевых рек о. Сахалин. автореф. ... канд геогр.наук. СПб., 2012. 24 с.
2. Короткий А.М., Худяков Г.И. Экзогенные геоморфологические системы морских побережий. М.: Наука, 1990. 216 с.
3. Михайлов В.Н., Горин С.Л. Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей – эстуариев // Водные ресурсы. 2012. Т. 39, № 3. С. 243–257.
4. Панченко Е.Д. Динамика потока в приливные устья малых рек (на примере Беломорского бассейна). Автореф. канд геогр.наук. М., 2022. 28 с.
5. Davies J.L.A. A morphogenic approach to world shorelines // Z.F. Geomorphol. 1964. № 8. P. 27–42.

УДК 551.583.7

ГОЛОЦЕНОВЫЕ ПАЛЕОБСТАНОВКИ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ (РЕКОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОФОССИЛИЙ)

М.С. Обрезкова, Л.В. Василенко, А.С. Астахов

Тихоокеанский океанологический институт им В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

E-mail: obrezkova@poi.dvo.ru

В конце XX и начале XXI веков в Северном полушарии наблюдались аномально высокие температуры, которые являются исключительными за последние две тысячи лет. Особенно значительное увеличение температур отмечено в арктическом регионе, что привело к серьезному уменьшению ледяного покрова и таянию вечной мерзлоты как на суше, так и на прилегающем шельфе. Наблюдаемые явления указывают на уникальные условия, характерные для этого временного периода. Растущий интерес к изучению микроорганизмов морей восточной Арктики обусловлен их важной ролью в цикле органического углерода и кремния в морских экосистемах, процессе образования органических веществ, осаждении осадков и чувствительной реакцией на изменения экологических и климатических условий. Значительная часть микроорганизмов (диатомей и инфузорий-тинтинид) сохраняется в местах их обитания, отражая условия их жизни, что позволяет использовать микроорганизмы в качестве показателей для палеореконструкций [Обрезкова и др. 2023; Obrezkova et al., 2023; Vasilenko et al., 2023].

Целью настоящей работы было изучение изменений окружающей среды в голоцене на внутреннем шельфе моря Лаптевых в районе максимального распреснения речными водами с целью оценки водного и теплового стока рек и глобальных климатических изменений за этот период.

Были изучены диатомовые водоросли и инфузории-тинтиниды в голоценовых отложениях керна LV83-32-1, отобранного в палеодолине р. Яны. Полученные данные позволили выделить интервалы с различными условиями осадконакопления, а именно пресноводными, морскими и распресненными. Эти результаты подтверждают существующую точку зрения о влиянии водного и теплового стока сибирских рек на ледовую обстановку Арктики, в том числе на резкое уменьшение ледяного покрова в среднем голоцене.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00107, <https://rscf.ru/project/24-27-00107/>

ЛИТЕРАТУРА

1. Обрезкова М.С., Цой И.Б., Астахов А.С. Диатомовые водоросли и геохимические особенности донных осадков морей восточной Сибири и их значение для палеореконструкций // Вопросы современной альгологии. Бюллетень. Специальный выпуск. 2023. С. 109-112.
2. Obrezkova M.S., Tsoy I.B., Kolyada A.E., Shi X., Liu Y. Distribution of Diatoms in the Surface Sediments of the Seas of Eastern Siberia and the Arctic Ocean Distribution of diatoms in seafloor surface sediments of the Laptev, East Siberian, and Chukchi seas: implication for environmental reconstructions // Polar Biology. 2023. 46:21-34. <https://doi.org/10.1007/s00300-022-03105-5>
3. Vasilenko L., Vasilenko Yu., Bosin A., Tsoy I., Xuefa Shi, Liu Yanguang. Distribution of Radiolarians and Tintinnid ciliates in Upper Holocene sediments of Laptev and East Siberian Seas // Polar Biology. 2023. Vol. 46 (1). P. 35–51. <https://doi.org/10.1007/s00300-022-03108-2>.

УДК 551.46

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦУНАМИ 1960 И 2010 ГГ. НА ПОБЕРЕЖЬЕ РОССИИ

Н.А. Онищенко¹, А.В. Лоскутов²

¹ *Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

² *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия*

E-mail: onisch01@gmail.com

Цунами – длинные гравитационные волны в океане, приносящие колоссальный ущерб и человеческие жертвы. Для сравнительного анализа проявления чилийских цунами 1960 и 2010 гг. на российском побережье по натурным данным и с использованием численного моделирования с помощью кода TUNAMI [Fine et al., 2011] (построение максимальных высот волн на всей акватории океана и колебаний уровня за определенный период в конкретной точке) и применением модели очага цунами на основе формул Окада [Okada, 1985] (построение остаточного поля деформаций дна океана) При расчетах использовалась батиметрия GEBCO, и метод вложенных сеток для залива Анива. Для верификации расчетов применялись мареограммы из литературных источников. Оцифровано 5 мареограмм (события 1960 г.), 9 цифровых записей для цунами 2010 г. предоставлены Институтом морской геологии и геофизики ДВО РАН, часть материалов – Институтом океанологии РАН. По мареограммам оценивался период волн, времена добегания и характер колебаний. Существует вероятность, что показатели абсолютных высот волн при цунами 1960 г. были занижены из-за технических особенностей тогдашних мареографов. Кроме того, в ряде случаев данные о реальной высоте волны невозможно было зафиксировать из-за зашкаливания самописца мареограф. Иногда были расхождения между результатом моделирования и записями мареографов из-за отсутствия данных о точном местоположении мареографов.

По итогам проведенной работы получены следующие выводы:

1. Результатом проведенного моделирования является детальное распределение максимальных амплитуд волн цунами от землетрясений 1960 и 2010 гг., в том числе для труднодоступных мест, где отсутствуют данные по заплескам и данные мареографов. Максимальные амплитуды отмечались на восточном побережье Камчатки (до 7 метров для 1960 г. и до 0.8 метра для 2010 г.), а также на побережье Курильских островов (до 4.7 м для 1960 и до 1.1 метра для 2010 г.).

2. Данные численного моделирования волн цунами 1960 г. имеют очень близкие значения к наблюдаемым данным, среднеквадратическая ошибка около 0.3 м. Для события 2010 г. модель занижает амплитуды цунами примерно в 2 раза.

3. Амплитуда волн цунами от чилийских землетрясений на юго-западном побережье Камчатки достигала 1.4 м, тогда как на северо-западном побережье – 0.4 м.

4. На северном побережье Охотского моря наибольшая амплитуда получена для района Магадана (ГМС Ушки: до 1.7 м, 1960 г. и до 0.4 м, 2010 г.), в то время как на побережье Хабаровского края амплитуда не превышала 0.3 м для 1960 года и 0.1 м для 2010 г.

5. Амплитуды волн цунами 1960 и 2010 гг. по результатам численного моделирования имеют близкие значения на побережье Хабаровского края.

6. Воздействие волн цунами 1960 и 2010 гг. на российское побережье Японского моря было минимальным (амплитуды менее 0.2 м), что подтверждается как литературными данными, так и результатами моделирования.

7. Модель с придонным трением, в целом, дает более близкие результаты к натурным данным, однако для события 2010 г. (в случае экстремальных значений) модель с трением по Маннингу показывала результаты, более близкие к натурным данным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fine I. V., Kulikov E. A., Cherniawsky J. Y. Japan's 2011 tsunami: Characteristics of wave propagation from observations and numerical modelling // *Pure and Applied Geophysics*. 2013. V. 170. P. 1295-1307.
2. Okada Y. Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space // *Bulletin of the seismological society of America*. 1985. V. 75. №. 4. P. 1135-1154.

УДК 550.338.2

ИЗМЕНЕНИЕ ИОНОСФЕРНОГО КЛИМАТА НАД ВОСТОЧНОЙ СИБИРЬЮ ПО ДАННЫМ ДЛИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ИОНОСФЕРЕ

К.Г. Ратовский

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия
E-mail: ratovsky@iszf.irk.ru*

Для исследования изменения ионосферного климата над Восточной Сибирью были использованы длительные измерения на ионозондах вертикального зондирования ионосферы в Иркутске (52.3° с.ш., 104.3° в.д.). Длиннопериодные вариации параметров ионосферы обусловлены следующими факторами. В первую очередь – это изменения солнечной активности в солнечных циклах (период порядка 11 лет). Во вторую очередь – это изменения геомагнитной активности в солнечных циклах. В третью очередь возможно изменение ионосферного климата, проявляющееся в виде долговременного тренда повышения либо понижения электронной концентрации в ионосфере.

Исследуемым ионосферным параметром являлись среднегодовые значения максимума электронной концентрации NmF2 для дневного и ночного времени. Для учета влияния солнечной активности использовались среднегодовые значения индекса F10.7, а для учета изменения геомагнитной активности – среднегодовые значения индекса Ap. Период анализа соответствовал 66-летнему периоду ионосферных измерений (1955–2021 гг.), включающему в себя 6 циклов солнечной активности.

Первый метод выявления тренда был основан на множественной линейной регрессии NmF2 на F10.7, Ap и время. Регрессионный анализ показал, что основной вклад в долговременные изменения NmF2 вносит солнечная активность. Гораздо меньший вклад вносит изменение геомагнитной активности и эффект тренда, тем не менее вклад долговременного тренда превышает вклад геомагнитной активности. В результате регрессионного анализа был выявлен отрицательный тренд: в дневных условиях NmF2 уменьшается со скоростью $0.49 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ за 100 лет или на $0.32 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ за исследуемый 66-летний период. Относительно средних значений NmF2 за 66-летний период, скорость тренда составляет ~ 8 % за 100 лет или уменьшение на ~ 4 % за исследуемый 66-летний период. Для ночных условий был также выявлен отрицательный тренд: скорость тренда составляла $0.26 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ за 100 лет (или ~ 10 % относительно средних значений NmF2).

Второй метод выявления тренда был основан на анализе изменения коэффициентов простой регрессии NmF2 на F10.7 от цикла к циклу. В изменениях коэффициентов регрессии был выявлен отрицательный тренд. С использованием формулы простой регрессии NmF2 на F10.7 была произведена оценка вкладов трендов коэффициентов в тренд NmF2, которая для дневных условий составила $\sim 0.4 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ за 100 лет, что достаточно хорошо согласуется с оценкой, полученной на основе регрессионного анализа. Для ночных условий аналогичная методика дала скорость тренда $\sim 0.35 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ за 100 лет, что существенно превышает оценку, полученную на основе регрессионного анализа. Объяснение данного рассогласования требует дальнейших исследований. Выявленные отрицательные тренды качественно согласуются с предыдущими исследованиями ионосферных трендов [Bremer et al., 1998].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда No 22-17-00146, <https://rscf.ru/project/22-17-00146/>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bremer J. Trends in the ionospheric E and F regions over Europe // *Annales Geophysicae*. 1998. V. 16, № 8. P. 986–996.

УДК 551.435.31

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ МИКРОМАСШТАБНОЙ ЭРОЗИИ НА АБРАЗИОННО-ДЕНУДАЦИОННЫХ ПЛАТФОРМАХ

А.В. Уба

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: a.uba@imgg.ru*

Береговые платформы на скалистых берегах эволюционируют на протяжении тысячелетий. Причем измерение скоростей разрушения береговых платформ, является сложной научной задачей и осложняется неоднородностью и очень низкой скоростью эрозии зачастую (0.01–10 мм/год) - микромасштабная эрозия. Последние годы в мире активно используются несколько методик количественной оценки локальной микромасштабной эрозии прибрежных коренных пород, включая контактные методы: точечный измеритель микроэрозии (MEM) и улучшенную его версию — перемещающийся измеритель поперечной микроэрозии (TMEM), а также различные модификации автоматических бесконтактных измерителей, такие как лазерный сканер Свантессона (SLS), Метод с подвижной направляющей (TEB) и цифровая фотограмметрия (SfM) [Runjie et. al. 2022]. Различные методы применимы в узком кругу специализированных задач. Например TMEM позволяет получать субмиллиметровые точности измерений но на очень небольшой площади, порядка нескольких кв. см., TEB измеряет профиль рельефа длиной около 1.5 м с миллиметровой точностью, SLS с сопоставимой точностью измеряет матрицу высот на площади 40*40 см. SfM позволяет увеличивать точность измерений приближая съемочную аппаратуру к объекту и снимая меньшие площади или наоборот увеличивать площадь покрытия жертвуя точностью. Все бесконтактные методы плохо работают на увлажненной и плохо отражающей поверхности, что ограничивает их применение, например не получится получить данные на редко оголяющемся в отли в бенче. Достоинство контактных методов заключается в том что они не зависят от увлажненности, можно также модифицировать прибор для измерений затопленных поверхностей.

Ранее с 2016 по 2021 г мы проводили измерения методом SfM на косейсмически поднятом бенче в районе г. Невельск [Afanasev, Uba, 2022]. В зоне активного волнового воздействия были зафиксированы скорости разрушения до 6 см/год. Дальнейшие измерения были прекращены ввиду того, что край бенча опустился почти на 50 см, и даже в максимальные отливы уже недоступен для съемки (если не находится под водой то сильно увлажнен). планируется возобновление измерений и получение новых (сезонных) данных о разрушении бенча методом TMEM, как наиболее подходящим для данной задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yuan R., Kennedy D.M., Stephenson W.J., Finlayson B.L. The precision and accuracy of measuring micro-scale erosion on shore platforms // Marine Geology. 2022. Vol. 443. P. 106691. doi:10.1016/j.margeo.2021.106691.
2. Afanasev V., Uba A.. Destruction of Rocky Coastes of Cold Seas. 2022. doi:10.1007/978-3-030-85851-3_27.

УДК 551.435.31

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПОЗИЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ГЕОСИСТЕМ

А.В. Уба

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: a.uba@imgg.ru

Современные технологии позволяют создавать высокоточные и детальные модели рельефа, что в свою очередь открывает новые возможности в понимании микрорельефа, эволюции рельефа в целом [Afanasev, Uba, 2023]. В зависимости от конкретной задачи, используются различные методы, основанные на GNSS-позиционировании. Это могут быть статический режим (Static), кинематика в реальном времени (RTK) или кинематика с постобработкой (PPK) [Нои et. al 2023]. Все эти методы позволяют определять координаты точечных объектов с точностью до нескольких сантиметров и даже точнее.

В последние годы также активно развиваются лидарная съемка и цифровая фотограмметрия как наземная, так и аэро, в том числе с использованием беспилотных летательных аппаратов. Методы имеют сопоставимую точность измерения точек снимаемого объекта, которая складывается из точности позиционирования съемочной аппаратуры (обычно RTK или PPK, 2–3 см), совмещенной с инерциальным устройством для авиасъемки, и RTK или Static для съемки с земли, и из точности самой измерительной аппаратуры (лидара или фотоаппарата, обычно 2–5 см) [Vu et. al 2023.] Оба метода часто используют совместно, поскольку фотограмметрия не позволяет определять точки рельефа под кронами деревьев или в траве, лидар, в свою очередь, эти точки определяет. Однако большинство лидаров не измеряют цвет точек и не позволяют получить ортофотопроецию или текстурированную модель объекта для идентификации отдельных элементов, данную задачу позволяет решить фотограмметрия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Afanasev V., Uba A. Abrasion-Denudation Cycle Levels as the Basis of Paleoreconstructions on Rising Coasts. 2023. doi:10.1007/978-981-99-6575-5_30.
2. Pengyu H., Jiuping Z., Teng L., Baocheng Z. Recent advances and perspectives in GNSS PPP-RTK // Measurement Science and Technology. 2023. Vol. 34. doi:10.1088/1361-6501/acb78c.
3. Quang N.V., Ha N. V., Le T., Hung V. A Comparative Study of UAV Lidar, UAV, and GNSS RTK on Infrastructure Survey // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2023. Vol. 1289. P. 012098. doi:10.1088/1757-899X/1289/1/012098.

УДК 551.524.3

УГЛЕРОДНЫЙ БАЛАНС ГИДРО-БИОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОБЕРЕЖЬЯ (ПРИМЕР САХАЛИНА)

А.Б. Фаустова, О.А. Кораблев

*Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: afaustova@yandex.ru*

Прибрежно-морские водно-болотные угодья (ПМВБУ) выполняют многие важные экосистемные функции. В данном типе природных экосистем в рамках биогеохимического цикла углерода углеродные соединения, в том числе из почв, растительного опада и других органических материалов, доставленные системами поверхностного стока из внешних областей питания (аллохтонный углерод), а также из отмершей местной галофитной (маршевой) растительности (автохтонный углерод), концентрируются, трансформируются и поступают на длительное захоронение (удержание) в составе вновь образуемых торфяно-глеевых почв новых участков суши, одновременно создавая условия для поглощения двуокиси углерода из атмосферы. Аналитический обзор мировых данных (более 200 источников) свидетельствует, что в силу солености прибрежно-морских водно-болотных геосистем (ПМВБГ) в них подавляются процессы метаногенеза, что позволяет им являться нетто-поглотителями парниковых газов.

Биогеоморфологические морфогенетические системы - особый тип геоморфологических систем, развитие которых определяет биогеоценоз - природная система функционально взаимосвязанных живых организмов и компонентов окружающей их абиотической среды, характеризующаяся определенным энергетическим состоянием, типом и скоростью обмена веществом и информацией. Гидро-биогеоморфологические системы характеризуются «накопительным» биогеохимическим типом литогенеза с «энергоемкими» физико-химическими свойствами. Это пресноводные и морские геоэкосистемы (эстуарно-лагунные, болотные, озерные и т.д.) где формируются органогенные энергоемкие отложения: сапропели, торф, янтарь. В своем развитии они проходят длительный путь от бассейна прибрежно-морского осадконакопления до аллювиально-морских равнин. В докладе рассмотрена роль геоморфологических условий для развития этих систем формирования, накопления, преобразования энергоёмких отложений. Также рассмотрены вопросы осадконакопления в лагунных акваториях о. Сахалин - прибрежных водно-болотных угодьях, общая площадь которых составляет здесь около 2200 км², а протяженность береговой линии – 2150 км [Afanas'ev et al. 2022; Afanas'ev, 2022]. Показано, что вертикальные скорости торфонакопления в эстуарно-лагунных биоморфолитосистемах достигают 3,5 см/год, а общий среднесуточный прирост маршей в Сахалинской области превышает 100 гектаров в год. В верхних 30 см разреза низкого марша лагуны Набиль содержание органического углерода составляет 35-40% (опробование по 5 см интервалам), а в различных подтипах торфяно-глееземов, имеющих мощность органогенной толщи менее 50 см, средние запасы углерода варьируют от 20.9 до 42.7 кг/м². При решении задач управления прибрежными водно-болотными угодьями путем их ускоренного программируемого формирования происходит слияние разнородных гидро-биогеоморфологических систем; поглощение и трансформация существующих и возникновение на их месте природно-антропогенных систем с унаследованными, или природоподобными свойствами и структурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Afanas'ev V.V. et al. Features of Organogenic Sedimentation Within the Coastal Zone of Aniva Bay //Conference on Physical and Mathematical Modeling of Earth and Environment Processes. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2022. С. 269-275.
2. Afanas'ev V.V., Faustova A. B. Sequestration of Organic Carbon in Salt Marsh Formations of Lagoons of Sakhalin // Conference on Physical and Mathematical Modeling of Earth and Environment Processes. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2022. С. 263-267.

УДК 551.46; 551; 550.4

ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ О. САХАЛИН В АВГУСТЕ 2023 Г.

А.О. Холмогоров, Н.С. Сырбу

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
E-mail: kholmogorov.ao@poi.dvo.ru*

Сахалинский регион представляет огромный интерес с позиций генезиса и экологической значимости природных газов осадочных бассейнов, скоплений подводных газогидратов, геотермальных и грязевулканических систем, газонасыщенных подземных вод и морских осадков. Целью работ являлось проведение комплексного газогеохимического исследования акватории центральной части восточного шельфа о. Сахалин. Проведено измерение концентрации растворенного в морской воде метана, гелия и водорода, а также впервые проведено измерение растворенного сероводорода.

Проведенные газогеохимические исследования на восточном шельфе о.Сахалин в широтном диапазоне 51-52° с.ш. в августе 2023 г. указывают на наличие интенсивных источников дегазации в районе исследований. Причем интенсивность возрастает с востока на запад, к побережью. Глубинный характер выделяемых придонными источниками газов подтверждается их компонентным составом.

Впервые проведенные в данном районе изучение растворенного сероводорода показало, что комплексное исследование распределения газов позволяет с высокой точностью выявлять источники дегазации, которые могут быть сопряжены с наличием залежей углеводородов.

Исследование содержания сероводорода в воде и осадках на шельфе Сахалина поможет лучше понять геологические процессы и особенности региона. Сероводород может быть индикатором наличия нефти и газа, а его распределение может свидетельствовать о возможности добычи природных ресурсов. Таким образом, это исследование поможет оптимизировать промышленную деятельность в этом районе и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Высокое содержание сероводорода в морских водах может привести к ухудшению качества воды и стать причиной массового гибели рыбы и других морских организмов. Повышение содержания сероводорода может привести к серьезной экологической катастрофе и длительным последствиям для морской экосистемы.

Также сероводород может представлять угрозу для здоровья человека. Это особенно актуально для работников нефтедобычи и других промышленных предприятий, которые заняты на шельфе Сахалина.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-77-10038

УДК 551.3

СРАВНЕНИЕ АКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСА КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОДАХ НА ПОБЕРЕЖЬЕ КАРСКОГО МОРЯ И ОБСКОЙ ГУБЫ

А.А. Худяков, Е.С. Зырянова, Т.С. Мызникова, С.Н. Елохина

Гидроспецгеология, филиал «Уральский региональный центр», г. Екатеринбург, Россия

E-mail: katrin.zyrian@mail.ru

В Арктической зоне Уральского федерального округа активно протекают процессы изменения климата, становятся актуальными вопросы экологической стабильности и инженерно-геологической устойчивости инфраструктурных сооружений в условиях сплошного распространения многолетнемерзлых пород в осваиваемых регионах. Существенно затрудняют освоение территорий и несут угрозы жизнедеятельности человека опасные экзогенные геологические процессы (ЭГП), особенно криогенные.

Выявление и мониторинг опасных ЭГП и природно-техногенных явлений является одной из важнейших задач государственного мониторинга состояния недр Российской Федерации. Наиболее активно развиваются процессы термоденудации такие как: термоабразия, термоэрозия и термокарст. В научной литературе обозначена важность наблюдения за термоабразией, так как активность этого процесса оказывает наибольшее влияние на изменение береговых условий на территории полуострова Ямал. Например, в статье [Копа-Овдиенко, 2016] освещена проблема пространственной и временной изменчивости скоростей отступления берегов в зависимости от различных факторов. На полуострове Ямал мониторинг термоденудационных процессов (термоабразионных и комплекса гравитационных процессов) выполняется на пунктах государственной опорной наблюдательной сети (ГОНС) ЭГП: на геокриологическом полигоне Марре-Сале и участке Сеяхинский. Геокриологический стационар Марре-Сале расположен в западной части полуострова, в субарктической зоне (зона тундры) на берегу Байдарцкой губы, омываемой Карским морем, на территории одноименной полярной метеорологической станции. Участок Сеяхинский расположен на восточной части полуострова, в прибрежной зоне Обской губы, на территории с. Сеяха. На представленных участках довольно однородное геолого-криологическое строение отложений, где верхняя часть разреза сложена тонкозернистыми песками, а нижняя сильно- и малольдистыми супесчано-суглинистыми отложениями. На полигоне Марре-Сале наблюдения за опасными ЭГП осуществляются с 2008 года, на Сеяхинском участке - с 2020 года.

Стандартная методика мониторинговых работ на участках ГОНС ЭГП включает инженерно-геологическое обследование территории, аэровизуальные наблюдения, мобильное лазерное сканирование местности с квадрокоптера Geoscan 401 Lidar, а также геодезическую привязку опорных точек наблюдений. На основе фотограмметрических и лазерных данных сканирования осуществляется построение цифровой модели местности в программном обеспечении (ПО) Agisoft Metashape Pro и Кредо 3D Скан, а также выполняется геопространственный анализ в ПО QGIS и AutoCAD Civil 3D.

По результатам анализа материалов, полученных в конце летнего периода 2023 года, установлена средняя скорость отступления берега на активных участках. На полигоне Марре-Сале нижняя кромка отступает со скоростью 3,6 м/год, верхняя кромка - 1,4 м/год. На Сеяхинском участке соответствующие скорости составляют 0,98 и 1,2 м/год.

Выявленная более высокая активность развития термоденудационных процессов на западном побережье по сравнению с восточным побережьем полуострова Ямал, обусловлена воздействием морского климата, для которого характерны сильные штормы с приливами, которые увеличивают скорость развития термоабразионных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копа-Овдиенко Н.В., Огородов С.А. Особенности динамики термоабразионных берегов Байдарцкой губы Карского моря на современном этапе // Геоморфология. 2016. № 3. С. 12-21.

УДК 551.466

МЕТЕОЦУНАМИ 1 ОКТЯБРЯ 2018 Г. НА ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ: РЕГИСТРАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Г.В. Шевченко^{1,2}, А.В. Лоскутов¹, А.А. Шишкин¹

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

² *Сахалинский филиал ВНИРО, г. Южно-Сахалинск, Россия*

E-mail: shevchenko_zhora@mail.ru

Под термином «метеоцунами» обычно понимают интенсивные длинноволновые колебания, имеющие периоды, близкие к волнам цунами (основной диапазон от 5 до 40 минут) и сходный характер проявления, обусловленный, преимущественно, одинаковым процессом возбуждения резонансных колебаний в заливах и бухтах [Рабинович, Шепич, 2016]. Главное различие кроется в механизме возбуждения волновых процессов – обычные цунами обусловлены подводными землетрясениями, в то время как метеоцунами генерируются атмосферными возмущениями – быстро движущимися фронтами, шквалами, внутренними гравитационными волнами в атмосфере и т.д.

На побережье Курильских островов длинноволновые процессы метеорологической природы находятся в тени волн сейсмического происхождения, так как прилегающий к ним материковый склон является одной из самых сейсмоактивных зон в мире. В то же время регулярные наблюдения за колебаниями уровня океана, осуществляемые автономными регистраторами ИМГиГ ДВО РАН в бухтах о. Шикотан показали, что и метеоцунами могут представлять здесь серьезную опасность [Ковалев и др., 2017]. Один из наиболее ярких примеров такого рода был зарегистрирован 1 октября 2018 г.

Исходными данными для данной работы послужили записи придонного гидростатического давления, полученные в результате постановки регистраторов в бухтах Малокурильская, Отрадная и Димитрова на о. Шикотан, а также в порту Южно-Курильска на о. Кунашир. Привлекались также аналогичные записи в портах Кусиро и Ханасаки (о. Хоккайдо, Япония). Запись вариаций приземного атмосферного давления была также получена, когда один регистратор был включен для тестирования в помещении.

Наиболее ярко метеоцунами проявилось в порту Ханасаки (высота волны от подошвы до гребня 110 см) и в бухте Димитрова на океанском побережье о. Шикотан (188 см). Это самое значительное метеоцунами, зарегистрированное на Курильских островах. Опасные колебания наблюдались и в бухтах Отрадная (91 см) и Малокурильская (86 см). Также как и при сейсмических цунами, волновой процесс характеризовался резким вступлением и продолжительными, медленно затухающими колебаниями. Причиной этого явления стал атмосферный фронт, выраженный в резком скачке атмосферного давления (на 7 Гпа), сопровождавший быстро движущийся вдоль берега в северо-восточном направлении глубокий циклон (скорость около 110 км/ч).

Для изучения характера отклика уровня на подобные атмосферные процессы, было выполнено численное моделирование. В качестве внешнего воздействия задавался атмосферный фронт, двигавшийся вдоль Малой Курильской гряды в северо-восточном направлении. Скорость движения варьировалась от 80 до 120 км/ч. Было получено, что у побережья о. Шикотан как со стороны Тихого океана, так и Южно-Курильского пролива наблюдаются интенсивные колебания, которые усиливаются в бухтах за счет резонанса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев П.Д., Шевченко Г.В., Ковалев Д.П., Шишкин А.А. Метеоцунами на Сахалине и Южных Курильских островах // Вестник ДВО РАН. 2017. № 1. С. 79–87.
2. Рабинович А.Б., Шепич Я. Метеорологические цунами: что это такое? // Природа. 2016. № 1. С. 12–26.

УДК 551.466

**СЕЗОННЫЕ И МЕЖГОДОВЫЕ ВАРИАЦИИ
ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА В РАЙОНЕ
СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ**

Г.В. Шевченко^{1,2}, Ж.Р. Цхай¹, Д.М. Ложкин¹

¹ Сахалинский филиал ВНИРО, г. Южно-Сахалинск, Россия

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: shevchenko_zhora@mail.ru

Акватория, прилегающая к северным Курильским островам и юго-восточной Камчатке, имеет важнейшее промысловое значение. Здесь вылавливается значительное количество различных видов промысловых рыб – минтай, треска, палтусы, окуни, сайра, тихоокеанские лососи и т.д. По этой причине исследование особенностей гидрологического режима данной акватории, сезонной и межгодовой изменчивости океанологических условий представляет значительный интерес. В данной работе основное внимание уделено сезонной и межгодовой изменчивости термических условий в районе северных Курильских островов на основе материалов спутниковых наблюдений за температурой поверхности океана (ТПО). Проанализированы средние месячные значения ТПО в районе северных Курильских островов (в области, ограниченной координатами 47 – 52° с. ш. и 152 – 160° в. д.) за 1998-2022 гг., пространственное разрешение данных четверть градуса. Построены средние многолетние распределения ТПО для различных месяцев года. Показано, что на участке акватории от Четвертого Курильского пролива до о. Симушир с очень низкими значениями параметра (около 6°C и очень малыми амплитудами годового хода (около 3 °C)). Сезонные колебания характеризуются выраженным годовым ходом с максимальными значениями в августе и сентябре и минимальными в феврале-марте. Они хорошо описываются комбинацией годовой и полугодовой гармоник с амплитудами 4.9 и 1.1°C. Межгодовая изменчивость выражена в вариациях летних максимумов с периодом около 6 лет и устойчивой тенденции к повышению температуры в целом по району со скоростью около 1°C за 25 лет. Наиболее выражена эта тенденции в прилегающей части СЗТО в летний период. В области холодного пятна обратная ситуация, как и на ряде участков акватории Охотского моря, преимущественно зимой и весной. Расчет отклонений ТПО от средних многолетних значений показал, что в изучаемом бассейне формируются значительные аномалии, превышающие удвоенную величину среднеквадратического отклонения параметра в данной ячейке, причем на существенной части его акватории (в 10 случаях более 20% площади). Это говорит о том, что отклонения термического режима от средних многолетних значений в данном районе масштабны, они проявляются на значительной части района северных Курильских островов, и представляют поэтому серьезную опасность для обитающих здесь гидробионтов. При этом явно преобладают случаи аномально холодных условий.

УДК 551.466

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЗОН СУЩЕСТВОВАНИЯ СУТОЧНЫХ ШЕЛЬФОВЫХ ВОЛН ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ АЛТИМЕТРИИ

Г.В. Шевченко^{1,2}, А.Т. Цой¹

¹ Сахалинский филиал ВНИРО, г. Южно-Сахалинск, Россия

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: shevchenko_zhora@mail.ru

Захваченные шельфовые волны приливного происхождения суточной периодичности представляют собой весьма специфическое явление, во многом определяющее не только гидродинамику, но и гидрологию, и гидробиологию акваторий, на которых они существуют. Это связано с тем, что шельфовые волны, являющиеся разновидностью топографических волн Россби, представляют собой пару знаменующихся вихрей (меняющих свой знак каждые 12 часов) и характеризуются высокими скоростями течений при сравнительно небольших амплитудах колебаний уровня моря. Наиболее наглядным примером в этом отношении является северная часть северо-восточного шельфа о. Сахалин, от м. Елизаветы до зал. Лунский. Многочисленные исследования их проявлений, включая обусловленные ими вариации температуры и солености, интенсивный дрейфа льда и т. д. приведены в книге [Власова и др., 2008]. В работе [Шевченко, Романов, 2008] для определения характеристик суточных шельфовых волн в районе Северных Курил использовались данные спутниковой альтиметрии. Идентификация шельфовых волн основывалась на характерных мелкомасштабных вариациях амплитуд и фаз главных суточных волн O1 и K1, наблюдающуюся в зоне существования этих волн вдоль треков искусственного спутника Земли TOPEX/Poseidon (TP). В этой работе использовались данные за 1992–2002 гг., амплитуды и фазы приливных волн рассчитывались в каждой точке трека (расстояние около 6 км). Осенью 2002 г. орбиты спутника были смещены на половину межтрекового расстояния, а по исходным орбитам TP запустили ИСЗ Jason-1. Миссия TP продолжалась до осени 1995 г., данных за 3 года было достаточно для надежного определения параметров основных приливных волн. Это обстоятельство позволило более точно локализовать зону проявления суточных шельфовых волн. Это было сделано не только для шельфа северных Курильских островов, но и для Южных Курил, где бароклинные моды выявлены на шельфе островов Уруп и Итуруп в результате анализа траекторий дрейфтеров [Rabinovich, Thomson, 2001]. Проведенный анализ показал, что в данном районе существует не одна, а две пары вихрей чередующихся знаков, такая особенность, вероятно, выявлена впервые. Уменьшение длины шельфовых волн по сравнению с Северными Курилами было обусловлено наличием устойчивого и интенсивного вдольберегового течения Ойясио (за счет эффекта Доплера). Имеющиеся материалы инструментальных измерений в районе Южных Курил показали, что шельфовые волны являются причиной не только сильных суточных приливных течений, но и существенных вариаций температуры воды на глубине около 50 м, обусловленных вертикальным перемешиванием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власова Г.А., Васильев А.С., Шевченко Г.В. Пространственно-временная изменчивость структуры и динамики вод Охотского моря. М.: Наука, 2008. 356 с.
2. Шевченко Г.В., А.А. Романов Определение параметров приливных суточных шельфовых волн в районе северных Курильских островов по данным спутниковой альтиметрии // Исследование Земли из космоса. 2008. № 3. С. 76-87.
3. Rabinovich A.B., Thomson R.E. Evidence of diurnal shelf waves in satellite-tracked drifter trajectories off the Kuril Islands // Journal of physical oceanography. 2001. Vol.31. P. 2650-2668.

УДК 911.1;911.5;911.52

**МОДЕЛЬ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
И СОВРЕМЕННОЙ ЗАГРУЗКИ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОГО
БЕРЕГА КАСПИЙСКОГО МОРЯ (АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ СЕКТОР)**

Г.Н. Аббасова, И.Ф. Гулиев

*Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан
E-mail: gyunayabbasova0022@gmail.com*

Установлено, что более 50-60% природных комплексов большинства предгорий и низменностей нашей республики, более 70% наклонных равнин и приморских низменностей были преобразованы в резко измененные садово-плантационные, селитебно-огородные, агроиригационные, а отчасти и посевные комплексы. В горно-лесных, кустарниково-степных, равнинно-лесных, лесостепных, полупустынных ландшафтах формируются различные генетические типы этих комплексов. Разнообразие почвенного покрова, литологический состав горных пород, уровень грунтовых вод, степень минерализации, интенсивность орошения повышают генетические типы этих комплексов, усложняют их морфологическую дифференциацию. Коренные трансформированные комплексы широко распространены в средне- и низкогорье, на предгорных наклонных равнинах, в центральной низменности и в приморских низменностях. В среднегорье эти виды комплексов охватывают очень небольшие территории, отличающиеся главным образом линейными ареалами. Например: дороги, овраги антропогенного происхождения, овраги, карьеры и т. д. Сюда же относятся агроландшафты полностью обезлесенных территорий, коренным образом измененные территориальные единицы равнинных лесов, лугово-болотных угодий, степей, сухих степей, полупустынь. Их карбонатные лесные-бурые, серо-бурые, серо-луговые почвы в связи с орошением и интенсивной обработкой заменяются серо-бурыми, лугово-серыми, лугово-бурыми почвами. В этих комплексах процессы почвообразования, геохимические, геофизические процессы, литологическая основа ландшафта, все биотические компоненты полностью изменяются или заменяются по содержанию новыми комплексами. При анализе характеристик группировки видно, что прибрежные районы Каспийского моря, являющиеся территорией нашего исследования, относятся к 5-й группе, то есть к принципиально трансформированным комплексам. Антропогенная трансформация и современная загрузка природных ландшафтов-это естественная структура, получившая широкое развитие в наше время. Современные природно-антропогенные ландшафты Азербайджанской Республики распределяются в соответствии с законом вертикального пояса. Полупустынные, сухие степные, ксерофитные кустарниковые, засушливые редколесно-кустарниковые комплексы Апшеронской, Ленкоранской и Самурско-Девичинской низменностей, Прикуринской и предгорные наклонные равнины, широкие речные долины заменены с интенсивно используемыми разнообразными антропогенными, техногенными комплексами, городскими агломерациями с большим ареалом и другими селитебными ландшафтами. Антропогенез природных ландшафтов на этих территориях превышает 0.6 (в некоторых случаях встречается до 0.9). В лугово-кустарниковых, лесостепных, лесных ландшафтах низкогорья, выравненных плато сложились агроландшафты, селитебные комплексы, связанные в основном с земледелием, животноводством. Антропогенез в этих ландшафтах достигает 0.2-0.5. Но антропогенная трансформация типов, подтипов, видов природных ландшафтов имеет максимальный показатель. Так, здесь, не менее 50-60% лесов на самом деле превратилось в производные, считавшиеся естественными - луговые, лесокустарниковые и др. ландшафты.

В лесных в среднегорье, постлесных луговых, лесо-кустарниковых и т. д. комплексах формируются агроландшафты с относительно слабой устойчивостью. Основные ландшафтные единицы не подвергаются регулярному воздействию сельского хозяйства. Антропогенез менее 0.2-0.3. Сезонно используются субальпийские и альпийские луга высокогорья. Они не устойчивы к нестабильным антропогенным нагрузкам и обладают плохой устойчивостью.

УДК 550.47; 579.266

АНАЭРОБНЫЕ МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА В ПОДПОВЕРХНОСТНЫХ ГОРИЗОНТАХ ДОННЫХ ОСАДКОВ КАРСКОГО МОРЯ, ИХ РОЛЬ В КЛЮЧЕВЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛАХ И СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ К ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

А.Л. Брюханов^{1,2,3}, В.С. Севастьянов², М.Д. Кравчишина³

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

² Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, г. Москва, Россия

³ Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

E-mail: brjuchanov@mail.ru

С помощью высокопроизводительного секвенирования фрагментов гена 16S рРНК был изучен филогенетический состав микробных сообществ в донных осадках Карского моря, отобранных в ходе 89-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в сентябре 2022 г. Показана связь различных групп анаэробных микроорганизмов с биогеохимическими процессами круговорота углерода, серы и азота. Концентрация метана в верхних (0-2 см) окисленных горизонтах донных осадков составляла 0,02-0,04 мкМ и увеличивалась в подстиляющих (18-20 см) восстановленных горизонтах до 0,1-0,7 мкМ [Воропаев и др., 2023], достигая 7.24 мкМ на 65-см горизонте осадков в Байдарацкой губе. Концентрация сероводорода в восстановленных горизонтах составляла 6-153 мкМ.

На окисленных и подстиляющих восстановленных горизонтах донных осадков обнаружили хемолитотрофных архей семейства *Nitrosopumilaceae* (3.5-35.6% от всех чтений последовательностей гена 16S рРНК), осуществляющих окисление аммиака до нитрит-аниона и способных существовать в местообитаниях с низким содержанием кислорода. Среди строго анаэробных метаногенных архей на верхних восстановленных горизонтах преобладали представители порядка *Methanomassiliicoccales* (до 3.3%). Анаэробное окисление метана на этих горизонтах донных осадков осуществляют археи из групп ANME-2a-2c в консорциуме с сульфатредуцирующими бактериями (СРБ) из филума *Desulfobacterota*. Наибольшее количество строго анаэробных СРБ обнаружено на восстановленных горизонтах 18-20 см (до 17,4-27,6%). В этих же осадках детектировали некультивируемых СРБ из подгруппы Sva1033 отряда *Desulfuromonadales* (3.9-12.5%), способных к использованию серы и железа(III) в качестве акцепторов электронов. СРБ, относящиеся к семействам *Desulfovibrionaceae* и *Desulfobulbaceae*, ряд представителей которых обладает высокой аэротолерантностью благодаря наличию в клетках различных ферментов детоксикации активных форм кислорода [Brioukhanov et al., 2010], были обнаружены также на окисленных горизонтах (0-2 см, $E_h = 60-175$ мВ) донных осадков. Образующий СРБ H_2S может окисляться нитратредуцирующими бактериями из семейства *Sulfurovaceae*. Таким образом, биогеохимический цикл серы [Jørgensen et al., 2019] в донных осадках южной части Карского моря связан с анаэробным окислением метана и циклом азота, который включает окисление аммиака и денитрификацию, сопряженную с окислением сульфида в восстановленных горизонтах.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 20-17-00157 (<https://rscf.ru/project/20-17-00157/>).

ЛИТЕРАТУРА

1. Воропаев С.А., Севастьянов В.С., Душенко Н.В., Брюханов А.Л. Оценка потока метана со дна Карского моря // Доклады РАН. Науки о Земле. 2023. Т. 512, № 1. С. 138-142.
2. Brioukhanov A.L., Pieulle L., Dolla A. Antioxidative defense systems of anaerobic sulfate-reducing microorganisms // Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. Badajoz: Formatec Research Center, 2010. P. 148-159.
3. Jørgensen B.B., Findlay A.J., Pellerin A. The biogeochemical sulfur cycle of marine sediments // Frontiers in Microbiology. 2019. Vol. 10. P. 849-875.

УДК 556.314.082+553.411

СОДЕРЖАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАНУЧ (КАМЧАТКА)

Е.А. Вах, А.В. Ветошкина, Е.В. Горобейко

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
E-mail: Adasea@mail.ru

Детальные исследования редкоземельных элементов представляют собой новое направление гидрогеохимии и геоэкологии, имеющее актуальное значение для оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий. Основанием постановки исследований по данному направлению являются опубликованные в литературе в последние годы результаты детальных токсикологических исследований, проведенные в различных странах мира, которые однозначно указывают на то, что редкоземельные элементы относятся к группе высокотоксичных поллютантов. Они накапливаются в листьях растений, в плазме крови и в скелете живых организмов [Brouziotis AA, and el., 2022].

В настоящее время возрос интерес к исследованию поведения редкоземельных элементов в природных водах. Это обусловлено тем, что характер распределения редкоземельных элементов в водных средах определяется особенностями состава водовмещающих пород и, соответственно, для каждого природного источника является уникальным, что позволяет использовать данную группу элементов для идентификации техногенных источников загрязнения природных вод [Вах Е.А., 2014].

Для более тщательного исследования поведения группы РЗЭ был выбран уникальный объект, медно-никелевое месторождение Шануч. Месторождение расположено в юго-западной части территории Быстринского муниципального района Камчатского края, в 280 км на северо-запад от краевого центра - г. Петропавловск-Камчатского.

На данном объекте, можно рассмотреть все стадии формирования рудничных вод. Внизу исследуемой территории находится Шанучское болото, которое располагается в зоне воздействия горно-добычного участка и является геохимическим барьером для рудничных вод.

Рудничные воды, отобранные на выходе из штольни, по составу: сульфатные, магниевые-кальциево-натриевые, с общей минерализацией от 700 до 998 мг/л. Показатели pH вод колеблются от 5.11 до 7.28. Содержание Si варьируется 3.76 – 6.17 мг/л. характеризуются высокими концентрациями рудных элементов, максимальные содержания которых в растворенной форме достигает: Ni (от 46362–77058 мкг/л), Fe (4097–10140), Mn (1965–5662), Sr (283.8–495.8), Co (567 до 1187), Al (27.88–512.4), Cu (1.97–117.8), Zn (40.98–166), Ba (17.57–34.69), Li (17.64–36.86), Rb (19.04–32.84), U (0.36–24.18), Cs (2.73–4.41), Se (1.50–3.23), а также REY+Sc (1.7–46.9).

Исследования выполнены при поддержке гранта Российского научного фонда № 24-27-00304 «Влияние современного техногенеза на поведение РЗЭ в системе «вода-породные отложения» на примере Cu-Ni месторождения Шануч (Камчатка)», <https://rscf.ru/project/24-27-00304/>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brouziotis AA, Giarra A, Libralato G, Pagano G, Guida M and Trifuoggi M. Toxicity of rare earth elements: An overview on human health impact. Front. Environ. 2022. Sci. 10:948041. doi: 10.3389/fenvs.2022.948041.
2. Вах Е.А. Геохимия редкоземельных элементов в природных и техногенных водах юга Дальнего Востока России / Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т. 2014. 168 с.

УДК 550.424

ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БОЛОТНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ КОБАЛЬТО-МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАМЧАТКА)

А.В. Ветошкина, Е.А. Вах

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
E-mail: vetoshkina.alena@mail.ru*

В районах активной добычи полезных ископаемых главными «виновниками» изменений окружающей среды становятся техногенные процессы. Они начинаются ещё на этапе поиска и разведки месторождений и усиливаются в процессе их разработки. Добыча руды способствует усилению физико-химической эрозии, миграции химических элементов и их попаданию в природные воды, что в результате ведёт к значительным изменениям в геохимическом составе водоёмов. Характер этих изменений зависит от типа месторождения, гидрогеологических и ландшафтно-геохимических условий территории, а также от применяемой системы добычи, обогащения и переработки минерального сырья [Аржанова, 1990; Елпатьевский, 1993]. Вследствие природных гипергенных процессов разрушения Шанучского кобальто-медно-никелевого месторождения происходило еще до начала добычных работ, что обусловило перераспределение вещества руд и первичных ореолов в окружающем пространстве и привело к формированию вторичных геохимических ореолов (в почвах и рыхлых отложениях) и потоков рассеяния (в донных отложениях, взвеси и водах водотоков). [Григорян, 1985; Методические ..., 1993; Овчинников, 1991; Саэт, 1991]. Насыщение вод и почв Шанучского болота рудными элементами происходило за счет поступления вод руч. Ралли, который брал своё начало из снежников г. Верхняя Тхонжа и дренировал выходы на поверхность окисленных руд месторождения [Литвиненко, 2015]. После начала ведения горнодобывающих работ, русло ручья было отведено.

Питание болота происходит за счет временных водотоков, стекающих со склонов г. Верхняя Тхонжа, разгрузки подземных вод, а также шахтных вод, которые поступают самотеком с горизонта +300. Болото относится к олиготрофным болотам низинного типа, является проточным и в своей северной части разгружается в руч. Саматкин, который является притоком р. Шануч. Воды болота кислые сульфатные кальциево-магниевого типа, с минерализацией 1,0-1,2 г/л. Методами ИСП-МС и ИСП-АЭС выполненными в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН был определен химический состав вод, который показал весьма высокие концентрации рудных элементов. Так, концентрация Ni составляет до 98359 мкг/л, Fe до 6910, Mn до 7990, Sr до 413,9, Co до 1602, Al до 1909, Cu до 286,2, Zn до 145,7, Ba до 48,64, Li до 56,18, Rb до 30,40, U до 26,00, Cs до 5,33, до 3,35, а также по всем REY+Sc - 47,2–48,8. Таким образом, Шанучское низинное болото является геохимическим барьером для ряда металлов на пути миграционных потоков. Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 24-27-00304.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аржанова В.С., Елпатьевский П.В. Геохимия ландшафтов и техногенез. М.: Наука, 1990. 198 с.
2. Григорян С.В., Морозов В.И. Вторичные литохимические ореолы при поисках скрытого оруденения. М.: Наука, 1985. 238 с.
3. Елпатьевский П.В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. М.: Наука, 1993. 253 с.
4. Литвиненко Ю.С., Захарихина Л.В. Динамика эколого-геохимических изменений природных вод и почв на разных этапах освоения Шанучского медно-никелевого месторождения (Камчатка)// Вестник КРАУНЦ, 2015. № 3. Вып. № 27. С. 80-91.
5. Методические рекомендации по литохимическим методам поисков рудных месторождений по вторичным ореолам рассеяния. М.: ИМГРЭ, 1993. 191 с.
6. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 247 с.

УДК 582.29; 504.73; 504.5

ЛЕСНЫЕ НАСАЖДЕНИЯ ИЗ АБОРИГЕННЫХ ИЛИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ НА САХАЛИНЕ И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ. ОПРАВДАН ЛИ ВЫБОР?

И.И. Власова, А.В. Копанина

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: iivlasova@gmail.com*

В настоящее время Сахалинская область является экспериментальным регионом России, в котором реализуется климатический эксперимент по достижению углеродной нейтральности к 2025 году [Климатическая программа, 2021; 34-ФЗ, 2022]. Особое место среди ключевых мероприятий сахалинского климатического эксперимента, курируемых Правительством Сахалинской области, занимает устойчивое управление лесами и другими природными экосистемами Сахалина и Курильских островов. Леса и растительные компоненты островных ландшафтов являются естественными поглотителями и долговременными хранилищами углерода. Важнейшим направлением в лесной политике региона является сохранение лесов и их охрана [Климатическая программа, 2021]. В этом плане особую важность приобретают исследования, направленные на анализ функциональной роли древесных растений ценозообразователей в природных и искусственных экосистемах островов. Необходимо располагать данными о скоростях роста, предельных сроках жизни, возрасте и условиях формирования максимального объема кроны, а также об особенностях структурной организации транспортной углеродной системы таких древесных растений, которая обеспечивает адаптацию к стрессорам среды и первая реагирует на изменения условий жизни.

Почти вековой опыт ведения лесного хозяйства в Сахалинской области показывает, что наиболее эффективными в плане выполнения экосистемных функций, в том числе секвестирования углерода, а также обладающими высоким адаптивным потенциалом, являются древесные растения региональной флоры и некоторые представители арборифлоры Приморья и Камчатки. Учитывая, что наибольший углерод поглощающий эффект лесные сообщества, в том числе искусственные, достигают в средневозрастном диапазоне, а наивысший при формировании старовозрастных многокомпонентных сообществ с высокими значениями биологического разнообразия, необходимо особое внимание уделять выбору видов древесных растений, используемых для посадок. В этом плане негативный опыт введения в лесной фонд Сахалинской области более 50 лет назад сосны обыкновенной приобретает ключевую значимость в реализации мероприятий сахалинской климатической программы. Практика лесопосадок этого вида показала, что его можно применять крайне ограничено на Сахалине с тщательным изучением и подбором условий посадочных участков, что не эффективно для формирования лесных массивов [Власова, 2013].

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон РФ от 06 марта 2022 г. № 34 «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации».
2. Климатическая программа Сахалинской области на период до 2025 года, утв. Правительством Сахалинской области 21 ноября 2021 г. 60 с.
3. Власова И. И. *Pinus sylvestris* L. (Pinaceae) на Сахалине: морфология, анатомия и перспективы использования в лесовосстановлении / Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. 134 с.

УДК 574.3.017.32:551.577.38

ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ ЗАСУХА: ЭФФЕКТ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ У МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЛЕСНОЙ И ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОН ЮЖНОГО УРАЛА

Е.Б. Григоркина, Г.В. Оленев

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: grigorkina@ipae.uran.ru

Эффект последействия засух у мелких млекопитающих в первые два года практически не изучен, что связано с редкостью подобных экстремальных событий в нетипичных для них регионах.

В настоящей работе описан эффект последействия у грызунов в результате засухи в лесной (1975 г., Ильменский заповедник) и лесостепной (2010 г., Восточно-Уральский заповедник) зонах. Засуха 1975 г. была длительной: с апреля все лето не было дождей, отмечена гибель деревьев, возраст которых превышал 80 лет. Опасная атмосферная засуха 2010 г. была короткой, характеризовалась аномальной жарой с чрезвычайно высокими температурами и рекордно низкой суммой осадков.

В лесной зоне доминант – рыжая полевка (*Cl. glareolus*). В 1975 г. размножение зимовавших началось в апреле, на месяц раньше обычного, окончилось – в начале июля при полной блокировке полового созревания сеголеток; отмечена высокая смертность полевок летом и осенью [Оленев, 1981; Оленев, 2004]. К весне 1976 г. – небывалая депрессия численности. Эффект последействия на следующий год: 1) Задержка на месяц начала репродукции, несмотря на полную готовность животных обоих полов (вес тела – 20 г, вес семенников – 200-300 мг, утолщенные матки). 2) Удлиненный период размножения зимовавших, большее число пометов, большая продолжительность жизни. 3) Возрастной кросс в 1976 г. как механизм поддержания разнородности популяции. Восстановление нормального хода популяционных процессов в 1977 г.: короткая продолжительность жизни отдельных когорт, активное размножение сеголеток, завершение популяционного цикла фазой пика. Стабильная многолетняя динамика.

В лесостепной зоне доминант – малая лесная мышь (*S. uralensis*). В год засухи (2010) также смещение периода репродукции на месяц, размножение зимовавших и сеголеток весь сезон; впервые регистрация подснежного размножения [Григоркина и др. 2019]. Успешное выживание родившегося зимой молодняка и его активное участие в репродукции обеспечило рост численности популяции. Возрастной кросс в год засухи [Оленев Григоркина, 2016] – механизм сохранения разнокачественности. Эффект последействия в последующие годы: полное отсутствие других членов биотического сообщества в течение двух лет (до засухи их было 10), далее – упрощенный видовой состав (3–4 вида в разные годы). С 2010 г. – зимнее размножение *S. uralensis*. Стабильная циклическая динамика численности.

Таким образом, на примере модельных видов разной таксономической принадлежности и экологической специализации, населяющих разные зоны, показан эффект последствия экстремальных засух в нетипичных для них регионах.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН (№ 122021000077–6, № 122021000085–1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Оленев Г. В. Популяционные механизмы приспособлений к экстремальным факторам среды (на примере рыжей полевки) // Журн. общ. биол. 1981. № 4. С. 506-511.
2. Оленев Г.В. Функционально-онтогенетический подход в изучении популяций цикломорфных млекопитающих: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2004. 47 с.
3. Оленев Г.В. Григоркина Е. Б. Эволюционно-экологический анализ стратегий адаптации популяций грызунов в экстремальных условиях // Экология. 2016. № 5. С. 375-381.
4. Григоркина Е.Б., Оленев Г. В., Смирнов Н. Г. Зимнее размножение цикломорфных млекопитающих: от феномена к явлению // Доклады РАН. 2019. Т. 485. №. 5. С. 638-641.

УДК 57.045:608.2:620.4

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕДАЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

И.П. Дудченко, А.В. Кордюков

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: a.kordyukov@imgg.ru*

Доминирующее положение электроэнергетических систем, основанных на применении переменного трехфазного тока, обусловлено возможностями технологий конца XIX века в части преобразования (в частности – повышения или понижения) напряжения переменного тока с помощью низкочастотных (частотой 50-60 Гц) трансформаторов. Вместе с тем выбор данного диапазона частот с точки зрения ТРИЗ является выбором между плохим и ещё худшим вариантами. Опыт построения электроэнергетических систем показал, что использование передачи переменного тока для разделенных областей либо сильно затруднено, либо невозможно технически. Поэтому для связи электроэнергетических систем островов, прибрежных районов и даже попросту изначально несинхронизированных систем с середины XX века нашла применение передача постоянного тока.

Виды воздействия воздушных линий электропередач можно отнести к следующим группам.

1. Непосредственно строительство и эксплуатация – выделение полос отвода, сведение растительности и поддержание безлесного состояния. ЛЭП постоянного тока требует на 25-30 % меньшей ширины охранной зоны, что способствует непосредственному сохранению растительных сообществ.

2. Воздействие электромагнитных полей. Ряд исследований демонстрирует угнетающее воздействие высоковольтных ЛЭП переменного тока на экосистемы за счёт влияния переменных магнитных полей, которые не образуются в ЛЭП постоянного тока и оказывают существенно меньшее влияние.

3. Эффективность передачи электроэнергии. За счёт в целом большей эффективности передачи электроэнергии линиями постоянного тока на большие расстояния и меньших потерь возможно уменьшение потребления невозобновляемых источников энергии и уменьшение эмиссии углекислого газа в атмосферу.

4. В ЛЭП постоянного тока в отличие от ЛЭП переменного тока отсутствует опасность каскадного распространения аварии одной части энергосистем на другие, что существенно увеличивает устойчивость системы и минимизирует негативные последствия аварий как для общества, так и для окружающей среды.

Кроме того, допустима и практикуется не только воздушная, но и кабельная прокладка ЛЭП постоянного, что оптимизировать варианты пересечения с различными природными объектами (водоёмы, водотоки) способствует уменьшению экологических рисков.

Сахалинская область – единственный островной регион в составе энергетически развитой державы, в которой технологии передачи постоянного тока до сих пор не нашли применения. Переход на технологии передачи постоянного тока позволит оптимальным образом объединить энергосистему Сахалина с материком и использовать энергию ГЭС Зеи и Буреи, повысив устойчивость энергосистемы в целом и уменьшив негативное воздействие на окружающую среду, в том числе минимизируя использование невозобновляемых источников энергии и способствуя достижению углеродной нейтральности Сахалинской области. Теоретически такой переход позволит высвободить в Сахалинской области более 2 700 га площадей под ЛЭП с напряжением от 35 кВ, которые сейчас находятся в охранной зоне. На большей части этих площадей может быть проведено лесовосстановление.

УДК 58.082; 581.5

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ГЕРБАРИЯ ЛИШАЙНИКОВ ИНСТИТУТА МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ДВО РАН

А. К. Ежкин, В.В. Каганов

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: ezhkin@yandex.ru

Формирование гербария лишайников ИМГиГ ДВО РАН было начато в 2014 после проведения ряда комплексных экспедиций по Сахалину и Курильским островам. В основу гербария положены личные коллекции А. К. Ежкина и В. В. Каганова из сборов в Корсаковском, Невельском, Холмском, Ногликском, Тымовском, Поронайском, Курильском, Южно-Курильском и Северо-Курильском районах, а также в административном округе «города Южно-Сахалинск». Особое внимание при сборе лишайников было уделено исследованию ООПТ Сахалинской области. По отдельным таксономическим группам лишайников (*Bacidia*, *Caloplaca*, *Heterodermia*, *Megalospora*, *Pannariaceae*, *Rinodina*, *Usnea* и др.) проведена критическая обработка собранных образцов, выявлены ранее не приведенные для региона лишайники, описаны новые виды для науки [Galanina et al., 2018; Ezhkin, 2018; Gagarina, Ezhkin, 2020; Galanina, Ezhkin, 2019; Galanina et al., 2021. Gerasimova et al., 2018; Ezhkin, Davydov, 2024]. Значительный объем образцов лишайников был собран в местах проявления вулканической активности на Курильских островах [Galanina, Ezhkin, 2019; и др.]. На данный момент примерно 875 образцов смонтированы и хранятся в специально изготовленных гербарных шкафах и коробках, что составляет примерно 1/8 часть всего разобранного гербарного материала. Выявлено 305 видов лишайников, относящихся к 123 родам, 51 семейству и 22 порядкам. Из всех семейств по количеству видов больше всех представлено сем. *Physciaceae* (59 видов, 19,34%), сем. *Parmeliaceae* (52 вида, 17,05 %) и сем. *Cladoniaceae* (19 видов, 6,23 %). По родам по количеству видов больше всех представлен род *Rinodina* (25 видов, 8,2 %), *Cladonia* (19 видов, 6,23 %) и *Lobaria* (13 видов, 4,26 %). Гербарий ИМГиГ ДВО РАН (SAK) зарегистрирован в международной базе данных Index Herbariorum. Коллекции лишайников института доступны для изучения научными сотрудниками, аспирантами и студентами.

Работа выполнена при поддержке Гранта Правительства Сахалинской области от 2023 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ezhkin A.K. *Megalospora porphyritis* (Tuck.) RC Harris, a new record for Russia // *Botanica Pacifica*. 2018. Vol. 7. N 2. P.143-145.
2. Ezhkin A.K., Davydov E.A. *Fuscopannaria mediterranea* and *F. soledata* (*Pannariaceae*, lichenized Ascomycota), new records for the Far East of Russia // *Botanica Pacifica*. 2024. Vol. 13. N 1. P. 1-5.
3. Galanina I.A., Ezhkin A.K. The genus *Rinodina* in the Kuril Islands (Russian Far East) // *Turczaninowia*. 2019. Vol. 22. N 4. P. 5-16.
4. Gagarina L.V., Ezhkin A.K. To the study of the lichen genus *Usnea* (*Parmeliaceae*) in Kunashir Island (Sakhalin Region, Russia) // *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*. 2020. Vol. 54. P. 467-478.
5. Gerasimova J.V., Ezhkin A.K., Beck A. Four new species of *Bacidia* s.s. (*Ramalinaceae*, Lecanorales) in the Russian Far East // *The Lichenologist*. 2018. Vol. 50. P. 603-625.
6. Galanina I.A., Ezhkin A.K., Ohmura Y. The genus *Rinodina* (*Physciaceae*, Lichenized Ascomycota) of the Sakhalin Island (Russian Far East) // *Botanicheskii Zhurnal*. 2021. Vol. 106. N 2. P. 147-165.
7. Galanina I.A., Ezhkin A.K., Yakovchenko L.S. *Rinodina megistospora* (*Physciaceae*) in the Russian Far East // *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*. 2018. Vol. 52. N 1. P. 133-139.

УДК 574; 574.472

ЭПИФИТНЫЕ ЛИШАЙНИКИ ПРИРУСЛОВЫХ ЛЕСОВ ТЫМЬ-ПОРОНАЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ ОСТРОВА САХАЛИН

В.В. Каганов, А.К. Ежкин

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: vladimirkaganov@mail.ru, ezhkin@yandex.ru

Центральные районы острова Сахалин сильно освоены человеком, коренные лесные сообщества здесь практически полностью исчезли. Однако в поймах крупнейших рек Сахалина – Тымь и Поронай, а также их притоков можно найти участки с нетронутыми и малонарушенными пойменными лесами, которые остались здесь по причине своей низкой хозяйственной ценности, что делает их весьма интересными для сохранения и изучения. Участки с широколиственными породами деревьев в средней части о. Сахалин являются наиболее интересными, учитывая, что здесь проходит северо-восточная граница их распространения [Корзников, Ежкин, 2019]. Лихенобиота среднего Сахалина по причине географической удаленности также остается недостаточно изученной в отличие от южной части острова, где в последнее время были сделаны значительные дополнения для острова [Ezhkin, Schumm, 2018; Konoreva et al., 2018]. Исследования были проведены в летние месяцы 2017 – 2018 гг. в прирусловых участках в долинах крупнейших рек среднего Сахалина – Тымь и Поронай, а также их притоков – реки Ельная, Буюклинка, Белая и Пиленга. Здесь леса состоят в основном из лиственных деревьев – тополь Максимовича, чозения толочнянколистная, различные виды древесных ив, а также небольшие по площади формации широколиственных пород – ильмы японский и лопастной, ясень маньчжурский. По результатам исследований в районе Тымь-Поронайской низменности острова Сахалин был выявлен 121 вид лишайников, которые относятся к 59 родам, 22 семействам и 12 порядкам. Наибольшее количество видов принадлежит родам: *Lobaria* – 10 видов, что составляет 8.26 % от общего числа видов, *Peltigera* (7 видов, 5.79 %), *Phaeophyscia* (6 видов, 4.96 %), *Physconia* и *Ramalina* имеют по 5 видов (4.13 %). Семейства с наибольшим количеством видов: *Physciaceae* (19 видов, 15.7 %), *Parmeliaceae* (16 видов, 13.22 %), *Ramalinaceae* и *Lobariaceae* имеют по 15 видов, что составляет 12.4 %. По одному виду с участием в 0.83 % принадлежит семействам: *Didymiidae*, *Lecideaceae*, *Sphinctrinaceae*, *Xylographaceae*. Наибольшее количество принадлежит порядкам: *Lecanorales* (37 видов, 30.58 %), *Peltigerales* (33 вида, 27.27 %) и *Caliciales* 24 вида, 19.83 %). По одному виду (0.83 %) отнесли к следующим порядкам: *Baeomycetales*, *Lecideales*, *Mycocaliciales*, *Stemonitida*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корзников К.А., Ежкин А.К. Ильмовые и ясеновые леса в долине р. Тымь на о-ве Сахалин // Бюл. Ботанического сада-института ДВО РАН. 2019. Т. 22. С.1-14.
2. Ezhkin A.K., Schumm F. New and noteworthy records of lichens and allied fungi from Sakhalin Island, Russian Far East, II // Folia Cryptogamica Estonica. 2018. Vol. 55. P. 45-50.
3. Konoreva L.A., Tchabanenko S.I., Ezhkin A.K., Schumm F., Chesnokov S.V. New and noteworthy lichen and allied fungi records from Sakhalin Island, Far East of Russia // Herzogia. 2018. Vol. 31. N 1. 276-293.

УДК 902/904; 930.85; 910

**«РЕЧНЫЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ» Л.И. МЕЧНИКОВА
И «РЕКИ-РУБЕЖИ» ДРЕВНИХ МИГРАЦИЙ
(ПО МАТЕРИАЛАМ НАЧАЛА ЖЕЛЕЗНОГО ВЕКА ЗАПАДНОГО ФЛАНГА
«ВЕЛИКОГО ПОЯСА СТЕПЕЙ»)**

М.Т. Кашуба

*Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия
Институт истории материальной культуры РАН, г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: mirra-k@yandex.ru*

Концепция географического детерминизма заложила фундамент геополитики, а многие положения применяются в современном научном дискурсе тех дисциплин, которые в силу природы своих источников находятся на стыке гуманитарного и естественно-научного знания. К таковым принадлежит археология [Бочкарев, 2020]. Археологи избегают прямых отсылок на строгую зависимость развития человеческих сообществ древности от окружающей среды, но без палеогеографии, палеоэкологии, геохимии и пр. невозможны современные междисциплинарные исследования. К трудам, не исчерпавшим своего исследовательского потенциала, относится книга Л.И. Мечникова «Цивилизации и великие исторические реки», вышедшая на русском языке чуть более 125 лет назад, первоначально в двух номерах петербургского журнала «Жизнь» (1897), затем отдельными книгами (1898, 1899), а наиболее полная версия дважды – в 1924 и 1995 г.

Исследование Л.И. Мечникова сосредоточено на водных ресурсах планеты, значение которых он показал через положение о речных, морских и океанических цивилизациях. Триада Мечникова может быть применена в интерпретации исторического процесса на примере археологических культур начала железного века на западе евразийских степей. Так, в конце II – I тыс. до н.э. река Днестр являлась восточной границей, которую достигли мигрирующие племена из Карпато-Подунавья, основавшие сеть укрепленных поселений. Днестр также был западным рубежом, до которого доходили кочевые культуры степи: ранние кочевники («киммерийцы»), скифы. По данным письменных источников в IV в. до н.э. Днестр являлся границей между двумя крупными этнополитическими массивами: в лесостепи жили геты, в степной части обитали скифы.

Значение реки-рубежа Днестр сохранял в течение всего I тыс. до н.э., выполняя миссию границы и области формирования геополитических событий на западном фланге евразийских степей. Археологические культуры начала железного века относятся к «речным»/«морским». Их носители имели прямой выход к «внутреннему» Черному морю и всей Циркумпонтийской зоне, получили доступ к новым технологиям и инновациям. Эти территории в II–I тыс. до н.э. были затронуты волнами миграций, а население оказалось в сфере влияния сообществ Карпато-Балканского региона и Средиземноморья, тем самым было вовлечено во взаимоотношения с морскими цивилизациями. Именно «речным/морским» характером археологических культур Днестровского бассейна можно объяснить ключевое значение их носителей в формировании в конце II тыс. до н.э. древнейшего очага железообработки в Северном Причерноморье [Kashuba, 2021], что явилось началом железного века в Восточной Европе.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ 22-18-00065 в РГПУ им. А.И. Герцена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочкарев В.С. Археология на перекрестке гуманитарного и естественнонаучного знания // Археология восточно-европейского степи. 2020. Вып. 16. С. 5-22.
2. Kashuba M.T. From the Bronze Age to the Iron Age in the Northern Black Sea Region // Time and Materiality: Periodization and Regional Chronologies at the Transition from Bronze to Iron Age in Eurasia (1200–600 BCE). Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf, 2021. P. 361-381.

УДК 574.24/.64 + 576.385.7/.8

ОДОРАНТ-ЗАВИСИМАЯ АКТИВИЗАЦИЯ ИММУННЫХ КЛЕТОК В ОБОНЯТЕЛЬНОМ ЭПИТЕЛИИ У РЫБ

И.В. Клименков, Н.П. Судаков

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
E-mail: iklimen@mail.ru

При разработке концепции безопасного развития экосистем одна из ключевых проблем состоит в поиске адекватных оценок степени токсичности химических агентов различной природы. Многие из используемых сейчас критериев токсичности не имеют высокой чувствительности и вследствие этого отражают более поздние по срокам, а отсюда и более глубокие нарушения физиологического состояния животных [Wolf, Segner, 2023]. В связи с такой постановкой проблемы изучение морфофункциональных повреждений обонятельного (ольфакторного) аппарата животных представляется одним из объективных подходов. Это обусловлено с тем, что он первым вступает в контакт с одорантами внешней среды и обладает к ним естественной высокодифференцированной чувствительностью [Glezer, Malnic, 2019].

По данным электронной микроскопии ольфакторный эпителий барбусов [Barbus tetrazona Bleeker, 1855] имеет свойственное для позвоночных строение и состоит из рецепторных клеток (жгутиковых и микровиллярных), опорных и базальных клеток. Клетки жгутикового типа имеют веретеновидную форму с вытянутым дендритом, вершина которых снабжена несколькими ресничками. Чувствительный отдел микровиллярных клеток содержит несколько пальцевидных выростов, не имеющих микротубулярного аппарата и базальных телец. Окрашивание обонятельной розетки *B. tetrazona* фаллоидином-Alexa Fluor 488 с помощью конфокальной микроскопии позволило выявить мелкие округлые (диаметр 1.2–1.3 мкм) контуры вершин рецепторных клеток, которые чередуются с более крупными (в среднем, 11х3 мкм) профилями опорных клеток эпителия. Установлено, что после суточного содержания рыб в воде с добавлением нетоксичной смеси аминокислот и пептидов (массовая доля – 0.0002 %) в ольфакторном эпителии наблюдалось повышение секреции со стороны бокаловидных и секреторных опорных клеток, а также инфильтрация эпителия клетками иммунной системы – лимфоцитами. Их тела диаметром 6.1–6.3 мкм с многочисленными микровыростами (1.2–1.7 мкм) обнаруживались на разных уровнях толщи эпителия. Существенная часть таких клеток располагалась непосредственно в апикальных участках эпителия, на границе с внешней средой. При двухнедельном воздействии данных веществ наблюдались также процессы программированной гибели клеток с образованием апоптотических телец.

Проведенная работа показывает, что как и токсичные вещества, естественные нетоксичные соединения при их повышенной концентрации при короткой, либо длительной экспозиции, приводят к деструктивным перестройкам в ольфакторном эпителии и запуску иммунных механизмов защиты. Полученные данные расширяют наши представления об адаптивных свойствах обонятельной системы животных к действию факторов внешней среды.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда No 23-24-00513, <https://rscf.ru/project/23-24-00513/> на базе центра коллективного пользования «Ультрамикроанализ» ЛИИ СО РАН (<http://www.lin.irk.ru/copp/rus/>).

ЛИТЕРАТУРА

1. Glezer I., Malnic B. Olfactory receptor function // *Handb Clin Neurol*. 2019. Vol.164. P. 67-78.
2. Wolf J.C., Segner H.E. Hazards of current concentration-setting practices in environmental toxicology studies // *Crit Rev Toxicol*. 2023. Vol. 53(5). P. 297-310.

УДК 582.29; 504.73; 504.5

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАПАСА И ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ
РУДИТАПЕСА ФИЛИППИНСКОГО RUDITAPES PHILIPPINARUM
В БУХТЕ ЛОСОСЕЙ ЗАЛИВА АНИВА**

Т.А. Кокорина, Р.Т. Гон

*Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: tatyana.kokorina02@mail.ru*

Приведены данные исследования ресурсов рудитапеса филиппинского в бухте Лососей залива Анива за период 2021-2023 гг. Представлена размерно-массовая характеристика и показатели обилия моллюсков.

Проведённые научно-исследовательские работы по рудитапесу показали существенную динамику состояния ресурсов. Исследования, выполненные за период с 2021 по 2023 гг. показали общую тенденцию к снижению удельных значений плотности и биомассы петушка, что привело к спаду его ресурсов (общей и промысловой биомассы). Возможно климатические условия, особенно аномально высокая температура поверхности моря в летний период 2021 г., оказали наибольшее влияние на состояние запаса, чем промысел, который в последние 3 года отсутствовал. Размерно-массовые характеристики не подвергались значительным изменениям. В целом, текущее состояние ресурсов рудитапеса оценивается, как нестабильное.

УДК 582.29; 504.73; 504.5

БИОИНДИКАЦИЯ ПРИРОДНОГО СТРЕССА В СТРУКТУРНОМ АНАЛИЗЕ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ УГЛЕРОДА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

А.В. Копанина

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: anna_kopanina@mail.ru*

Правительством Российской Федерации в соответствии с ФЗ № 34 от 06.03.2022 г. Сахалинская область определена пилотным регионом по реализации климатического эксперимента и созданию необходимых условий для внедрения технологий, направленных на сокращение выбросов парниковых газов, отработки методики формирования системы верификации, учета выбросов и поглощения парниковых газов. Особый интерес для анализа баланса потоков углерода в наземных экосистемах, сформированных древесными растениями представляют ландшафты грязевых и магматических вулканов, которые являются природными зонами естественной дефлюидизации Земли. Островные территории Сахалинской области (в составе субрегиона Северо-Восточной Азии) являются одним из уникальных регионов Земли, где природные системы сформировались и существуют в обстановке активных эндогенных процессов, а также в условиях циркуляции арктических и южно-азиатских воздушных масс, влияния северо-западной периферии Тихого океана и его северных морей. Эти процессы являются ключевыми для формирования растительности субрегиона и вносят существенный вклад в баланс углеродных потоков островных экосистем. Грязевой и магматический вулканизм, вступает ведущим моделирующим фактором для лесной, кустарниково-стланиковой и кустарничковой растительности. Под влиянием вулканической активности на Сахалине и Курильских островах образуется множество разнообразных экологических форм растений, в том числе деревянистых, адаптированных к повышенным концентрациям парниковых газов и почвенному засолению. Анализ структуры транспортных путей углерода у древесных растений (деревьев, кустарников, кустарничков), произрастающих в условиях вулканического стресса на субарктических островных территориях позволит оценить адаптивный потенциал этих растений и смоделировать их реакции на климатические изменения.

Ограничение доступности воды для древесных растений играет ключевую роль в реализации основных метаболических процессов – синтеза углеродной продукции в паренхиме листа и коре молодого стебля и ее транспорт по флоэме к акцепторным зонам, в том числе точкам роста и меристемам – феллогену и сосудистому камбию. В качестве связующего звена в распределении углеродной продукции (сахаров и производных макронутриентов) в растениях по маршрутам дальнего и ближнего транспорта, флоэма и сеть ее живых каналов – ситовидных трубок, находится в эпицентре механизмов, контролирующих распределение ресурсов в растении. Понимание функционирования флоэмы древесных растений - ценозообразователей, имеет огромное агрономическое и экологическое значение, в том числе в разрезе климатических откликов. Результаты наших исследований показали, что стрессовая вулканическая обстановка вызывает адаптивные изменения коры и, прежде всего, флоэмы - транспортной углеродной системы. Реакция флоэмы на засоление может иметь ключевое значение для прогноза времени выживания и способности к восстановлению древесных растений в условиях климатических изменений. Результаты имеют значение для понимания адаптивных возможностей деревьев, формирующих широко распространенные в Северо-Восточной Азии растительные сообщества, в условиях вулканического стресса и меняющегося климата Земли.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

УДК 504.062.4

**ФОРМИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ
НА ТЕХНОГЕННОМ ТОРФЕ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕРПЕНТИНОВЫХ ОТХОДОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
МОНИТОРИНГА В ТЕЧЕНИЕ ЧЕТЫРЕХ ЛЕТ**

**И.П. Кременецкая¹, М.В. Слуковская^{1,2}, А.Г. Петрова³, И.А. Мосендз^{1,2},
Т.К. Иванова^{1,2}, А.С. Сошина⁴, А.А. Чапоргина⁴**

¹ Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН,
г. Апатиты, Россия

² Лаборатория природоподобных технологий и техносферной безопасности Арктики Центра наноматериаловедения КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

³ Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия

⁴ Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия
E-mail: i.kremenetskaia@ksc.ru

Загрязнение природной среды промышленными выбросами является актуальной проблемой, основными загрязнителями обычно являются медь, никель, цинк, свинец и другие металлы, которые относят к группе тяжелых или потенциально токсичных металлов, представляющих опасность для здоровья человека. В зависимости от интенсивности и длительности антропогенной нагрузки загрязненные территории могут быть отнесены к зонам экологического риска, кризиса или бедствия.

Многолетний эксперимент по восстановлению растительности на участке с торфяной почвой с высоким уровнем загрязнения медью и никелем проводится в окрестностях г. Мончегорск (Мурманская обл.) с использованием серпентинсодержащих горнопромышленных отходов. Минеральный и химический состав отходов обуславливают целесообразность их применения для улучшения свойств техногенного торфа. Серпентиновые материалы обладают способностью: 1) вступать в реакцию нейтрализации с растворами кислот, 2) сорбировать металлы и 3) увеличивать содержание кальция и магния в почвенном растворе.

Укрупненные полевые испытания технологии рекультивации высокозагрязненного торфа методом создания насыпного слоя из серпентинсодержащих отходов показали, что сформированные искусственные фитоценозы хорошо развиваются в условиях импактной зоны металлургического предприятия, обладают высокой устойчивостью в суровых климатических условиях Арктической зоны. В продолжение предложенного подхода в настоящей работе использован способ, предусматривающий внесение серпентиновых материалов непосредственно в торф и высаживание растений на подготовленную почвосмесь.

В работе использовано три вида серпентиновых продуктов. Первые два, названные пироксеновым и вермикулит-лизардитовым продуктами, отличаются большим содержанием в первом из них примесных минералов, преимущественно пироксенита. Третий материал получен термоактивацией вермикулит-лизардитового субстрата. Результаты четырех лет мониторинга показали, что внесение серпентиновых материалов нейтрализует избыточную кислотность, что, как показали результаты четырехлетнего мониторинга, является основным фактором, воздействующим на биологическую продуктивность искусственных фитоценозов (биомассу растений).

Статистическая обработка данных о химическом составе форм нахождения элементов в почвосмесях (водорастворимой и доступной для растений), а также значений pH и модуля токсичности в совокупности с характеристиками функционального разнообразия микроорганизмов – оценкой физиологического профиля на уровне сообщества (CLPP), базального дыхания и индекса функционального разнообразия Шеннона — выявила два основных фактора, определяющих состояние экосистем, сформированных в результате внесения серпентиновых материалов в техногенный торф. Первым является фактор токсичности почвосмесей, вторым – фактор минерального питания.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 21-77-10111.

УДК 551.8; 902; 504.5

АДАПТАЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ ДРЕВНЕГО НАСЕЛЕНИЯ В ЭПОХУ КРИЗИСА ПОЗДНЕГО БРОНЗОВОГО – РАННЕГО ЖЕЛЕЗНОГО ВЕКОВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

М.А. Кулькова

*Российский государственный педагогический университет им. А.И.Герцена, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: kulkova@mail.ru*

Кризис позднего бронзового века относится к одному из значительных событий в истории человечества, которое случилось около 3,2 ka cal BP (XII в до н.э.) [Kaniewski et al., 2013]. Первая кульминация аридизации относится к 3150 calBC/1150 calBC, второй пик датируется 2950 calBP/950 calBC. Изменение климата около 3.2 ka calBP/1200 calBC особенно сильно затронуло Восточное Средиземноморье, где оно способствовало краху передовых цивилизаций того времени – микенской, хеттской, ханаанской, аккадской и др. Среди многих факторов этого краха, одним из триггеров этих событий, является изменение климата [de Menocal, 2001]. Случившаяся в это время резкая аридизация климата привела за 150–300 лет к опустыниванию многих территорий, пригодных для сельского хозяйства.

Реконструкция климатических условий в степной зоне Северного Причерноморья на археологических памятниках позднего бронзового и раннего железного веков и озерных отложений методами геохимического, спорово-пыльцевого и радиоуглеродного анализа позволила синхронизировать климатические изменения с культурно-историческими событиями этого периода. Ухудшение климатических условий, связанных с аридизацией оказало негативное влияние на сабастиновскую и белозерскую культуры бронзового века понтийской степи, экономика населения которых была смешанной скотоводческо-сельскохозяйственной. Засушливые условия в период 3000–2950 calBP/1000–950 calBC привели к экспансии «киммерийцев» в понтийские степи от Северного Кавказа до Дуная [Кашуба и Кулькова, 2023]. С западной стороны происходит распространение мобильных племен, связанных с гальштаттскими традициями Карпато-Дунайского бассейна. В то же время отмечаются изменения в стратегии ведения сельского хозяйства: традиционное скотоводческое хозяйство заменяется на кочевое скотоводство. В лесостепной зоне в бассейне Днестра и Дона в результате миграций были сформированы новые культуры со сложным типом хозяйства [Бочкарев, Кашуба, 2018], такая, как Чернолесская культура. Во время засушливого периода ранние кочевники разработали эффективный экономический цикл с сезонными миграциями в северную часть степных / южных лесостепных районов – летом и в южные степные районы вокруг Азовского и Черного морей – зимой. В это же время увеличивается потребление и культивация сельскохозяйственных культур, устойчивых к засушливым условиям.

Исследования проведены при поддержке РНФ (проект № 22-18-00065, <https://rscf.ru/project/22-18-00065/> «Культурно-исторические процессы и палеосреда в позднем бронзовом – раннем железном веке Северо-Западного Причерноморья: междисциплинарный подход» в РГПУ им. А. И. Герцена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочкарев В.С., Кашуба М.Т. Между бронзой и железом// Принципы и методы датирования в археологии (неолит — средние века). Санкт-Петербург. 2018. С. 55-77.
2. Кашуба М. Т., Кулькова М. А. Междисциплинарные исследования погребений ранних кочевников («киммерийцев») на западе «Великой степи» (обзор до 2020-х гг.)// Археологические вести. 2023. Т.40. С. 200-220.
3. De Menocal P. B. Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene. Science. 2001. Vol. 292. P. 667-673
4. Kaniewski D, Van Campo E, Guiot J, Le Burel S, Otto T, et al. Environmental Roots of the Late Bronze Age Crisis. PLoS ONE. 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0071004.

УДК 574.64; 57.042; 574.24

ОЦЕНКА МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СИМЫ И КИЖУЧА ИЗ ОХОТСКОГО И ЯПОНСКОГО МОРЕЙ

А.В. Литвиненко^{1,3}, Д.Д. Данилин⁴, С.В. Горячев², А.В. Юрьев¹, И.В. Карпенко¹

¹ Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

³ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

⁴ Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
E-mail: litvinenko.av@bk.ru

Количество тяжелых металлов в органах и тканях тихоокеанских лососей зависит не только от геохимических особенностей провинции, в которой лососи кормятся длительное время, но и от напряженности антропогенной и техногенной нагрузки на акваторию пребывания. Сима (*Oncorhynchus masou*) является типично морским, не океаническим видом тихоокеанских лососей, проводящим определенное количество времени во время миграций и нагула в районе высококормной импактной зоны Курило-Камчатского района, служащей основным источником токсичных тяжелых металлов (Pb и Cd) для проходных лососей [Христофорова и др., 2019]. Сима из прибрежных вод юго-западного Сахалина во время нагула не покидает пределов Японского моря [Шунтов, Темных, 2008]. Это обеспечивает повышенное содержание Cu и Zn – свидетелей антропогенной деятельности, в органах и тканях симы из Японского моря. Повышенные концентрации в симах из Охотского моря Pb – свидетеля вулканогенной активности – обеспечены пребыванием лососей в нагульный период в импактной зоне Курило-Камчатского района.

Содержание микроэлементов в органах и тканях кижуча (*O. kisutch*), зашедшего в реку Большую п-ова Камчатка из Охотского моря, демонстрирует не только специфику геохимического района западной Камчатки, но и является отражением длительного пресноводного периода жизни этих лососей.

Концентрации токсичных микроэлементов в исследованных нами особях симы и кижуча из дальневосточных морей не превышают санитарных норм, предъявляемых к морепродуктам в РФ. Уровень строго регламентируемых токсичных металлов Cd и Pb в органах и тканях как симы, так и кижуча не превышает МДУ [СанПиН, 2002], в то же время значительно отличаясь по органам рыб.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 23-74-10032.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М.: Госкомсанэпиднадзор РФ. 2002. 156 с.
2. Христофорова Н.К., Литвиненко А.В., Цыганков В.Ю., Ковальчук М.В., Ерофеева Н.И. Микроэлементный состав горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792 из Сахалино-Курильского района // Биол. моря. 2019. Т. 45, №3. С. 447-452.
3. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Т. 1. Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. 481 с.

УДК 581.524.2(571.642)

АНАЛИЗ ИНВАЗИОННЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ОСТРОВЕ САХАЛИН

О.О. Ложникова

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: o.lozhnikova@imgg.ru

Чужеродные растения, которые появляются на какой-либо территории, затем внедряются и натурализуются в естественных и малонарушенных растительных сообществах, вытесняя при этом аборигенные виды, становятся инвазионными. Попадая в благоприятные условия место-произрастания инвазионные виды могут быть достаточно агрессивными и расселяться с высокой скоростью, влияя не только на общее биоразнообразие местных сообществ, но и приводя к существенной трансформации природных систем и ландшафтов в целом [Миркин, Наумова, 2002; Биологические инвазии..., 2004; Виноградова и др., 2010 и др.].

На острове Сахалин в настоящее время произрастает по меньшей мере 324 вида чужеродных растений. Из них, согласно данным Черной книги флоры Дальнего Востока [Виноградова и др., 2021], для Сахалина указывается 95 инвазионных видов, однако не все приведенные таксоны полностью соответствуют критериям рассматриваемой категории растений. Так, на основе хорологического анализа и с учетом проведенных исследований, из списка указанной Черной книги нами на Сахалине выявлено 52 вида растений, особенности распространения и жизненной стратегии которых удовлетворяют критериям инвазивности. Из них агрофитами являются 7 видов: *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Pilosella aurantiaca* (L.) F.W. Schultz et Sch. Bip., *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Plantago major* L., *Phleum pratense* L., *Cerastium holosteoides* Fr. и *Spergula arvensis* L.

Наряду с агрофитами, на острове выявлено 32 вида эпекофитов, из которых наиболее распространенными являются *Achillea millefolium* L., *Arctium tomentosum* Mill., *Artemisia vulgaris* L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt. и др. К инвазионным видам, кроме агрофитов и эпекофитов, можно отнести также и группу колонофитов, которые активно размножаются в местах первоначального заселения и произрастания. Среди колонофитов было выделено 13 видов: *Campanula rapunculoides* L., *Solanum nigrum* L., *Echium vulgare* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Pastinaca sylvestris* Mill. и др.

Ряд видов, приведенных в Черной книге [Виноградова и др., 2021], встречается на острове Сахалин крайне редко, а численность их долгие годы остается неизменной, следовательно, включение их к инвазионной категории растений является не совсем обоснованным. К таковым, в частности, относится *Ambrosia artemisiifolia* L. для которой указан статус 1 (S1) для Сахалина. Растения этого вида были выявлены на острове в первый раз в 1975 году и почти за 50 лет не получили такого же распространения как, например, борщевик Сосновского (*H. sosnowskyi*), хотя инвазионный статус у них указан идентичный. Находки *A. artemisiifolia* на острове в настоящее время все еще остаются единичными, а ее распространение не выходит за пределы первичного места заноса, поэтому данный вид не соответствует указанному инвазионному статусу для Сахалина. Вместе с тем следует проводить мониторинг за распространением *A. artemisiifolia*, так как она является карантинным сорняком и аллергеном в других регионах Дальнего Востока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 436 с.
2. Виноградова Ю.К., Антонова Л.А. и др. Черная книга флоры Дальнего Востока: инвазионные виды растений в экосистемах Дальневосточного Федерального округа. М.: ТНИ КМК, 2021. 510 с.
3. Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л.В. 2010. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М. 512 с.
4. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Адвентивизация растительности в призме идей современной экологии // Журн. общ. биологии. 2002. Т. 63. № 6. С. 489-497.

УДК 581.527.7(571.642)

МОНИТОРИНГ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ЮГЕ САХАЛИНА

О.О. Ложникова

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: o.lozhnikova@imgg.ru

Адвентивные или чужеродные виды появляются на острове Сахалин в процессе интродукции и специального культивирования полезных растений, а также при непреднамеренном заносе семян. За последние 15 лет на острове было выявлено более 50 чужеродных видов растений. Ряд видов весьма активно распространяется за пределы первоначального места культивирования или заноса, а впоследствии натурализуются.

Так, произраставшие в черте г. Южно-Сахалинска и его окрестностях 7 чужеродных видов растений в последние годы распространились из мест своего первичного культивирования по югу Сахалина. В частности, *Galinsoga parviflora* Cav., *Glechoma hederacea* L., *Veronica filiformis* Sm., кроме Южно-Сахалинска, были выявлены в Долинском р-не. Из них *G. hederacea* и *V. filiformis* образуют довольно крупные группировки на территории г. Долинска. А *G. parviflora* несколько лет подряд отмечена в с. Углезаводске на индивидуальных участках, как сорное в посевах культурных растений. Новые местонахождения чужеродных видов *Inula helenium* L., *Lysimachia punctata* L. и *Ptarmica vulgaris* var. *multiplex* (P. Renault) DC. установлены на территории Корсаковского (г. Корсаков) Долинского (г. Долинск, с. Стародубское) и Углегорского (с. Краснополье) районов, где они произрастали в основном единично или куртинами по несколько особей.

Symphytum caucasicum M. Bieb., *Lamium maculatum* (L.) L. и *Rudbeckia laciniata* var. *hortensia* L.H. Bailey., изначально выращивались в культуре, но распространились за ее пределы по рудеральным местообитаниям. Ранее они произрастали лишь в Долинском р-не, затем были выявлены, как натурализовавшиеся, в Невельском (*L. maculatum*), Корсаковском (*S. caucasicum*) районах. А на территории г. Южно-Сахалинска встречаются все указанные три вида, как единично, так и небольшими группами.

В Углегорском р-не в 2018-2019 гг. было выявлено 2 чужеродных вида растений – *Leonurus quinquelobatus* Gilib. (с. Краснополье) и *Juncus tenuis* Willd. (г. Углегорск), которые произрастали по обочинам дорог, кюветам и пустырям. Из них *L. quinquelobatus* в последнее время проявляет высокую активность к распространению по нарушенным местообитаниям, образует монодоминантные заросли, активно цветет, достигая в высоту до 1,5 м. Наряду с этим известны места произрастания *L. quinquelobatus* и *J. tenuis* в г. Южно-Сахалинск и его окрестностях, а также в г. Долинск, Корсаков, Невельск и селах Сокол, Углезаводск.

Выявленные в 2012-2013 гг. среди трав, высеянных для рекультивации у пос. Пригородное (Корсаковский р-н), вблизи завода СПГ, *Lotus corniculatus* L. и *Medicago falcata* L., позже, в 2020 г. были отмечены на обочине дороги в с. Березняки и на разнотравном лугу в с. Сокол. Кроме этого, *L. corniculatus* в сообществе с *Centaurea jacea* L., который был зафиксирован впервые на окраине разнотравного луга в Тымовском р-не, были установлены нами в Макаровском р-не, у подножья хребта Жданко, среди трав, высеянных для рекультивации. *Centaurea jacea* обнаружен также вблизи п. Дальнее, по обочинам сельскохозяйственных полей, и в с. Углезаводск, единично, среди разнотравья.

Таким образом, многие чужеродные виды из мест своего первичного заноса активно распространяются на новые местообитания и натурализуются. Некоторые из рассмотренных видов, как представляющие угрозу, уже внесены в состав Черной книги флоры Дальнего Востока [Виноградова и др., 2021], в этой связи необходимо проводить дальнейший мониторинг за их распространением на острове Сахалин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Ю.К., Антонова Л.А., Дарман Г.Ф. и др. Черная книга флоры Дальнего Востока: инвазионные виды растений в экосистемах Дальневосточного Федерального округа. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2021. 510 с.

УДК 528.88; 528.44; 504.05

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ОТ АНТРОПОГЕННОГО СТРЕССА ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ТРАССЕ ТРУБОПРОВОДА «САХАЛИН-2»

В.А. Мелкий¹, Д.В. Долгополов², А.А. Верхотуров¹

¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

² ЗАО «Ай Ко», г. Москва, Россия

E-mail: vamelkiy@mail.ru

Во время строительства магистральных трубопроводов неизбежно воздействие на естественные ландшафты, которые приводит к их изменениям [1, 2]. Практика оценки текущего состояния объектов инфраструктуры трубопроводов позволяют заявлять о том, что в процессе работы целесообразно пользоваться материалами аэрокосмических исследований [3].

Растительный покров изучался на вдоль трассы трубопровода. Исследования проводились с использованием снимков территорий, где пролегает трасса трубопровода сканером OLI спутников Sentinel [4], а также данных цифровой аэрофотосъемки. Использование единого геоинформационного пространства трубопроводного транспорта, созданного на основе ГИС позволяет оценивать структуру распределения ландшафтной мозаики [5], устанавливать взаимосвязи между дефектами и источниками их возникновения, прогнозировать динамику протекающих процессов.

Ландшафтно-климатические условия территории, по которой проходит трасса трубопровода, оптимальны для произрастания елово-пихтовых лесов. Состав древостоев в период наблюдений существенно изменился в пользу молодых хвойных деревьев [6]. Применение космических снимков среднего пространственного разрешения позволило достаточно точно проанализировать состояние лесов вдоль трассы трубопровода по распределению вегетационного индекса [7]. Детальные исследования требуют применения беспилотных воздушных судов [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Братков В.В., Заурбеков Ш.Ш., Мелкий В.А., Вазарханов И.С. Геоэкология: Учебник. Сер. Бакалавриат и магистратура. Москва, Кнорус, 2021. 282 с.
2. Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения. Материалы Третьей национальной научно-практической конференции с международным участием. Технологические решения, геологическое строение, сейсмичность, аэрокосмический мониторинг, геодезическое обеспечение / Ред. А.С. Закупин, В.А. Мелкий, А. А. Верхотуров. Южно-Сахалинск, 2021. 108 с. DOI: 10.30730/978-5-6044483-0-4.2021-1
3. Долгополов Д. В. Моделирование объектов трубопровод. транспорта по данным дистанционного зондирования // Геодезия и картография. 2023. Т. 84 (5). С. 43–51.
4. Sentinel Online. European Space Agency (ESA). –<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions> (accessed 30 March 2024).
5. Долгополов Д.В. Теоретическое обоснование принципов формирования геопространственных моделей трубопроводных систем // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2022. Т. 66. № 5. С. 87–97. DOI: 10.30533/0536-101X-2022-66-5-87-97.
6. Верхотуров А.А., Мелкий В.А. Восстановление растительного покрова на участке трассы трубопровода проекта «Сахалин-2» в заказнике «Долинский» после завершения строительства // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Тезисы докладов IV Всеросс. науч. конф. с межд. учас. Южно-Сахалинск, 2021. С. 143.
7. Черепанов А.С. Вегетационные индексы. Геоматика, 2011. № 2. С. 98–102.
8. Wu B., Tang S. Review of geometric fusion of remote sensing imagery and laser scanning data // International Journal of Image and Data Fusion. 2015. V.6. No 2. P. 97–114. DOI: 10.1080/19479832.2015.1024175

УДК 581.9; 551.77

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ПАЛЕОРАСТИТЕЛЬНОСТИ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ В ПОЗДНЕМ КАЙНОЗОЕ

Б. Д.-Ц. Намзалова

*Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия
E-mail: namsab@mai.ru*

Вопросам развития растительности и климата позднего кайнозоя в целом Байкальского региона посвящено ряд работ [Безрукова, 2008; Безрукова и др., 2008; Белова, 1985; Решетова, Безрукова, 2018; Намзалова, 2021 и др.]. По результатам изучения донных осадков озера Котокель Е.В. Безруковой и др. [2008] получена детальная (50-200 лет), непрерывная, датированная методом AMS¹⁴C, запись динамики растительности, климата и альгофлоры Юго-Восточной Сибири и рассматривается на сегодня как опорный разрез для Забайкалья.

Нами проведены палинологические исследования разреза Харьяска и надпойменной террасы р. Джида.

Палинологический анализ проб в выделенных спектрах в верхней части надпойменной террасы р. Джида показал значительное преобладание травянистой растительности над древесной, с преобладанием полыни и маревых, что может свидетельствовать о сухо степной или степной растительности. Ниже по разрезу флористический состав растительности более разнообразен и соотношение пыльцы травянистых и древесных растений меняется. Более широкое распространение получает древесные породы с преобладанием ели и представителей сосновых.

Для уточнения некоторых моментов динамики растительности и флоры Забайкалья позднего кайнозоя необходимо исследование новых разрезов с привлечением и корреляцией комплекса данных по другим видам анализов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безрукова Е.В. Кривоногов С.К., Такахара Х., Летунова П.П., Шичи К., Абзаева А.А., Кулагина Н.В., Забелина Ю.С. Озеро Котокель – опорный разрез позднеледниковья и голоцена юга Восточной Сибири// Доклады РАН, 2008. Т. 420. №2. С. 248-253.
2. Безрукова Е.В. Палеогеография Прибайкалья в позднеледниковье и голоцене. Новосибирск: Наука, 1999. 128 с.
3. Белова В.А. Растительность и климат позднего кайнозоя юга Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. 160 с.
4. Решетова С.А., Безрукова Е.В. Растительность и климат Забайкалья в позднеледниковье и голоцене (по палинологическим данным). Чита, 2018. 192 с.
5. Намзалова Б.Д.-Ц. Палеорастительность в позднем плейстоцен-голоцене Западного Забайкалья (на примере разреза Харьяска-3) //Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике: мат-лы VI Всерос. молодежной науч. конф., посвящ. памяти академика Н.Л. Добрецова (23–27 августа 2021 г., Улан-Удэ – Горячинск). С. 71-72.

УДК 569.32; 551.87

МЕЛКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВОГО МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ КОЛОБКИ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

О.Д.-Ц. Намзалова

Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия
E-mail: ojunkanat@mail.ru

Мелкие млекопитающие позднего кайнозоя представляют собой надежную основу для палеогеографических реконструкций, используя в качестве временных реперов и индикаторов определенных климатов и ландшафтов прошлых эпох [Громов, Ербаева 1995, Агаджанян, 2008]

Новые данные по фауне мелких млекопитающих позднего кайнозоя Западного Забайкалья получены из местонахождения Колобки (N 51°43'35.8"; E 107°17'06.4") в Иволгинской впадине, в 4 км к юго-западу от с. Иволгинск. В разрезе четко прослеживаются два костеностных горизонта. В верхнем фаунистическом горизонте, представленном темно-коричневыми отложениями, выявлены костные остатки длиннохвостого суслика. В нижнем фаунистическом горизонте, установленном в слабо карбонатизированных, разнородных песках серовато-коричневого цвета выявлены многочисленные остатки полевки Брандта, остатки барабинского хомячка и даурской пищухи были немногочисленны.

Фауна мелких млекопитающих местонахождения Колобки по видовому составу близка с фаунами позднелайстоценовых местонахождений Забайкалья: Ошурково, Санный мыс, Малый Куналей, Студеное-2, Черемушки, Усть-Кяхта-17, Харьска 2 (слои 2 и 4) [Хензыхенова, 2003]. В фауне мелких млекопитающих этих местонахождений также преобладают обитатели открытых ландшафтов, среди которых доминировала полевка Брандта.

Видовой состав фауны показывает, что в Западном Забайкалье для ландшафтов конца позднего плейстоцена характерно широкое распространение открытых сухих полынных степей с участками полупустынь. На склонах гор встречались островные леса. Климат был сухим и холодным [Алексеева, 2005]. В голоцене произошло формирование современного облика климата и ландшафтов, что привело к исчезновению холодных полынных степей. Ареал полевки Брандта значительно сократился и отступил к югу и юго-востоку. В настоящее время ареал вида ограничивается территориями юго-восточного Забайкалья, центральной Монголии и северо-восточного Китая [Ербаева, 1976, Alexeeva et al., 2015].

Исследования выполнены при поддержке проекта АААА-А21-121011390004-6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян А.К. Мелкие млекопитающие плиоцен-плейстоцена Русской равнины. М.: Наука, 2008. 676 с.
2. Алексеева Н.В. Эволюция природной среды Западного Забайкалья в позднем кайнозое (по данным фауны мелких млекопитающих) / Ред. А.В. Додонов. М.: ГЕОС, 2005. 141 с.
3. Громов И.М., Ербаева М.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. С.-П., 1995. 520 с.
4. Ербаева М.А. Происхождение, эволюция и внутривидовая изменчивость полевки Брандта антропогена Западного Забайкалья // Труды Зоологического Института. – 1976. – Том 66. С. 107-116.
5. Хензыхенова Ф.И. Мелкие млекопитающие Байкальского региона в среднем неоплейстоцене - раннем голоцене: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Новосибирск, 2003. 23 с.
6. Alexeeva N, Erbaeva M, Khenzykhenova F., Lasiopodomys brandti in Pleistocene of Transbaikalia and adjacent territories: Distribution area, evolutionary development in context of global and regional events // Quaternary International 2015. Vol. 355. P. 11-17.

УДК 574.472 (571.642)

**ОСОБЕННОСТИ ОБИТАНИЯ БУРОГО МЕДВЕДЯ
В ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ЛАНДШАФТАХ ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА
«ВОСТОЧНЫЙ» (СРЕДНИЙ САХАЛИН)**

И.В. Никулина, Р.Н. Сабиров

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: irinkaeremenko@yandex.ru*

Природный заказник «Восточный» расположен в Смирныховском районе Сахалина, охватывает бассейны двух нерестовых рек Венгери и Пурш-Пурш, впадающих в Охотское море. Прибрежно-морские ландшафты, ограниченные узкой полосой морского побережья и приустьевыми участками рек, располагают жизненными возможностями, пригодными для обитания наибольшего количества видов животных заказника – около 60% от общего их разнообразия [Сабиров и др., 2017]. Прежде всего для бурого медведя здесь формируются особые условия существования, которые в целом определяют экологическую и этологическую структуру его популяций [Никулина и др., 2020].

С 2007 по 2023 гг. в приустьевых зонах рек заказника регулярно проводился учет бурого медведя в зависимости от динамики захода на нерест горбуши: на р. Пурш-Пурш регистрация зверей осуществлялась с использованием фотоловушек, а на р. Венгери – на основе визуальных наблюдений из стационарного пункта вблизи устья.

Исследования показали, что наиболее активно медведи используют прибрежные ландшафты в весенний период (май-июнь), а затем летом, в июле-августе, формируя наибольшие скопления вблизи приустьевых участков. В весенний период на побережье медведей привлекают выбросы моря: морская капуста, икра японского волосозуба, крабы, мойва, туши млекопитающих. Так, например, на выброшенной туше кита было отмечено одновременно до 13 особей бурого медведя, тогда как туши сивучей не привлекали особого внимания зверей. Кроме животной составляющей, в рационе медведей особое значение играет растительная пища, как в весенний, так и в летний периоды. Медведи активно поедают не только наземные, но и подземные части растений – осок, белокопытника, дудников, борщевика, иван-чая, временнокрыльника, хохлатки и некоторых других видов.

Наиболее высокие концентрации зверей в приустьевых зонах нерестовых рек наблюдаются с началом хода лососевых. При этом плотность популяций медведя меняется прямо пропорционально изменению численности горбуши в реках. Если в 2007–2016 гг. в устье рек насчитывалось от 3 до 10, то в 2017–2023 гг. численность медведей варьировала от 12 до 26 особей. Кроме этого, в 2007–2016 гг. медведи поднимались выше по реке уже в первой декаде августа и распределялись по ее притокам через 2–3 дня после массового захода рыбы, а на побережье выходили крайне редко. С 2017 по 2023 гг. увеличилась продолжительность пребывания животных в устье рек в среднем на 10–14 дней и длилась до сентября. В отдельные годы, в связи с малочисленными подходами горбуши или более поздними заходами их на нерест, рацион медведя в этот период постоянно пополнялся растительными ресурсами.

В устье р. Пурш-Пурш, где практически исключено присутствие человека, главным образом обитают взрослые и старые звери, а также крупные самцы. На р. Венгери доминируют более молодые особи и самки с медвежатами разных возрастов. Активность бурого медведя приурочена к утренним и вечерним часам, а при массовых подходах рыбы они держатся вдоль устья рек в течение всего светового дня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никулина И.В., Минервин И.Г., Мелкий В.А., Радченко А.В. Геоинформационное биогеографическое картографирование состояния островных экосистем по данным дистанционного зондирования Земли // Вестник СГУГиТ. 2020. Т. 25, № 1. С. 194–210.
2. Сабиров Р.Н., Сабирова Н.Д., Воронов Г.А. Современное состояние биоты природного заказника «Восточный» на острове Сахалин // Вестник ДВО РАН. 2017. № 1. С. 108–115.

УДК 58.072

ЛАВИНОЗАЩИТНЫЕ РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА МОРСКИХ БЕРЕГОВ ЮГА САХАЛИНА

Ф.А. Романюк¹, А.В. Кордюков^{1,2}, Е.Н. Казакова³

¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

² Сахалинский филиал Ботанического сада-института Дальневосточного отделения Российской академии наук, Южно-Сахалинск, Россия

³ Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: f.romanuk@imgg.ru

Облесение склонов как мера снижения ущерба от схода лавин имеет лучшее соотношение затрат и выгод по сравнению с исключительно техническими мерами защиты и меньшее воздействие на окружающую среду, а также более высокую способность адаптации к изменяющимся условиям [Albert et al., 2017; Nesshöver et al., 2017; Gasperl, 2014]. В то же время, специфика орографических и климатических условий, локальных флор и другие факторы среды обуславливают необходимость разработки уникальных стратегий [Çolak 2003; Heikkinen et al. 2002].

В данном докладе представлены предварительные результаты изучения лавинозащитной функции различных растительных сообществ береговых уступов на участке автодороги Невельск – Шебунино. Установлена особая роль древесной растительности на поверхностях морских террас для защиты от снегопереноса и формирования снежных карнизов на верхних краевых участках склонов, особенно характеризующихся относительно небольшими высотами (в пределах 100 м) и большой крутизной (45 и более градусов). Для отдельных участков определены основные лесообразующие и другие преобладающие породы древесных видов, которые потенциально могут быть использованы при облесении.

Выявлена неоднозначная роль зарослей бамбучка (*Sasa spp.*) в склоновых процессах. Гладкие зимнезеленые листья зарослей, проективное покрытие которых достигает 80–100%, способствуют формированию поверхности скольжения и сходу лавин даже на тех участках склонов, где снег способен удерживаться в зимний период и постепенно таять с наступлением весны. Заросли бамбучка также препятствуют естественному лесовозобновлению. В то же время, развитая система корневищ выполняет почвоудерживающие функции, уменьшая риск оползневых процессов. Почвоудерживающая роль бамбучка вкупе со способностью формировать сплошной покров на крутых склонах может быть рассмотрена как единственно возможная мера по закреплению на них нестабильных грунтов. Кроме того, рассмотрена возможность создания лесополос между транспортными магистралями и подножиями склонов небольшой высоты как дополнительный барьер на пути лавин малых объемов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Albert C., Spangenberg J.H., Schröter B. Nature-based solutions: criteria // Nature. 2017. Vol. 543, N. 7645. 315 p. <https://doi.org/10.1038/543315b>.
2. Çolak A. Effects of microsite conditions on scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in high-elevation plantings // Forstwiss Centbl. 2003. Vol. 122, N. 1. P. 36–46. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0337.2003.t01-1-20431.x>
3. Gasperl W. Schutzwald als Grundlage für den alpinen Lebensraum Naturgefahren und Schutzwald. // BFW Praxisinform. 2014. N. 34. P. 12–14.
4. Heikkinen O., Tuovinen M., Autio J. What determines the timberline? // Fennia. 2002. V. 180, N. 1–2. P. 67–74.
5. Nesshöver C., Assmuth T., Irvine K.N., Rusch G.M., Waylen K.A., Delbaere B., Haase D., Jones-Walters L., Keune H., Kovacs E., Krauze K., Külvik M., Rey F., van Dijk J., Vistad O.I., Wilkinson M.E., Wittmer H. The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective. // Sci Total Environ. 2017. N. 579. P. 1215–1227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>.

УДК 504.3; 574:528

ЛЕСА БАССЕЙНА РЕКИ УЛЬЯНОВКА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН

Р.Н. Сабиров

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: r.sabirov@imgg.ru

Река Ульяновка длиной 29 км берет свое начало со склонов Камышового хребта, впадает в залив Анива и является одной из крупных нерестовых водоемов на юго-востоке полуострова Крильон. Площадь водосборного бассейна составляет 112 кв. км, большая часть которого покрыта лесной растительностью. Исследование лесов района проводилось в 2008 и 2022 гг. стандартными методами [Сукачев, Зонн, 1961; Методы..., 2002].

Эта часть Сахалина при геоботаническом районировании острова [Толмачев, 1955] включена в подзону темнохвойных лесов с преобладанием пихты сахалинской (*Abies sachalinensis*). Однако масштабное промышленное использование лесных ресурсов в истекшем веке привели к существенной трансформации, а в отдельных районах и к полной элиминации зональных темнохвойных лесов [Sabirov, 2021]. Вследствие этого современный лесной покров в бассейне р. Ульяновка формируют в основном вторичные лесные сообщества, находящиеся на различных стадиях восстановительных сукцессий. Безусловно, наибольшее распространение на рассматриваемой территории получили каменноберезовые (*Betula ermanii*) леса. Они представлены как коренными сообществами, занимающими свой высотный пояс, так и производными вариантами каменноберезняков, преимущественно бамбучниковой группы типов леса. Последние встречаются на горных склонах всех экспозиций, на высоких террасах реки и берега моря, избегают лишь избыточно увлажненные, слабоаэрируемые экотопы. Во влажных участках, особенно в местах выклинивания грунтовых вод, а также вдоль горных речек и ручьев развиваются разнотравные и высокотравные каменноберезовые сообщества.

Зональные малонарушенные темнохвойные леса имеют здесь крайне ограниченное распространение, сохранились лишь в виде небольших фрагментов на наиболее труднодоступных участках. В составе древостоев этой формации преобладает пихта сахалинская, сопутствует ель аянская (*Picea ajanensis*), регулярно присутствует береза каменная, а иногда рябина смешанная (*Sorbus commixta*) и ряд других автохтонных видов.

Долинные леса с доминированием ив (*Salix udensis*, *S. schwerinii* и др.) и ольхи волосистой (*Alnus hirsuta*), как правило, размещаются по террасам и берегам р. Ульяновка, занимают в целом незначительную площадь. Они, находясь в периодически подтопляемой зоне, испытывают постоянное разрушающее действие водотоков и в этой связи выполняют очень важные защитно-регулирующие функции. Наиболее часто в этой формации встречаются разнотравные, хвощовые, осоковые и высокотравные типы леса.

В защищенных от холодных морских ветров участках, преимущественно на хорошо инсолируемых южных и западных склонах, формируются лесные сообщества с заметным участием широколиственных пород: бархата (*Phellodendron sachalinense*), диморфанта (*Kalopanax septemlobus*), ясеня (*Fraxinus mandshurica*), ильмов (*Ulmus laciniata*, *U. japonica*), клена (*Acer mayrii*) и др. В составе таких сообществ присутствует немалое количество неморальных видов, а также ряд лиан. Серьезным препятствием активному восстановлению зональных лесов района выступают заросли сазы (*Sasa kurilensis*).

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы изучения лесных сообществ. СПб: НИИХ СПбГУ, 2002. 240 с.
2. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
3. Толмачев А.И. Геоботаническое районирование острова Сахалина. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 80 с.
4. Sabirov R.N. The role of anthropogenic factors in forests transformation of Southern Sakhalin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Volume 946. — DOI: 10.1088 / 1755-1315 / 946/1/012044.

УДК 581.5 (571.64)

РЕДКИЕ ВИДЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В БАСЕЙНЕ РЕКИ УЛЬЯНОВКА (ЮЖНЫЙ САХАЛИН)

Р.Н. Сабиров, Н.Д. Сабирова

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: r.sabirov@imgg.ru

Бассейн реки Ульяновка в юго-восточной части полуострова Крильон занимает 112 кв. км. площади и в настоящее время покрыта лесной и луговой растительностью, а также зарослями сазы курильской (*Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino et Shibata). Заросли сазы (бамбука) распространены в этом районе весьма широко, возникли преимущественно на месте бывших гарей и вырубок зональных темнохвойных лесов. Луга здесь также имеют вторичное происхождение, в основном они локализованы по долинам р. Ульяновка и ее основных притоков. В растительном покрове в целом господствуют леса и представлены смешанными, елово-пихтовыми, ивово-ольховыми и каменноберезовыми формациями.

В лесных и луговых растительных сообществах, а также бамбучниках бассейна р. Ульяновка выявлено 19 редких видов растений, включенных в Красную книгу Сахалинской области [Красная..., 2019]: *Aralia cordata* Thunb., *Aralia elata* (Miq.) Seem., *Phellodendron sachalinense* (Fr. Schmidt) Sarg., *Brylkinia caudata* (Munro) Fr. Schmidt, *Cerasus sargentii* (Rehd.) Pojark., *Heloniopsis orientalis* (Thunb.) C. Tanaka, *Neottianthe cucullata* (L.) Schlechter, *Hydrangea petiolaris* Siebold et Zucc., *Diphylleia grayi* F. Schmidt, *Cardiocrinum cordatum* (Thunb.) Makino, *Ilex crenata* Thunb., *Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz., *Padus ssiori* (Fr. Schmidt) C. K. Schneid., *Paeonia obovata* Maxim., *Paeonia oreogeton* S. Moore, *Platanthera camtschatica* (Cham. et Schltr.) Makino, *Taxus cuspidata* Siebold. et Zucc. ex Endl., *Trillium smallii* Maxim., *Viburnum wrightii* Miq. Из них 10 видов занесены еще и в Красную книгу России [Красная..., 2008]. Преобладающая часть «краснокнижных» растений (17 видов) имеет третью категорию редкости – виды, сокращающие численность или ареал; *Aralia cordata* отнесена в четвертую, без угрозы исчезновения, категорию; а *Heloniopsis orientalis* – в первую категорию, или к таксонам, находящимся под угрозой исчезновения.

Основное количество редких видов растений произрастает во влажных экотопах, главным образом в долинных растительных сообществах. Здесь довольно регулярно, местами образуя заросли из 10-20 особей, встречается *Cardiocrinum cordatum*. К освещенным участкам долины реки приурочены группировки из *Aralia cordata*. Кроме этого, *A. cordata* произрастает вдоль дорог и в бамбучниках, формируя порой небольшие синузии. В долинных комплексах единично встречается также *Trillium smallii*, *Platanthera camtschatica*, *Neottianthe cucullata*, *Heloniopsis orientalis*, *Paeonia obovata*, *Padus ssiori*, *Viburnum wrightii* и др. Бархат (*Phellodendron sachalinense*), диморфант (*Kalopanax septemlobus*) и вишня (*Cerasus sargentii*) периодически появляются в составе разреженных древостоев елово-пихтовых, каменноберезовых и смешанных лесов, как правило, на инсолируемых южных и западных склонах. К елово-пихтовым лесам и другим теневым участкам лесных сообществ приурочен тис (*Taxus cuspidata*). А такие кустарники, как *Aralia elata*, *Viburnum wrightii*, *Ilex crenata* находят вполне приемлемые условия произрастания не только в лесных сообществах, но также и в зарослях бамбука. Анализируемые редкие виды растений являются представителями различных жизненных форм и эколого-ценотических групп, кроме древесных пород, они в основном встречаются в нижних ярусах растительных сообществ. Сохранение ценопопуляций редких видов растений, в условиях нарастающего антропогенного пресса на природные комплексы, является важнейшей проблемой современности. В этой связи создание особо охраняемой природной территории на юго-восточном побережье полуострова Крильон становится крайне актуальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красная книга Сахалинской области: Растения и грибы. Кемерово: ООО «Технопринт», 2019. 352 с.
2. Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. 885 с.

УДК 581. 5 (571.64)

РЕДКИЕ И ОХРАНЯЕМЫЕ ВИДЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ВО ФЛОРЕ Г. ЮЖНО-САХАЛИНСКА

Н.Д. Сабирова

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: n.sabirova@imgg.ru

В настоящее время г. Южно-Сахалинск с его многочисленными планировочными районами занимает весьма внушительную территорию, на которой располагаются городской парк, внутригородские зеленые насаждения, культурценозы, созданные из хвойных пород, включая и инорайонные, а также сохранившиеся фрагменты зональной растительности и восстанавливающиеся вторичные лесные сообщества. Флора, формирующаяся на указанных участках в условиях городской среды, несмотря на сильное антропогенное воздействие, остается достаточно богатой. Она охватывает не только аборигенные и адвентивные таксоны, но немалое количество редких и исчезающих видов сосудистых растений, включенные в Красные книги различных рангов.

Во флоре г. Южно-Сахалинска и его окрестностей выявлено 25 видов, включенных в Красную книгу Сахалинской области [Красная..., 2019]. Из них 15 видов: *Aralia cordata* Thunb., *Calypso bulbosa* (L.) Oakes, *Cardiocrinum cordatum* (Thunb.) Makino, *Cremastra variabilis* (Blume) Nakai, *Cypripedium macranthos* Sw., *Diphylleia grayi* F. Schmidt, *Hydrangea petiolaris* Siebold et Zucc., *Leptorumohra miqueliana* (Maxim. ex Franch. et Savat.) H. Ito, *Macropodium pterospermum* F. Schmidt, *Neottianthe cucullata* (L.) Schlechter, *Paeonia obovata* Maxim., *Platanthera camtschatica* (Cham. et Schltr.) Makino, *Taxus cuspidata* Siebold et Zucc. ex Endl., *Viburnum wrightii* Miq., занесены еще и в Красную книгу Российской Федерации [Красная..., 2008]. В таксономическом отношении среди «краснокнижных» видов лидируют представители семейства Orchidaceae, Rosaceae и включают по 4 вида. Они довольно регулярно встречаются в составе лесных фитоценозов. Большинство редких видов имеют третью категорию редкости (24 вида) и лишь один вид (*Leptorumohra miqueliana*) отнесен в первую категорию – Е [Красная..., 2008; 2019].

Безусловно, сохранение редких видов растений, при возрастающем антропогенном прессе, является трудной задачей. Наиболее эффективная охрана осуществляется в особо охраняемых природных территориях (ООПТ). В настоящее время на территории Южно-Сахалинского городского округа действуют 6 ООПТ, в основном памятники природы, где охраняется большая часть вышеуказанных редких видов. В частности, на территории памятников природы «Роща ореха маньчжурского» и «Структурно-денудационный останец «Лягушка»» охраняются по 6 редких видов; «Верхнебуреинский» – 10; «Высокогорья горы Чехова» – 14; «Южно-Сахалинский грязевый вулкан» – 8. А памятник природы «Популяция кардиокринума Глена» площадью 13,3 га, где сосредоточена высокая численность особей *Cardiocrinum cordatum*, специально была создана для сохранения этого вида. Кроме этого, значительное количество редких видов растений произрастает вне территории ООПТ. Такие виды, как *Aralia elata*, *A. cordata*, *Taxus cuspidata*, *Paeonia obovata*, *Cardiocrinum cordatum*, *Platanthera camtschatica* и некоторые другие весьма регулярно встречаются в различных растительных сообществах Южно-Сахалинского городского округа. Однако при строительстве дорог, создании новых жилых микрорайонов областного центра, а также горно-туристического комплекса «Горный воздух» и других инфраструктурных объектов техногенным преобразованиям подвергаются значительные площади местных ландшафтов, где встречается немалое количество редких видов растений. В этой связи сохранение «краснокнижных» видов является крайне актуальной и важной проблемой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. М.: ТНИ КМК, 2008. 885 с.
2. Красная книга Сахалинской области: Растения и грибы. Кемерово: ООО «Технопринт», 2019. 352 с.

УДК 581. 93 (571.64)

УРБАНОФЛОРА Г. ЮЖНО–САХАЛИНСКА

Н.Д. Сабирова

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: n.sabirova@imgg.ru

Город Южно-Сахалинск за свою более 140-летнюю историю развития превратился в весьма крупную агломерацию с общей площадью около 900 кв. км. В процессе формирования селитебной территории и соответствующей городской инфраструктуры были элиминированы огромные площади коренных лесов. Кроме этого, существенная трансформация исходной естественной растительности происходила во время активного сельскохозяйственного освоения и мелиорации прилегающей городу территории. При создании различных сельскохозяйственных и плодово-ягодных культур, а также озеленительных работах осуществлялся преднамеренный завоз значительного количества инорайонных видов растений. В результате этого современная урбанофлора г. Южно-Сахалинска включает не только аборигенные таксоны, но также множество видов, целенаправленно завезенных человеком или случайно занесенных на остров.

Автохтонная флора в основном сохранилась в пригородных лесах областного центра. Последние представлены из сохранившихся или восстанавливающихся участков темнохвойных лесов, культурценозов и производных сообществ, образованных березами (*Betula ermanii* Cham., *B. platyphylla* Sukacz.), рябиной (*Sorbus commixta* Hedl.), тополем (*Populus maximowiczii* A. Henry) и др. Кустарниковый ярус в этих сообществах хорошо развит, заметное участие принимают аборигенные виды: *Euonymus macroptera* Rupr., *E. sachalinensis* (F. Schmidt) Maxim., *Lonicera glehnii* F. Schmidt, *L. chamissoi* Bunge ex P. Kir., *Acer ukurunduense* Trautv. et Mey., *Ribes sachalinense* (F. Schmidt) Nakai, *R. latifolium* Juncz., *Rosa acicularis* Lindl., *R. amblyotis* C. A. Mey. и др. Травяной ярус в них включает немало видов высших споровых растений, особенно папоротников, а также злаков, осок и представителей семейств астровые, розовые и вересковые.

Современная урбанофлора г. Южно-Сахалинска, кроме аборигенных, включает более 50 интродуцированных видов деревьев и кустарников, которые успешно натурализовались. Наиболее часто среди них встречаются тополя, клены (*Acer negundo* L., *A. ginnala* Maxim., *A. platanoides* L.) и др. Ряд из них самосевом активно внедряется в парковые насаждения и пригородные леса [Сабиров и др., 2019]. Кроме этого, флора г. Южно-Сахалинска постоянно пополняется заносными видами. В настоящее время во флоре областного центра зафиксировано 374 заносных видов, относящихся к 65 семействам и 136 родам. Наибольшее число заносных растений отмечено в семействах астровые и включают 68 видов, мятликовые (42), бобовые (18) и норичниковые (12). Особую роль в составе флоры Южно-Сахалинска играют инвазионные виды, которые быстро распространяются по всем доступным биотопам, подавляя и вытесняя аборигенные виды. К наиболее опасным из них относятся борщевик (*Heracleum sosnowskyi* Manden.), ястребиночка (*Pilosella aurantiaca* (L.) F. W. Schultz et Sch. Bip.), сныть (*Aegopodium podagraria* L.) и др.

В целом в урбанофлоре г. Южно-Сахалинска и его окрестностей выявлено 994 вида сосудистых растений, что составляет 65,4% от флоры всего острова Сахалин [Баркалов, Таран, 2004]. Они относятся к 493 родам и 123 семействам, из которых высшие споровые представлены 35 видами из 20 родов и 11 семейств; голосеменные – 15 видами из 7 родов и 3 семейств; покрытосеменные – 924 видами из 466 родов и 109 семейств. Доля заносных и культивируемых видов в общем составе урбанофлоры составляет 38%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркалов В.Ю., Таран А.А. Список видов сосудистых растений // Растительный и животный мир острова Сахалин. Владивосток: Дальнаука, 2004. Ч. 1. С. 37– 66.
2. Сабиров Р.Н., Сабирова Н.Д., Ложникова О.О. Адвентивные виды сосудистых растений во флоре г. Южно-Сахалинска и его окрестностей // Вестник сахалинского музея. 2019. № 4. С. 54-66

УДК 551.321

ОПАСНОСТЬ СНЕГОПЕРЕНОСА ПРИ НИЗОВЫХ МЕТЕЛЯХ НА ТЕРРИТОРИИ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

М.С. Сергеев

*СКБ САМИ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: sergeevsnow@mail.ru*

На протяжении 3 зимних сезонов проводились исследования на участке возле села Новотроицкое [Сергеев, 2023]. Исследовались закономерности снегонакопления и снегопереноса в равнинных районах юга Сахалина. Были проведены измерения динамики высоты снежного покрова с помощью системы снегомерных реек (20 штук) расставленных на участке исследования с шагом 50 метров образуя вытянутый прямоугольник с длинной стороной, расположенной по направлению З-В.

Параллельно с этим на некоторых рейках были установлены метелемеры ЦПЗ-2 на разных высотах по 3 шт. с целью определения объёмов снегопереноса на разных высотах от поверхности. По общим убеждениям основная масса снега при низовой метели и во время позёмки переносится в первых 10 см над поверхностью [Дюнин, 1963], а именно по результатам некоторых авторов проценты переноса имеют следующие значения на высотах 0-4 см – 64%, 4-8 см - 32%, 9-12 см – 4% от общей массы [Методические..., 1973]. По имеющимся результатам с участка исследования за несколько сезонов значения процентов следующее: 0-3 см >85%, 4-7 см ~10-12% и 7-10 3-5%.

Для всего Сахалина были проанализированы метеоданные с метеостанций с 1966 года по настоящее время с целью получения данных о магистральных направлениях ветра. С помощью этих данных была отрисована карта с участками автомагистралей острова на которых возможны опасные инциденты во время снегопереноса при позёмке и низовой метели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюнин А.К. Механика метелей. Новосибирск: Изд. Со, АН СССР, 1963. С. 190-195
2. Методические рекомендации по зимнему содержанию автомобильных дорог в Казахстане. Мин. Авто Дорог Каз. ССР, 1973. С. 37-38
3. Сергеев М.С. Пространственно-временное распределение снежного покрова при низовых метелях в условиях юга Сахалина // Экологические системы и приборы. 2023. С. 3-5

УДК 574.24/.64 + 576.385.7/.8

**ДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КЛЕТКАХ ЖАБР У РЫБ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МИКРОЧАСТИЦ САЖИ:
ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ БИОИНДИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Н.П. Судаков, И.В. Клименков

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
E-mail: npsudakov@gmail.com*

Сажа – один из распространенных поллютантов, образуемых при неполном сгорании ископаемого топлива и биомассы. Попадая из атмосферы в водную среду, некоторые фракции сажи растворяются в ней [Li M. et al., 2019], что позволяет им взаимодействовать с гидробионтами. Растворенная сажа способна сохраняться в воде десятки тысяч лет и составляет около 10% растворенного органического углерода рек и 2% – океанов [Coppola A.I., Druffel E.R.M., 2016]. Методом лазерной конфокальной микроскопии изучено влияние суспендированных в водной среде микрочастиц сажи на изменения актинового цитоскелета, активность митохондрий, продукцию активных форм кислорода (АФК), интенсивность программированной гибели клеток (ПГК) и пролиферации в эпителии жабр у рыб. Эксперименты проводили на жемчужном гурами [Trichogaster leerii, Bleeker, 1852] и эндемике Байкала – каменной широколобке [Paracottus knerii, Dybowski, 1874]. С этой целью рыбу содержали в аквариумах с 0,005 г/л суспендированных микрочастиц сажи в течение 5 суток [Sudakov N.P. et al., 2023].

Окрашивание F-актина фаллоидином-Alexa 499 позволило установить, что при экспозиции с поллютантом в эпителии жабр происходят дегенеративные изменения: диссоциация актинового каркаса адгезивных поясков, формирование мелких и крупных глыбок или сплошной перинуклеарной зоны. Под влиянием частиц сажи в клетках жабр в 2,6 раз ($p \leq 0,05$) снижается объем, занимаемый функционально-активными митохондриями, а продукция АФК возрастает в 2 раза ($p \leq 0,05$) в сравнении с контролем. Выявление клеток с фрагментацией ДНК методом TUNEL показало, что воздействие микрочастиц сажи в 5 раз ($p \leq 0,05$) усиливает ПГК в жабрах. Анализ пролиферативной активности клеток, основанный на выявлении ядер, включивших BrdU, показал подавление пролиферации в 4 раза в сравнении с контролем ($p \leq 0,05$).

Таким образом, микрочастицы сажи на 5 сутки вызывают в клетках жабр дегенеративные изменения актинового цитоскелета, снижают активность митохондрий, повышают продукцию АФК, активизируют ПГК и подавляют пролиферацию клеток. Данные изменения будут ослаблять функции жабр у рыб и снижать их способность адаптироваться к изменениям окружающей среды. Полученные данные будут служить основой для формирования целостной картины механизмов токсического воздействия микрочастиц сажи на клетки различных организмов, а также для создания технологий биоиндикации данным поллютантом загрязнений и мониторинга состояния водных экосистем.

Исследования выполнены в центре коллективного пользования «Ультрамикрoанализ» ЛИИ СО РАН (<http://www.lin.irk.ru/copp/rus/>) при поддержке гостемы 0279-2021-0008.

ЛИТЕРАТУРА

1. Li M., Bao F., Zhang Y., et al. Photochemical Aging of Soot in the Aqueous Phase: Release of Dissolved Black Carbon and the Formation of IO₂. // Environ. Sci. Technol. 2019. Vol. 53. P. 12311-12319.
2. Coppola A.I., Druffel E.R.M. Cycling of black carbon in the ocean. // Geophys. Res. Lett. 2016. Vol. 43. P. 4477-4482.
3. Sudakov N.P., Chang H.M., Renn T.Y., Klimenkov I.V. Degenerative and Regenerative Actin Cytoskeleton Rearrangements, Cell Death, and Paradoxical Proliferation in the Gills of Pearl Gourami (Trichogaster leerii) Exposed to Suspended Soot Microparticles. // Int. J. Mol. Sci. 2023. Vol. 24. P. 15146.

УДК 581.522.5(571.64+571.66)

АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОРЫ И ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗ В ЛАНДШАФТАХ МОРСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ, МАГМАТИЧЕСКИХ И ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

А.И. Тальских, А.В. Копанина, И.И. Власова

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: anastasiya_talsk@mail.ru

Betula platyphylla Sukacz. и *Betula ermanii* Cham. – листопадные, однодомные, анемофильные деревья. Широко распространены в Северо-Восточной Азии. Популяции берез изучены в различных местообитаниях: среднегорьях, на морских побережьях, магматических и грязевых вулканов Сахалина, Курильских о-ов и п-ова Камчатка. Данные местообитания являются местами высокого природного стресса для которых характерно сильное закисление субстрата для магматических и защелачивание для грязевых вулканов, высокие концентрации в приземном слое воздуха оксидов азота, серы, горячих паров воды. В каждом из этих мест с 15 деревьев измерены возраст и высота деревьев, макропризнаки коры и древесины стволов с помощью сколов, кернов и спилов. Цель – изучение структурных особенностей коры и древесины, их ширины и скорости прироста, в стволах *B. platyphylla* и *B. ermanii* в контрастных экологических условиях.

В ходе исследования было выявлено, что в стрессовых природных условиях для берез свойственно уменьшение диаметров стволов и их ветвление; искривление и эксцентричность стволов; снижение высоты растений; значительное повреждение и деформации кроны [Тальских и др., 2021, 2022]. У *B. platyphylla* на стволах нами выявлены структурные прикорневые аномалии – капы и сувели [Тальских и др., 2022]. Реакция коры исследуемых зрелых и старовозрастных берез на усиление напряженности экологических факторов среды проявляется уменьшением её ширины и ежегодного прироста (в среднем в 1.5 раза) по сравнению с фоновыми условиями. У особей *B. ermanii* существенные изменения проявляются в условиях кальдеры вулкана Ксудач [Тальских и др., 2021], а у *B. platyphylla* – в условиях Охотского морского побережья, где годичный прирост коры уменьшается в 2 раза, по сравнению с нормой. В условиях газогидротермальных проявлений вулканов у молодых особей *B. platyphylla* (10–20 лет) годичный прирост коры увеличивается до 2,7 раза по сравнению с нормой, что, вероятно, связано с тем, что ежегодное нарастание коры у молодых особей идет интенсивнее [Тальских и др., 2022]. Годичный прирост древесины берез в условиях давления стресса имеет аналогичную тенденцию изменения, как и величина ежегодного прироста коры у старовозрастных особей. Наименьший годичный прирост древесины *B. ermanii* отмечен в условиях морского побережья о-ва Уруп (в 2 раза меньше) по сравнению с нормой [Тальских и др., 2021], а у *B. platyphylla* – в условиях кальдеры влк. Головинина (в 2,4 раза меньше) [Тальских и др., 2022]. Сокращение приростов древесины и коры сопровождается существенным изменением жизненной формы в стрессовых экологических условиях. Таким образом, анализ морфологических особенностей и показателей ширины, годичного прироста коры и древесины берез из различных экологических условий выявил наличие структурных различий, которые позволяют лучше понять механизмы адаптации деревьев к переменам в окружающей среде и выявить специфические реакции на действие стресса и изменения климата. Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН (121022500177-6).

ЛИТЕРАТУРА

1. Тальских А.И., Копанина А.В., Власова И.И. Структурные особенности коры *Betula ermanii* (Betulaceae) в ландшафтах морских побережий и активных вулканов Дальнего востока России. // Растительные ресурсы. 2021. Т. 57, № 2. С. 124-144.
2. Тальских А.И., Копанина А.В., Власова И.И. Особенности структурного отклика коры и древесины березы плосколистной (*Betula platyphylla*, Betulaceae) в ландшафтах морских побережий, магматических и грязевых вулканов Сахалина и Курильских островов. // Геосистемы переходных зон. 2022. Т. 6, № 4. С. 360-379.

УДК 910.27; 551.21; 574.42

АНАЛИЗ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЮЖНО-САХАЛИНСКОГО ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА ПОСЛЕ КРУПНОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ 2020 г.

К.А. Швидская, А.В. Копанина

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: qetrin89@mail.ru

Применение вегетационных индексов является распространенным методом исследования состояния растительного покрова и идентификации типов растительности, а также в области синдинамики. Наиболее популярным является индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Растительность, произрастающая на территории таких динамичных геологических структур как магматические и грязевые вулканы, постоянно находится в состоянии абиотического стресса, погибает вследствие их извержений и постепенно восстанавливается. При оценке масштабов влияния вулканической активности на растительный покров и скорости восстановления растительности целесообразно применение вегетационных индексов [Beselly, 2021; De Schutter, 2015].

Последнее крупное извержение Южно-Сахалинского грязевого вулкана (ЮСГВ), расположенного в южной части о-ва Сахалин, произошло в 2020 г., и оказало существенное влияние на окружающий его ландшафт. Грязевой поток уничтожил на своем пути всю луговую и древесную растительность и образовал объемную плотину в долине р. Алат, сократив дебит реки. Объект нашего исследования – эруптивный центр ЮСГВ и прилегающая к нему территория общей площадью 2 км². Цель исследований – оценка степени повреждения растительного покрова ЮСГВ вследствие мощного извержения, произошедшего в 2020 г. по спутниковым данным на основе анализа вегетационных индексов.

При проведении работы были использованы индексы NDVI и SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index). Расчет индексов производился по разнотравным мультиспектральным снимкам спутника Sentinel-2, в разные сезоны: в начале вегетации (02.06.2018, 01.06.2020), в середине (25.06.2019, 12.07.2019, 04.07.2020) и перед окончанием, в период листопада (28.09.2019, 22.09.2020). Растительность, окружающая эруптивный центр вулкана, была поделена на следующие классы: 1) разреженная травянистая растительность (группировки и сообщества *Triglochin palustre*); 2) плотная травянистая растительность (сообщества *Phragmites australis*); 3) травянистая растительность (сообщества *Phragmites australis* с разнотравьем) с участием кустарников и сеянцев деревьев; 4) разреженная или угнетенная лесная растительность. Сопочная брекчия была выделена в отдельный класс. Проверка результатов классификации была осуществлена по материалам полевого обследования.

По итогам программного анализа космических снимков, данных вегетационных индексов и полевых обследований была разработана крупномасштабная карта-схема растительности эруптивного центра ЮСГВ по состоянию на 2019 и 2020 гг., т.е. до и после извержения, и рассчитаны площади уничтоженной и поврежденной растительности вследствие произошедшего события. Площадь уничтоженной и поврежденной растительности составила ~ 62 244 м², из которых 9 916 м² – сообщество *Triglochin palustre* (уничтожено полностью), 20 255 м² – сообщество *Phragmites australis* с участием разнотравья, 15 774 м² – сообщество *Phragmites australis* с участием разнотравья и сеянцев деревьев и 16 299 м² – лесная растительность, сосредоточенная, главным образом, в месте образования запруды в долине р. Алат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beselly S.M. et al. Eleven Years of Mangrove-Mudflat Dynamics on the Mud Volcano-Induced Prograding Delta in East Java, Indonesia: Integrating UAV and Satellite Imagery // Remote Sens. 2021. Vol. 13(1084). P. 1-28.
2. De Schutter A. et al. Ash fall impact on vegetation: a remote sensing approach of the Oldoinyo Lengai 2007-08 eruption // Journal of Applied Volcanology. 2015. Vol. 4(15). P. 1-18.

УДК 567.8; 551.79; 591.9

К ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ЛАНДШАФТОВ НА ЗЕМНОВОДНЫХ – НА ПРИМЕРЕ МОНГОЛЬСКОЙ ЖАБЫ *STRAUCHBUFO RADDEI* (ANURA: BUFONIDAE) В ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

Н.А. Щепина

Геологический институт им. Л.Н. Добрецова Сибирского отделения РАН
E-mail: natschepina@rambler.ru

Влияние плейстоценовых климатических колебаний на изменение фауны Восточной Азии пока мало изучено. Мы проанализировали изменения в распространении широко распространенного вида амфибий – монгольской жабы, с использованием палеонтологических и генетических данных. Такой комбинированный метод позволил нам детально изучить этот процесс.

Местонахождений ископаемой монгольской жабы довольно много на территории Восточно-Европейской равнины, где в настоящее время вид не обитает [Ратников В.Ю., 2009]. В европейской части России найдено несколько ископаемых находок монгольской жабы, датируемых ледниковой фазой Гюнца в плейстоцене (800-700 тыс Лет назад). В Азии ископаемые остатки жаб, которые могли принадлежать монгольской жабе, были собраны около оз. Хьяргас в Западной Монголии.

Во время последнего ледникового максимума (около 22 тыс Лет назад) предполагаемый ареал *S. raddei* охватывал относительно небольшую территорию, в основном совпадая с южным ареалом современного распространения вида в Китае и Северной Корее. Кроме того вид, предположительно распространен в районе, который в настоящее время покрыт Желтым морем, и проник к югу от нынешней Монголии и самой южной части Приморского края (Россия).

Находки ископаемых *S. raddei*, относящихся к концу позднего плейстоцена (14-11 тыс Лет) находятся в Бурятии.

Основным маршрутом послеледникового расселения вида на север была Восточная Маньчжурия (Китай) и Дальний Восток (Россия), а затем долина р. Амур. Возможно, этот путь совпадает с послеледниковыми путями расселения большинства амфибий и других наземных видов позвоночных, населяющих этот регион. Также в конце плейстоцена этот вид мог проникнуть в северную часть острова Сахалин.

Со времен раннего голоцена распространение вида в Китае сильно сместилось на север, достигнув своего нынешнего распространения. Кроме того по долине реки Амур вид проник в Байкальский регион Сибири. Во время среднего и позднего голоцена *S. raddei* занимала обширные засушливые территории в Северо-Восточном Китае и Монголии [Litvinchuk et al., 2020].

В России монгольская жаба обитает, на Дальнем Востоке: в Амурской области, Хабаровском крае, Еврейской автономной области и Приморском крае, в Иркутской области и Западном Забайкалье. Изолированная популяция находится на о. Сахалин.

Исследования выполнены при поддержке Проекта АААА-А21-121011390004-6

ЛИТЕРАТУРА

1. Ратников В.Ю. Ископаемые остатки современных видов земноводных и чешуйчатых пресмыкающихся как материал для изучения истории их ареалов // Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. Вып. 59. Воронеж: изд-во Воронеж. ун-та, 2009. 91 с.
2. Litvinchuk S.N., Schepina N.A., Borzée A. Reconstruction of past distribution for the Mongolian toad, *Strauchbufo raddei* (Anura: Bufonidae) using environmental modeling // PeerJ, 2020. DOI 10.7717/peerj.9216/

НАУЧНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ

**V ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

**Геодинамические процессы
и природные катастрофы**

27–31 мая 2024 г.
г. Южно-Сахалинск, Россия

Тезисы докладов

Ответственный редактор

Л.М. Богомолов

Электронная верстка: А.А. Филимонкина

Дизайн обложки: А.В. Леоненкова

Корректор: И.П. Кремнева

Размещено в открытом доступе
на сайте www.imgg.ru

Дата подписания к использованию 27.05.2024.
Электронное сетевое издание. – 8.4 Мб.
Заказ № 8045.

ФГБУН Институт морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения РАН
693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б
Участок офсетной и оперативной полиграфии.

