ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ»

12–16 октября 2026 года

Южно-Сахалинск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ABSTRACTS



Южно-Сахалинск
2026

УДК 551.2+551.3+550.3+574 https://doi.org/10.30730/978-5-6044483-9-7.2026-11

Г 354

Геодинамические процессы и природные катастрофы: тезисы докладов VI Международной научной конференции, г. Южно-Сахалинск, 12–16 октября 2026 г. [Электронный ресурс] / отв. ред. Д.П. Ковалев. – Южно-Сахалинск: Ин-т морской геологии и геофизики ДВО РАН, 2026. – 3.9 Мб : 156 с. – Режим доступа: http://books.imgg.ru/atlasfull/proc7.pdf, свободный

ISBN 978-5-6044483-9-7; DOI: 10.30730/978-5-6044483-9-7.2026-11; EDN: AOBMKM

В сборнике представлены тезисы докладов VI Международной научной конференции «Геодинамические процессы и природные катастрофы», посвященной 80-летию Института морской геологии и геофизики ДВО РАН. В сборник вошли результаты фундаментальных и прикладных исследований природных процессов и опасных явлений, современных геодинамических процессов, сейсмичности и вулканизма, цунами и других опасных морских явлений, динамики океана и атмосферы, состояния и изменчивости природных и природно-техногенных систем.

Значительное внимание уделено исследованиям Сахалина, Курильских островов, Камчатки и других районов Дальнего Востока и Азиатско-Тихоокеанского региона. Рассматриваются вопросы мониторинга и оценки природных рисков, взаимодействия геосфер, состояния морских и наземных экосистем, климатически обусловленных изменений, геоэкологических процессов и последствий антропогенного воздействия. Представлены современные методы инструментальных наблюдений, дистанционного зондирования Земли, геоинформационного и математического моделирования, обработки больших массивов наблюдательных данных, а также применения машинного обучения и интеллектуальных систем в исследованиях природной среды.

В конференции принимают участие ученые и специалисты научных организаций и университетов России и зарубежных стран, а также молодые исследователи, аспиранты и студенты. Материалы конференции отражают современное состояние исследований природных процессов и катастроф, развитие методов их наблюдения, анализа и прогнозирования и представляют интерес для специалистов в области наук о Земле, океанологии, геофизики, геологии, географии, экологии и смежных направлений.

Тезисы докладов публикуются в авторской редакции.

Ключевые слова: *природные катастрофы, геодинамика, вулканизм, землетрясения, цунами, штормовые нагоны, оползни, разломные зоны, геофизический мониторинг, сейсмический прогноз, газогеохимия, морской лёд, геоэкология, экологические последствия, биоразнообразие.*

Ответственный редактор: д-р физ.-мат. наук Д.П. Ковалев

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

© ИМГиГ ДВО РАН, 2026

UDC 551.2+551.3+550.3+574 https://doi.org/10.30730/978-5-6044483-9-7.2026-11

Geodynamical processes and natural hazards: abstracts of theVI International scientific conference, Yuzhno-Sakhalinsk, 12–16 of October 2026 [Electronic source] / resp. ed. D.P. Kovalev. – Yuzhno-Sakhalinsk: Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, 2026. – 3.9 Mb : 156 p. – Available: http://books.imgg.ru/atlasfull/proc7.pdf, open access

ISBN 978-5-6044483-9-7; DOI: 10.30730/978-5-6044483-9-7.2026-11; EDN: AOBMKM

This volume contains the abstracts presented at the VI International Scientific Conference “Geodynamic Processes and Natural Hazards”, dedicated to the 80th anniversary of the Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. The volume includes the results of fundamental and applied research on natural processes and hazardous phenomena, contemporary geodynamic processes, seismicity and volcanism, tsunamis and other hazardous marine phenomena, oceanic and atmospheric dynamics, and the state and variability of natural and natural–technogenic systems.

Particular attention is given to research conducted on Sakhalin Island, the Kuril Islands, Kamchatka, and in other regions of the Russian Far East and the Asia-Pacific. The contributions address the monitoring and assessment of natural hazards, interactions among the Earth’s geospheres, the state of marine and terrestrial ecosystems, climate-driven changes, geoecological processes, and the consequences of human impacts. The volume presents modern methods of instrumental observation, Earth remote sensing, geoinformation and mathematical modelling, processing of large observational datasets, as well as applications of machine learning and intelligent systems in environmental research.

The conference brings together scientists and specialists from research institutions and universities in Russia and other countries, as well as early-career researchers, postgraduate students, and students. The conference proceedings reflect the current state of research into natural processes and disasters and advances in methods for their observation, analysis, and forecasting. They will be of interest to specialists in Earth sciences, oceanography, geophysics, geology, geography, ecology, and related fields. The abstracts are published in the authors’ original versions.

Keywords: *natural catastrophes, geodynamics, volcanism, earthquakes, tsunamis, storm surges, landslides, fault zones, geophysical monitoring, seismic forecasting, gas geochemistry, sea ice, geoecology, environmental consequences, biodiversity.*

Responsible editor: Doctor of Physics and Mathematics D.P. Kovalev

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 978-5-6044483-9-7

© IMGG FEB RAS, 2026

СЕКЦИЯ 1

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

Т.Т. Абрамова
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 9

М.Ю. Андреева
К ВОПРОСУ О ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ К РАЗЛОМНЫМ ЗОНАМ 10

Л.М. Богомолов, В.Н. Сычев
ОТ МОДЕЛИ САМОРАЗВИВАЮЩИХСЯ ПРОЦЕССОВ И РЕЖИМОВ С ОГРАНИЧЕННЫМ ОБОСТРЕНИЕМ К УПРОЩЕННЫМ АЛГОРИТМАМ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА О. САХАЛИН 11

Е.Н. Бондаренко, Е.В. Ким, Н.В. Костылева
МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В САХАЛИНСКОМ ФИЛИАЛЕ ФИЦ ЕГС РАН 12

Р.Ф. Булгаков
РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОД ЛЕДНИКОВЫМ ПОКРОВОМ АНТАРКТИДЫ С УЧЕТОМ ЛАТЕРАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДСТИ МАНТИЙНЫХ СЛОЕВ И ГЛУБИНЫ ЛИТОСФЕРЫ 13

В.Г. Быков, Т.В. Меркулова
МЕХАНИЗМ И ТИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ДИФФУЗНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В ПРИАМУРЬЕ 14

Н.Ф. Василенко, А.С. Прытков, Д.И. Фролов
АКТИВИЗАЦИЯ ВУЛКАНИЗМА НА ЦЕНТРАЛЬНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДУПЛЕТА СИМУШИРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 15

А.Е. Верниковская, В.Ю. Фридовский, Н.Ю. Матушкин, Я.А. Тарасов, Е.А. Богданов
МЕЛОВЫЕ ГРАНИТОИДЫ И АССОЦИИРУЮЩИЕ ПОРОДЫ И ИХ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ТРАНСФОРМАЦИИ КОНВЕРГЕНТНЫХ ОБСТАНОВОК В ЭВОЛЮЦИИ ВОСТОЧНЫХ ОКРАИН СЕВЕРНОЙ АЗИИ 16

В.А. Верниковский, О.П.Полянский, А.Н. Семенов, А.Е.Верниковская, Н.Ю. Матушкин
СООТНОШЕНИЕ КОЛЛИЗИОННОГО И ПЛЮМОВОГО МАГМАТИЗМА НА ПРИМЕРЕ ТАЙМЫРО-СЕВЕРОЗЕМЕЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТО-ПОКРОВНОЙ ОБЛАСТИ: ГЕОДИНАМИЧЕСКОЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ 17

О.В. Веселов, А.И. Казаков
СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ И ВРЕМЕННЫХ АНОМАЛИЙ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА – ОПЕРАТИВНЫЙ ПРЕДВЕСТНИК ВУЛКАНИЧЕСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ 18

А.Г. Гоев, К.А. Докукина, А.И. Филиппова, С.И. Орешин, Д.В. Костылев, Н.В. Костылева
ОЦЕНКИ ВАРИАЦИЙ ГЛУБИН ГРАНИЦ ЗОНЫ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ МАНТИИ В ЮЖНОМ СЕГМЕНТЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ЗОНЫ РФ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ 19

М.В. Гридяева
ФОТОАРХИВЫ КАТАСТРОФ: СВИДЕТЕЛЬСТВА, КОТОРЫЕ НЕЛЬЗЯ ПОТЕРЯТЬ 20

А.В. Дегтерев, С.З. Смирнов, А.Я. Шевко, Д.В. Кузьмин, И.Р. Низаметдинов, Т.Ю. Тимина, М.В. Чибисова
ТЕФРА КАЛЬДЕРНОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ЛЬВИНОЙ ПАСТИ (О. ИТУРУП) 21

А.В. Дегтерев, М.В. Чибисова
ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА ЭБЕКО (О. ПАРАМУШИР) В 2016–2025 22

В.А. Дегтярев, А.В. Черемных, П.А. Каменев
ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ САХАЛИНСКОГО РЕГИОНА 23

К.А. Докукина
СТРОЕНИЕ И АРХЕЙСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ АКТИВНОЙ ПАЛЕОКРАИНЫ ИНАРИ-КОЛЬСКОГО КОНТИНЕНТА, ФЕННОСКАНДИНАВСКИЙ ЩИТ 24

В.В. Ершов
ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПРИЛИВНЫЕ ГАРМОНИКИ В ДИНАМИКЕ ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ 25

В.В. Ершов
РАСТВОРЕННЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД В ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКИХ ВОДАХ: ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ 26

Р.В. Жарков, Д.Н. Козлов
НЕ ИЗУЧЕННЫЙ РАНЕЕ ТЕРМАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК В СОСТАВЕ ТРЕТЬЯКОВСКОЙ ГРУППЫ ГИДРОТЕРМ ВУЛКАНА МЕНДЕЛЕЕВА: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 27

А.С. Закупин
ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 1952 И 2025 НА ЮГО-ВОСТОКЕ КАМЧАТКИ НА РАЗЛОМНЫЕ СТРУКТУРЫ ЮЖНОГО САХАЛИНА 28

А.С. Закупин
ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОСРЕДЫ ПЕРЕД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ 29.07.2025 НА ЮГО-ВОСТОКЕ КАМЧАТКИ МЕТОДОМ LURR 29

М.В. Иванов
РТУТЬ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ВОСТОЧНО-АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ 30

Д.Н. Козлов
КРАТКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИКИ МОРФОЛОГИИ КОТЛОВИНЫ ОЗЕРА КИПЯЩЕЕ (О. КУНАШИР) С 1940-Х ПО 2020-Е ГОДЫ: ОТ ПЕРВЫХ ПРОМЕРОВ ДО СОВРЕМЕННОЙ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ 31

Д.Н. Козлов, А.В. Дегтерев
ПЕРВЫЙ ОПЫТ ЭХОЛОТНОЙ СЪЁМКИ ВУЛКАНОГЕННОГО ОЗЕРА КИПЯЩЕЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО НАДВОДНОГО СУДНА 32

Ю.В. Марапулец, М.И. Гапеев
ЗОНЫ ПОВЫШЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И НАТУРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА 33

СЕКЦИЯ 1

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

Ю.В. Марапулец, А.О. Щербина, А.А. Солодчук, М.А. Мищенко
АКУСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С РАЗНЕСЕННЫМИ ДАТЧИКАМИ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ГЕОАКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ 34

Д.Ф. Матвецов
АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ НА О.САХАЛИН 35

В.А. Мелкий
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ РАССЫПЕЙ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ 36

В.А. Мелкий
СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЙОНЕ ПРОЛИВА НЕВЕЛЬСКОГО 37

Т.В. Меркулова, В.В. Пупатенко
ЗАТУХАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В ПРИАМУРЬЕ: КОРРЕЛЯЦИЯ С ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ 38

И.К. Миронов, К.М. Магуськин, В.М. Магуськин
ДЕФОРМАЦИИ В ОКРЕСТНОСТИ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА ПО ДАННЫМ ГНСС С 2020 ПО 2025 39

Н.А. Мухортина
ИСТОЧНИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ 40

В.Ю. Павлова, Р.Р. Акбашев
ВОЗМОЖНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ В РАЙОНАХ АКТИВНОГО ВУЛКАНИЗМА 41

В.Ю. Павлова, Р.Р. Акбашев, Г.Л. Панин
КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ФУМАРОЛЬНОГО ПОЛЯ ВУЛКАНА ЭБЕКО МЕТОДАМИ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ И ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ (О. ПАРАМУШИР, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА) 42

В.Ю. Павлова, О.В. Бергаль-Кувикас, Р.Р. Акбашев
РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ У ПОДНОЖИЯ ЮЖНОГО СКЛОНА ВУЛКАНА ВИЛЮЧИНСКИЙ (КАМЧАТКА) 43

А.Ю. Полец
НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ НАКАНУНЕ КАМЧАТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2025 44

А.Ю. Полец
ПОЛЕ НАПРЯЖЕНИЙ КУРИЛЬСКОЙ ДУГИ: 20 ЛЕТ ПОСЛЕ ДУПЛЕТА СИМУШИРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 45

О.П. Полянский, А.Н. Семенов, В.А. Верниковский, А.Е. Верниковская, Н.Ю. Матушкин
ГЕОДИНАМИКА ПЛЮМОВОГО МАГМАТИЗМА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СИБИРСКОЙ ТРАППОВОЙ ПРОВИНЦИИ – РЕЗУЛЬТАТА ПЕРМСКО-ТРИАСОВОЙ ПРИРОДНОЙ КАТАСТРОФЫ 46

А.С. Прытков, Н.Ф. Василенко
СОВРЕМЕННЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ 47

В.В. Пупатенко, Д.А. Сафонов, Н.В. Шестаков
РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ МОМЕНТНОЙ МАГНИТУДЫ КАМЧАТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 29.07.2025 ПО ЗАПИСЯМ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ САХАЛИНА И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ 48

Ф.А. Романюк, А.В. Дегтерев
ОЦЕНКА ВЫСОТ И ОБЪЁМОВ ДОКАЛЬДЕРНЫХ ПОСТРОЕК ВУЛКАНОВ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ МЕТОДАМИ ГЕОМОРФОМЕТРИИ 49

В.Б. Свалова
СТРУКТУРНАЯ ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ КАВКАЗСКО-АНАТОЛИЙСКОГО РЕГИОНА. СИЛЬНОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В ТУРЦИИ 2023 ГОДА 50

В.П. Сивоконь, А.А. Любин, Ю.В. Марапулец, А.А. Солодчук
ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАМЧАТСКОГО КРАЯ 51

Т.С. Соколова, А.Г. Гоев
СРЕДНЕЛИТОСФЕРНЫЙ РАЗРЫВ. ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ 52

Н.С. Сырбу, Р.В. Жарков, А.О. Холмогоров, И.Е. Степочкин
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ CH_4 и CO_2 НА ОСТРОВЕ САХАЛИН: ДАННЫЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 53

В.Н. Сычев, Л.М. Богомолов, М.В. Родкин
ПРИЛОЖЕНИЕ ИНСТАНТОНОВ К ОПИСАНИЮ ВРЕМЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ СКОРОСТЕЙ ДЕФОРМАЦИЙ БЕНЬОФФА 54

Н.А. Сычева
ФОКАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ 55

Н.А. Сычева, Ю.Л. Ребецкий, В.Н. Сычев
НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА 56

Е.А. Ткаченко, А.А. Казакова, А.Е. Зайцева, Т.Н.Немченко, Б.К.Зуев
ИЗУЧЕНИЕ КЕРНА СКВАЖИНЫ ЯГЕЛЬНАЯ В НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ АНАДЫРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ 57

Г.В. Устюгов
ОЦЕНКА ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ: ПРЕДПОСЫЛКИ, ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ, КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВАНИЯ 58

S.J Vivek, L. Meishuan, B.V Timur, V.Yu. Pavlova
ASSESSMENT OF SLOPE STABILITY AND FORECAST OF THE DEVELOPMENT OF HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES AT NIKOLSKAYA HILL, PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY 59

СЕКЦИЯ 2

Динамика моря и вопросы изменения климата

Т.А. Алексеева, Е.И. Макаров, Е.А. Павлова, В.Д. Котельников
ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ПЛАВАНИЯ В АРКТИЧЕСКИХ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ 60

А.С. Борисов
АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ МОРСКОГО ЛЬДА ПО ДАННЫМ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ (MEMS IMU) 61

Д.А. Ващенко
К ВОПРОСУ О ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ ОЦЕНОК ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ В ЗОНЕ ИНТЕНСИВНОГО ВОДООБМЕНА (НА ПРИМЕРЕ ПРОЛИВА ЛАПЕРУЗА И ПРОДУКТА OSTIA ВЕРСИИ 2.0) 62

А.И. Зарубина, М.А. Носов, С.В. Колесов
ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ДИСПЕРСИОННЫХ ЭФФЕКТОВ ПО ВОЛНОВЫМ ФОРМАМ ЦУНАМИ 63

Д.В. Зарубина, И.В. Шумилов
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПЛОЩАДИ СЕВЕРНОЙ ПОЛЫНЬИ В ОХОТСКОМ МОРЕ 64

К.В. Кириллов
УСЛОВИЯ УСИЛЕНИЯ ИНФРАГРАВИТАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ В РАЙОНЕ ПРОЛИВА КРАСНОАРМЕЙСКИЙ (ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ САХАЛИН) 65

Л.В. Кобыльченко (Куксина)
ГИДРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕК КАМЧАТКИ И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ 66

Л.В. Кобыльченко (Куксина), Т.М. Маневич
СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ РЕЖИМА РЕК ВУЛКАНИЧЕСКИХ РАЙОНОВ 67

Е.А. Коршенко, И.И. Панасенкова, В.В. Фомин
СУБМЕЗОМАСШТАБНАЯ ВИХРЕВАЯ ДИНАМИКА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПЛЮМА РЕКИ АМУР 68

И.С. Костенко, А.И. Зайцев, Д.Ф. Матвецов
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЦУНАМИ ОТ СХОДА ГИПОТЕТИЧЕСКОГО ПОДВОДНОГО ОПОЛЗНЯ В РАЙОНЕ О. САХАЛИН 69

А.А. Куркин, О.Е. Куркина, Е.А. Рувинская
ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ РЕЖИМОВ НАКАТА СОЛИТОНОВ ВНУТРЕННИХ ВОЛН В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ МОРЯ 70

А.А. Куркин, О.Е. Куркина, Е.А. Рувинская, А.С. Козелков, Е.С. Тятюшкина
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ВОЛН С ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА 71

А.А. Куркин, А.Р. Гиниятуллин, А.С. Козелков, Е.С. Тятюшкина
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ЦУНАМИ С ПОМОЩЬЮ ОСРЕДНЕННЫХ ПО РЕЙНОЛЬДСУ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА 72

О.Е. Куркина, А.А Куркин, И.О. Ярощук, А.В. Кошелева
КОМПЛЕКСНЫЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СДВИГОВЫХ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ В АВГУСТЕ И ОКТЯБРЕ 2021 И 2022 ГОДОВ (НА ОСНОВЕ ДАННЫХ *IN SITU* ИЗМЕРЕНИЙ) 73

Д.М. Ложкин, Г.В. Шевченко
СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОРСКИХ ВОЛН ТЕПЛА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗА ERA5 В 1995-2024 74

Д.Р. Лукашенко
МИГРАЦИЯ ЛАГУННЫХ ПРОЛИВОВ (ПРОРВ) ОХОТСКОГО МОРЯ: ПРОБЛЕМЫ И ДЕТАЛИ 75

Ю.В Любицкий, А.Н. Вражкин, Л.П. Кравчук
РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗОВ МОРСКИХ НАВОДНЕНИЙ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА ПО МЕТОДУ ФГБУ «ДВНИГМИ» 76

В.Е. Марыжихин, Г.В. Шевченко
ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗАПАДНО-САХАЛИНСКОГО ТЕЧЕНИЯ У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ПОЛУОСТРОВА КРИЛЬОНСКИЙ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ САХАЛИН) 77

И.В. Никулина, Д.А. Ващенко, И.В. Шумилов, В.М. Пищальник, В.А. Романюк
К ВОПРОСУ О РАЙОНИРОВАНИИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА БЕРИНГОВА МОРЯ 78

М.С. Обрезкова, А.В. Артемова, И.Б. Цой
ДИАТОМЕИ КАК ИНДИКАТОРЫ ПАЛЕООКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ–ГОЛОЦЕНЕ 79

Е.А. Павлова, Т.А. Алексеева, Е.И. Макаров, Е.У. Миронов
ДИНАМИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ В ОХОТСКОМ МОРЕ И УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПАСНЫХ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ 80

И.И. Панасенкова, Е.А. Коршенко, В.В. Фомин, В.К. Пономарев
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПЛЮМА РЕКИ АМУР В РАЗЛИЧНЫЕ ПО ВОДНОСТИ ГОДЫ 81

В.А. Романюк, Е.М. Латковская, Д.В. Зарубина, И.В. Шумилов, В.М. Пищальник, И.В. Никулина
ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА-А В ЗАЛ. АНИВА НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 82

Е.А Тихончук, Г.В. Шевченко, В.Н. Частиков
ГИДРОЛОГО-ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОД ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ НА СТАНДАРТНОМ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОМ РАЗРЕЗЕ М. ЛЕВЕНОРНА-МОРЕ 83

А.В. Уба
АБРАЗИОННО-ДЕНУДАЦИОННЫЕ ЦИКЛОВЫЕ УРОВНИ В ЭСТУАРНОЙ ЗОНЕ (КАРБОНОВЫЙ ПОЛИГОН ПМВБУ) 84

А.В. Уба, А.Б. Фаустова
ГОДИЧНЫЙ ЦИКЛ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЧВЕННОГО ГАЗООБМЕНА ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ ОХОТСКОГО МОРЯ (КАРБОНОВЫЙ ПОЛИГОН САХГУ) 85

В.В. Фомин, И.И. Панасенкова, Е.А. Коршенко, С.К. Попов, Н.А. Дианский
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДРЕЙФА КАТАМАРАНА В ОХОТСКОМ МОРЕ 86

СЕКЦИЯ 2

Динамика моря и вопросы изменения климата

А.О. Холмогоров, Н.С. Сырбу, В.Б. Лобанов
ПОЛЯ МЕТАНА НА ШЕЛЬФЕ О. САХАЛИН. ИТОГИ ЭКСПЕДИЦИЙ 2023-2025 87

А.Л. Хомчановский
ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ АККУМУЛЯТИВНЫХ БЕРЕГОВ КАМЧАТКИ И КУРИЛ ПОСЛЕ МЕГАЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2025 ГОДА 88

А.С. Хорошева, В.С. Архипкин
СГОННО-НАГОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ В МОРЯХ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ В АВГУСТЕ – СЕНТЯБРЕ 1996–2025 ГГ. ПОРЕЗУЛЬТАТАМЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 89

Г.В. Шевченко, С.Л. Горин
ПРИЛИВНЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ В ЭСТУАРИИ РЕКИ БОЛЬШАЯ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА) ПО ДАННЫМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ 90

Г.В. Шевченко, Ж.Р. Цхай
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ 91

И.В. Шумилов, И.В. Никулина, Д.А. Ващенко, В.М. Пищальник, В.А. Романюк
ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИСЕЗОННОЙ И МЕЖСЕЗОННОЙ СОПРЯЖЕННОСТИ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ БЕРИНГОВА И ЧУКОТСКОГО МОРЕЙ 92

Н.А. Яицкая, А.А. Магаева, С.А. Мисиров
РОЛЬ ШТОРМОВОГО ВОЛНЕНИЯ В АБРАЗИОННО-ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССАХ НА ПОБЕРЕЖЬЕ АЗОВСКОГО МОРЯ 93

СЕКЦИЯ 3

Живые системы и геологическая среда

Ю.А. Антонов, Е.М. Латковская
СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ БОЛЬШАЯ АЛЕКСАНДРОВКА (о. Сахалин) 94

В.В. Афанасьев
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДДЗ В ИЗУЧЕНИИ ПОДВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИЛИВНЫХ ЭКОСИСТЕМ «ГОЛУБОГО УГЛЕРОДА» 95

В.В. Афанасьев, А.Б. Фаустова
ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ БИОМОРФОЛИТОСИСТЕМ СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ И НОВОЕ ОКНО ВОЗМОЖНОСТЕЙ - СОВПАДЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО ТРЕНДА И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО СПРОСА 96

С.А. Бурсаков
СИНТЕТИЧЕСКИЕ МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА (SynCom) КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ 97

А.А. Верхотуров
ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ПОСТВУЛКАНИЧЕСКОМ ЛАНДШАФТЕ ТЯТЯ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК 98

И.И. Власова, А.В. Копанина
ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА (О. МАТУА, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА) НА МАКРОПРИЗНАКИ СТВОЛОВ ОЛЬХИ КУСТАРНИКОВОЙ 99

Р.А. Гакаев, А.Н. Гуня
ВЛИЯНИЕ ОПОЛЗНЕПРОЯВЛЕНИЙ НА СИСТЕМУ РАССЕЛЕНИЯ В ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ 100

Р.А. Гакаев, А.Н. Гуня
РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПОЛЗНЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ГОРНОЙ ЧАСТИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ 101

А.Ю. Гололобов, А.Г. Гололобова
ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ 102

А.Г. Гололобова
ОЦЕНКА РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И РАСТЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В УСЛОВИЯХ РАЗРАБОТКИ КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ (ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ, РОССИЯ) 103

А.К. Ежкин
БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПОЛУОСТРОВА КРИЛЬОН (О. САХАЛИН, РОССИЯ) 104

А.И. Еськова
СУЛЬФАТРЕДУЦИРУЮЩИЕ БАКТЕРИИ ЯПОНСКОГО МОРЯ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АГЕНТЫ БИОРЕМЕДИАЦИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ 105

Е.В. Захарова
РОЛЬ АБСЦИЗОВОЙ КИСЛОТЫ В ЗАЩИТЕ ПЫЛЬЦЫ *PETUNIA HYBRIDA* E. VILM ОТ УФ-В 106

А.В. Копанина
ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ПОЛУОСТРОВА КРИЛЬОН: КОМПЛЕКСНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ И АДАПТАЦИИ 107

А.В. Копанина
ТРАНСФОРМАЦИЯ КОРЫ И ЭПИФИТНЫЕ ЛИШАЙНИКИ: ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ И ЭКОСИСТЕМНОЕ ЗНАЧЕНИЕ 108

А.В. Котенков, С.В. Харченко, Е.В. Лебедева
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ОПАСНЫХ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОЛИНАХ РЕК ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ РЕК ГЕЙЗЕРНОЙ И ШУМНОЙ, ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) 109

СЕКЦИЯ 3

Живые системы и геологическая среда

Л.В. Кривобоков
СИНТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГОРНО-ТАЕЖНОГО ВЫСОТНО-ПОЯСНОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОГО МАКРОСКЛОНА ИКАТСКОГО ХРЕБТА (БАЙКАЛЬСКИЙ РЕГИОН) 110

О.О. Ложникова
РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ОСТРОВЕ САХАЛИН 111

Е.Е. Ляпина
РТУТЬ В КОМПОНЕНТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЮЖНОЙ СИБИРИ 112

Е.Ю. Митрофанова
СОЕДИНЕНИЕ КЛЕТОК В КОЛОНИИ – АДАПТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ ВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ ПЛАНКТОННОГО И БЕНТОСНОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ 113

Л.В. Мухортова, Л.В. Кривобоков
ВЛИЯНИЕ ПОЖАРА НА ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТАХ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ТУНГУССКИЙ» 114

С.В. Новокрещенных, М.А. Табакова
НОВЫЕ ДАННЫЕ О *SPHAEROMYXAELEGINI* DOGIEL, 1948 У ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ НАВАГИ (*ELEGINUSGRACILIS* TILESIUS, 1810) В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ О. САХАЛИН 115

И.О. Рожкова-Тимина
РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА КЛАССА *JUNCETEA MARITIMI* НА ПРИБРЕЖНЫХ МАРШАХ БУХТЫ ЛОСОСЕЙ 116

Р.Н. Сабиров
ЛЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БАССЕЙНА РЕКИ АНАСТАСИЯ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ОСТРОВА САХАЛИН 117

Р.Н. Сабиров
О ВСПЫШКЕ ЧИСЛЕННОСТИ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА В ЛЕСАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН 118

Н.Д. Сабирова, Р.Н. Сабиров, О.О. Ложникова
РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ БАССЕЙНА РЕКИ АНАСТАСИЯ НА ЮГЕ ОСТРОВА САХАЛИН 119

А.И. Тальских, А.В. Копанина, И.И. Власова
РЕАКЦИЯ БЕРЕЗЫ КАМЕННОЙ НА СТРЕССОВЫЕ УСЛОВИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОЗЕЛЕНЕНИИ ГОРОДОВ САХАЛИСКОЙ ОБЛАСТИ 120

К.А. Швидская, А.В. Копанина
ОЦЕНКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЮЖНОГО КРИЛЬОНА ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ 121

В.И. Шпанько
ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ КАНДАЛАКШСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА 122

СЕКЦИЯ 4

Шаг в науку: технологии и практика

Т.Т. Абрамова
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ ПРЕОБРАЗОВАНИИ ГРУНТОВЫХ МАССИВОВ 123

Д.В. Александров, Р.Н. Денисюк, М.Н. Дубров, И.С. Еремин, Д.С. Каленов, В.А. Волков, М.А. Мищенко, В.А. Васькин
РАЗРАБОТКА СИСТЕМ РАЗНЕСЕННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ ДЛЯ ГЕОДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА 124

Г.А. Аронов, С.Г. Котов, А.Г. Аронов, Д.В. Костылев
ПРОЯВЛЕНИЕ РЕАКЦИИ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА НА ЧЕРВНОСЛОБОДСКО-МАЛОДУШИНСКОМ РАЗЛОМЕ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ 125

Ван Сяньфа
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ О НЕЗАКОННОЙ ПАРКОВКЕ В ПОЖАРНЫХ ВЫЕЗДАХ НА БАЗЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ESP32-CAM 126

Г.П. Гаревских, А.В. Буланов
МЕТОДИКА КОГЕРЕНТНОЙ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ ДЛЯ ЗОНДИРУЮЩИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ДВУХКАНАЛЬНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ 127

С.А. Гуляков, М.А. Мищенко, Н.С. Стовбун, Л.М.Богомолов, М.И.Гапеев, П.А. Каменев, В.А. Васькин, И.П. Дудченко
АППАРАТУРНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПОЛИГОНА «ПЕТРОПАВЛОВСКОЕ» 128

Гэ Яньюй
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЛАБОРАТОРИИ НА БАЗЕ STM32 129

А.А. Долгая, Е.Г. Калачева
АНАЛИЗ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 130

А.В. Доманюк, Н.Е. Шахова, А.С. Саломатин, Р.А. Ананьев, Е.М. Латковская, Э.А. Спивак, Д.Д. Ковика, А.Н. Салюк, О.В. Дударев, С.Л. Бедрина, И.П. Семилетов, Д.В. Черных
ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА МЕТАНА, ТРАНСПОРТИРУЕМОГО ВСПЛЫВАЮЩИМИ ПУЗЫРЬКАМИ ИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ВОДНУЮ ТОЛЩУ И АТМОСФЕРУ НА МЕЛКОВОДНОМ ШЕЛЬФЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ (ЗАЛИВ БУОР-ХАЯ) 131

СЕКЦИЯ 4

Шаг в науку: технологии и практика

М.О. Еремин, А.О. Чирков, А. Пажин
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ПОРОД ВОКРУГ СКВАЖИН ПРИ БУРЕНИИ УГОЛЬНЫХ ПРОПЛАСТКОВ 132

Д.Д. Ковика, А.С. Саломатин, А.В. Доманюк, Н.Е. Шахова, Е.М. Латковская, А.Н. Салюк, С.Л. Бедрина, Р.А. Ананьев, И.П. Семилетов, Д.В. Черных
БАЗА ДАННЫХ КАК ИНСТРУМЕНТ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ О ГАЗОВЫХ ФАКЕЛАХ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ В ОХОТСКОМ МОРЕ С 1993 ПО 2019 133

Н.А. Ковтонюк, Я.П. Попова
НЕФТЕРАЗЛИВЫ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА С ПРИМЕНЕНИЕМ QGIS (НА ПРИМЕРЕ О. САХАЛИН) 134

П.Ю. Ковтунович, А.В. Дегтерев, М.В. Чибисова
СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И СХЕМА КОРРЕЛЯЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ БОЛЬШОЙ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ 135

Д.В. Костылев, Н.В. Костылева, А.Г. Гоев
ШИРОКОПОЛОСНЫЕ СЕЙСМОПРИЁМНИКИ В РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СЕТИ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 136

Н.В. Костылева, Д.В. Костылев
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА Г. СЕВЕРО-КУРИЛЬСК 137

Лю Е
СИСТЕМА ЛОКАЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ГРАНИЦ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ В MATLAB 138

Лю Сыюй
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОРМЛЕНИЯ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ НА БАЗЕ STM32 139

Лю Цзябинь
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ШЛЕМА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32 140

Л.С. Марченко, Р.И. Паровик
ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В СИСТЕМЕ ИОНОСФЕРА-ПЛАЗМОСФЕРА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ВИСТЛЕРОВ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ НА КАМЧАТКЕ 141

А.А. Панжин, Н.А. Панжина
СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ САХАЛИНСКОГО РЕГИОНА 142

Д.А. Сафонов
ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ПОТОКОВОГО РАСЧЕТА ТСМ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА БАЗЕ BAYESISOLA 143

М.С. Сергеев
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НИЗОВОГО СНЕГОПЕРЕНОСА В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО КЛИМАТА И РАЗРЕЖЕННОЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СЕТИ 144

В.П. Сивоконь, А.А. Любин, Ю.В. Марапулец, А.А. Солодчук
ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАМЧАТСКОГО КРАЯ 145

Н.С. Стовбун, С.А. Гуляков, И.П. Дудченко
ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ: ОТ РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ К СТАТИСТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ 146

Д.А. Твёрдый, Н.С. Стовбун
АПРОБАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЭРЕДИТАРНОЙ α-МОДЕЛИ ОАР С УЧЁТОМ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ДАННЫЕ РАДОНОВОГО МОНИТОРИНГА ЮГА О. САХАЛИН ЗА 2020-2025 147

А.С. Тен, А.А. Сорокин, В.Ю. Черных
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ КОВУЛКАНИЧЕСКИХ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ МЕТОДАМИ СОБЫТИЙНОЙ ПОСТОБРАБОТКИ И АУГМЕНТАЦИИ ДАННЫХ 148

Тун Синци
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ДОМА НА БАЗЕ STM32 149

Фэн Шу
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА 150

Ж.Р. Цхай, В.Н. Филатов
МОНИТОРИНГ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПЕРИОД ПРОМЫСЛА ПЕЛАГИЧЕСКИХ ВИДОВ РЫБ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ 151

В.Ю. Черных, А.С. Тен, Н.В. Шестаков, А.А. Сорокин
ОБНАРУЖЕНИЕ КОСЕЙСМИЧЕСКИХ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ПО ДАННЫМ ГНСС МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КАМЧАТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 29 ИЮЛЯ 2025 г. (M_w = 8,8) В ДАЛЬНЕЙ ОТ ОЧАГА ЗОНЕ 152

Чэнь Бинжунь
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СРЕДОЙ В КУРЯТНИКЕ НА БАЗЕ STM32 153

Ян Ци
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЫБНЫМ ПРУДОМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА 154

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

GEOECOLOGICAL MONITORING DURING THE DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS

Т.Т. Абрамова
T.T. Abramova

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
attoma@mail.ru

Несколько десятилетий назад разведка и разработка полезных ископаемых занимала у специалистов длительное время. Создание цифровых технологий в настоящее время позволило повысить рентабельность разработок месторождений. Однако работа на месторождениях требует постоянного контроля различных мероприятий, направленных на обеспечение эффективных и безопасных разработок залежей, при соблюдении не только нормативных требований, но и защиты окружающей среды. Добыча полезных ископаемых без взрывных работ очень часто невозможна. Основным документом, регламентирующим сейсмобезопасные условия производства взрывных работ, являются «Правила безопасности при взрывных работах» [2].

Наиболее актуальными исследованиями являются разработка различных способов управления энергией взрыва и уменьшения его вредного воздействия. Одним из важных технологических приемов является создание экранов из слоев разрушенной породы, щелей или тектонического разлома, нужным образом оконтуривающих взрывной источник. Для наиболее эффективного и экономичного применения экранированного взрывания и мероприятий по его совершенствованию разработана их классификация [1].

К определяющим характеристикам процесса управления действием взрыва при таком экранировании относятся ширина, глубина и протяженность экранов. На основании полученных результатов определено, что отношение ширины экрана δ к длине волны λ должно колебаться в пределах 0,05÷0,8. А отношение глубины зарядов к глубине экрана (l/H=0,3; 0,4 и 0,5) позволяет управлять амплитудой суммарного смещения частиц горной породы и потоками массовых скоростей в массиве. Наиболее рационально применение экранов шириной до 20 м (при длинах волн напряжений до 30 м) для слоев раздробленной породы, а для щелей, заполненных раздробленным материалом, ширина экрана составляет около 0,6 м (при коэффициенте трещинной пустотности $n_{тр}$=0,5).

Оконтуривание взрывного источника щелевым экраном с четырех сторон повышает эффективность взрыва в 1,35 раза. Если же щель ограничивает блок породы только с одной стороны, то ожидаемый эффект составляет около 10% от энергии взрыва. Способ комплексного экранирования успешно использовался на многих месторождениях полезных ископаемых (Байкальских и Карельских гранитных карьерах и др., Джезказганском ГМК, Ново-Раздольском ГОКе, Ткибульском комбинате «Грузуголь».

Решение возможности управлениявышеперечисленными процессами позволит повысить как полноту и экономичность извлечения полезных ископаемых, так и безопасность труда, эффективно использовать современную высокопроизводительную технику и прогрессивную технологию, а также существенно снизить влияние сейсмических волн на окружающую природную среду и инженерные сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волох А.С. Основы управления действием взрыва с помощью экранирования. М.: Наука, 1988. 224 с.

2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Правила безопасности при взрывных работах: сборник документов. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. Сер. 13. Вып. 14. 332 с.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

К ВОПРОСУ О ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ К РАЗЛОМНЫМ ЗОНАМ

ON THE SPATIAL RELATIONSHIP BETWEEN EARTHQUAKES AND HYDROCARBON DEPOSITS TO FAULT ZONES

М.Ю. Андреева
M.Yu. Andreeva

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
andreeva-mu@mail.ru

В работе на основе метода геостатистики исследуется характер пространственной приуроченности эпицентров землетрясений разных магнитудных уровней, а также скоплений углеводородов, к активным разломным структурам. Общепринятое представление о строгой локализации сильных событий вдоль разломов и квазиравномерном распределении слабых по площади проверяется на детальных данных по двум регионам.

Показано, что для землетрясений с магнитудой до 4.0 распределения расстояний до ближайшего разлома статистически идентичны в обоих регионах: около 60% событий обнаруживают значимую близость к разломным зонам. Для наиболее сильных землетрясений выявляется закономерное смещение в сторону меньших расстояний до разломов по сравнению со слабыми событиями. Данный эффект интерпретируется как следствие неполноты баз данных о мелких разломах.

Установлено, что есть эффект значимой приуроченности углеводородных скоплений к разломным зонам. Сопоставление с модельными случайными выборками подтверждает, что как эпицентры, так и объекты углеводородных месторождений расположены статистически значимо ближе к разломам, чем это следовало бы ожидать при равномерном распределении по площади.

Таким образом, гипотеза о равновероятном распределении слабых землетрясений в пределах полигонов не находит эмпирического подтверждения. Различия в пространственной приуроченности сильных и слабых событий объясняются преимущественно ограничениями исходных данных, а не физическими причинами. Полученные результаты значимы как для понимания сейсмического процесса, так и для прогноза нефтегазоносности на основе разломного фактора.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ОТ МОДЕЛИ САМОРАЗВИВАЮЩИХСЯ ПРОЦЕССОВ И РЕЖИМОВ С ОГРАНИЧЕННЫМ ОБОСТРЕНИЕМ К УПРОЩЕННЫМ АЛГОРИТМАМ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА О. САХАЛИН

FROM MODEL OF SELF-DEVELOPING PROCESSES ANB LOW-UP REGIMES TOWARD SIMPLIFIED ALGORITHMS OF SEISMIC HAZARD ESTIMATE FOR SAKHALIN ISL.

Л.М. Богомолов, В.Н. Сычев
L.M. Bogomolov, V.N. Sychev

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
bleom@mail.ru

На предыдущих конференциях «Геодинамические процессы и природные катастрофы» и в недавней статье [Богомолов и др., 2025] была продемонстрирована возможность обобщения модели саморазвивающихся процессов (СРП) для потоков сейсмических событий перед главным толчком. В обобщенной модели устраняется «сингулярность» - рост сейсмической активности n(t), в отличие от модели СРП, оказывается ограниченным – взрывной рост n(t) прекращается за 5-8 сут. до главного события. С позиций концепции самоорганизации это равносильно описанию выхода системы из режима с обострением, для которого как раз характерен взрывной рост динамических параметров. В геодинамике (в отличие от космологической теории большого взрыва) деформационный процесс непрерывен во времени, и параметры не могут иметь сингулярность.

В нашей недавней работе было обращено внимание, что кратковременный всплеск n(t) с переходом от форшоков к афтершокам можно описать единой пикированной зависимостью, так называемым инстантоном. Модель СРП эффективно применялась для среднесрочных или краткосрочных (по другой шкале, [Малышев, Тихонов, 2007]) прогнозных оценок времени сильного землетрясения, причем в некоторых случаях оценки получались «избыточно точными». На основе кинетических моделей форшоковых последовательностей можно выработать упрощенные способы «прогнозов» по сравнению с алгоритмом из работ Тихонова-Малышева. В этом и состоит замысел представляемой работы. С опорой на прецедент нескольких успешных прогнозов по методу СРП в качестве основного тревожного признака рассматривается десятикратный рост сейсмической активности. Также уделено внимание вопросу про физическое обоснование кинетических моделей форшоковых последовательностей. Отмечено, что уравнения модели СРП можно вывести не только из приближения Фойгта-Варнса [Varnes, 1989], но и из общей модели взрывной неустойчивости в метастабильный средах, а выбор тревожного признака согласуется с «классическим» подходом - концентрационным критерием разрушения Куксенко-Завьялова [Завьялов 2005].

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов Л.М., Родкин М.В., Сычев В.Н. Инстантонное представление форшок-афтершоковых последовательностей // Физика Земли. 2025, Вып. 2. С. 43-57.

2. Завьялов А.Д. От кинетической теории прочности и концентрационного критерия разрушения к плотности сейсмогенных разрывов и прогнозу землетрясений // Физика твердого тела. 2005. Т. 47, вып.6. С. 1000–1008.

3. Малышев А.И., Тихонов И.Н. Нелинейные закономерности развития сейсмического процесса во времени // Физика земли. 2007. № 6. С. 37-51.

4. Varnes D.J. 1989. Predicting earthquakes by analyzing accelerating precursory seismic activity // Pure and Applied Geophysics. 1989. Vol. 130(4). P. 661-686.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В САХАЛИНСКОМ ФИЛИАЛЕ ФИЦ ЕГС РАН

MACROSEISMIC OBSERVATIONSIN SAKHALIN BRANCH OF GEOPHYSICAL SURVEY RAS

Е.Н. Бондаренко[1], Е.В. Ким[1], Н.В. Костылева[2]
E.N. Bondarenko[1], E.V. Kim[1], N.V. Kostyleva[2]

[1]Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Sakhalin Branch of the Federal Research Center of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
[2]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
bkate.qwerty@yandex.ru

Одним из направлений сейсмологических наблюдений является сбор и анализ макросейсмических данных от ощутимых землетрясений в зоне ответственности СФ ФИЦ ЕГС РАН.

Сбор данных о макросейсмических проявлениях землетрясений на Курильских островах, Сахалине, в Приамурье и Приморье осуществляется из всех доступных источников, в числе которых:

- данные сейсмических станций в зоне ответственности которых происходят ощутимые землетрясения (срочные донесения, ежедневные сводки, опрос населения);
- сообщения от гидрометеорологических станций;
- сообщения сотрудников ЕДДС;
- сообщения сотрудников информационных агентств;
- звонки и сообщения от жителей региона.

Для описания признаков проявления землетрясений используется сейсмическая шкала интенсивности MSK-64.

В РИОЦ «Южно-Сахалинск» ежегодно составляется каталог макросейсмических данных, содержащий сведения об ощутимых землетрясениях в зоне ответственности СФ ФИЦ ЕГС РАН. Эти данные содержат сведения о реакции населения на подземные толчки, состоянии зданий и сооружений, о видимых деформациях на поверхности. Сбор макросейсмических данных на Сахалине при землетрясениях с интенсивностью сотрясений не менее 5 баллов, как правило, производится сотрудниками, которые оперативно выезжают в населенные пункты острова с целью сбора более подробных данных. Результаты этих наблюдений дополняют региональные каталоги землетрясений в сборниках ФИЦ ЕГС РАН.

За период наблюдений с 2013 по 2025 г. в каталоге макросейсмических данных имеются сведения по 1125 эпизодам от ощутимых землетрясений на территории, которую охватывает зона ответственности СФ ФИЦ ЕГС РАН. Наибольшее число ощутимых землетрясений, как правило, зафиксировано от землетрясений с эпицентрами в Курило-Охотском регионе. Наименьшее – в регионе Приморья и Приамурья.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 57546-2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 19.07.2017 N 721-ст
2. Рихтер Ч.Ф. Элементарная сейсмология //М.: Изд-во Иностранной лит., 1963, 670 с.
3. Уломов В.И. Внимание! Землетрясение! //Ташкент: Издательство «Узбекистан», 1971, 160 с.
4. Медведев, С.В. Инженерная сейсмология. Москва: Госстройиздат, 1962. 284 с.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОД ЛЕДНИКОВЫМ ПОКРОВОМ АНТАРКТИДЫ С УЧЕТОМ ЛАТЕРАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДСТИ МАНТИЙНЫХ СЛОЕВ И ГЛУБИНЫ ЛИТОСФЕРЫ

RESULTS OF MODELING THE MOVEMENTS OF THE EARTH'S SURFACE UNDER THE ANTARCTIC ICE SHEET, TAKING INTO ACCOUNT THE LATERAL HETEROGENEITY OF THE MANTLE LAYERS AND THE DEPTH OF THE LITHOSPHERE

Р.Ф. Булгаков
R.F. Bulgakov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
r.bulgakov@imgg.ru

По мере накопления геофизических данных по акваториям и суше исследовательскими группами предпринимаются попытки построения моделей литосферы и мантийных слоев с учетом латеральной и глубинной изменчивости. Остаточные движения земной коры после снятия нагружений в результате глобальных оледенений морей представляют собой риски для инфраструктуры прибрежных районов, особенно, с учетом измений уровня морей в результате современного потепления климата. Латеральные изменчивости по глубине литосферы и вязкости слоев мантии необходимо учитывать при прогнозных расчетах изменений уровня морей.

Для оценки вклада учета латеральных неоднородностей использовался программный пакет «Fastisostasy», разработанный Jan Swierczek-Jereczek в кооперации с другими специалистами [Swierczek-Jereczek et al, 2024].

Земная поверхность под ледяным щитом Антарктиды отличается резким разнообразием в латеральном протяжении.

Результат моделирования нагружения ледниковым щитом Антарктиды твердой земной поверхности 26тыс.лет назад при принятии латеральной изменчивости вязкости мантийных слоев, до глубины 2891 км [Yousefi et al, 2021; Pan et al, 2022], т. е. на всю глубину мантийных слоев показал заметное отличие от результатов моделирования при отсутствии латеральной изменчивости вязкости мантийных слоев и постоянной глубины литосферы. Что ставит серьезную задачу по оценке характеристик и параметров мантии и литосферы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Swierczek-Jereczek J., Montoya M., Latychev K., Robinson A., Alvarez-Solas J., Mitrovica J. FastIsostasy v1.0 – a regional, accelerated 2D glacial isostatic adjustment (GIA) model accounting for the lateral variability of the solid Earth // Geoscientific Model Development. 2024. Vol. 17(13). P. 5263–5290.

2.Yousefi M., Milne G.A., Latychev K. Glacial isostatic adjustment of the Pacific Coast of North America: the influence of lateral Earth structure // Geophys. J. Int. 2021. Vol. 226. P. 91–113.

3.Pan L., Milne G.A., Latychev K., Goldberg S.L., Austermann J., Hoggard M.J., Mitrovica J.X. The influence of lateral Earth structure on inferences of global ice volume during the Last Glacial Maximum. Quaternary Science Reviews, 2022 Vol. 90, Pp.1-13, https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107644

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

МЕХАНИЗМ И ТИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ДИФФУЗНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В ПРИАМУРЬЕ

MECHANISM AND TYPES OF INTERACTION BETWEEN MIGRATION FLOWS OF EARTHQUAKES AND DIFFUSE SEISMICITY IN THE AMUR REGION

В.Г. Быков, Т.В. Меркулова
V.G. Bykov, T.V. Merkulova

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия
Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, FEB RAS, Khabarovsk, Russia
bykovitig@mail.ru

Землетрясения в Приамурье в большинстве случаев относятся к событиям слабой и умеренной интенсивности. Распределение эпицентров землетрясений имеет преимущественно диффузный (или рассеянный) характер. К этому типу сейсмической активности обычно относят скопления эпицентров землетрясений с магнитудой M ≤ 4, не связанных с известными сейсмогенерирующими структурами. Наряду с диффузной сейсмичностью на территории Приамурья выделяется направленная миграция землетрясе ний − последовательное возникновение землетрясений, образующих упорядоченную структуру (цепочки) в определенном направлении.

Цель исследования состояла в выяснении влияния миграции землетрясений на структуру и динамику слабой сейсмичности в Приамурье, а также возможного механизма взаимодействия цепочек землетрясений с диффузной сейсмичностью.

На основе анализа временного хода сейсмических событий в разных диапазонах магнитуд, произошедших в различных тектонических обстановках Приамурья (зона коллизии Буреинского массива и Алдано-Станового блока, отдельные сегменты трансформного разлома Тан-Лу, расположенные на территории России) в период с 1960 по 2024 годы, установлено существенное влияние миграции землетрясений на слабую сейсмичность в областях, прилегающих или близко расположенных к миграционным цепочкам землетрясений. Выявлено два типа взаимодействия миграции землетрясений и диффузной сейсмичности: “мгновенное” и “запаздывающее”. Характер взаимодействия миграции землетрясений и диффузной сейсмичности показывает, что активизацию слабой рассеянной сейсмичности можно идентифицировать как волновой процесс.

Предложен деформационно-волновой механизм воздействия миграции землетрясений на динамику и структуру диффузной сейсмичности, который заключается в следующем. Одной из основных причин направленной миграции землетрясений считается распространение медленных деформационных волн или фронтов деформирования. Поэтому цепочки землетрясений (направленная миграция) служат маркерами прохождения деформационных волн, которые “переключают” геосреду из стационарного состояния в возбужденное. После этого диффузная сейсмичность снимает возбуждение (часть напряжения) и переводит геосреду в обычное стационарное состояние. Так прохождение медленной деформационной волны (цепочки землетрясений) высвобождает накопленную энергию деформации. Происходить это высвобождение должно в виде усиления (всплеска) диффузной сейсмичности. Анализ результатов расчетов расположения миграционных цепочек и слабых сейсмических событий по профилям, распределения слабых землетрясений в различные временные интервалы подтверждает связь усиления слабой сейсмичности с формированием миграционных цепочек землетрясений (Быков, Меркулова, 2024; 2026). Важно, что медленные волны деформации могут вызывать не только умеренные и сильные землетрясения, как считалось ранее, но опосредовано активизировать и слабую диффузную сейсмичность.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИТиГ ДВО РАН (тема НИР № 126020216323-2).

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

АКТИВИЗАЦИЯ ВУЛКАНИЗМА НА ЦЕНТРАЛЬНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДУПЛЕТА СИМУШИРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

THE TRIGGERING OF VOLCANIC ACTIVITY IN THE CENTRAL KURILS FOLLOWING THE GREAT SIMUSHIR EARTHQUAKES

Н.Ф. Василенко[1], А.С. Прытков[1], Д.И. Фролов[2]
N.F. Vasilenko[1], A.S. Prytkov[1], Frolov D.I.[2]

[1]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
[2]Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург
[2]The Ioffe Physical-Technical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia
a.prytkov@imgg.ru

Взаимосвязь между сейсмичностью и вулканизмом является фундаментальным вопросом геодинамики, не имеющим однозначного отражения в научных исследованиях. Создание Курильской сети непрерывных и периодических GNSS наблюдений дало обширный материал для изучения взаимосвязи этих геодинамических процессов в зоне субдукции Североамериканской и Тихоокеанской литосферных плит на примере сильнейшего дуплета Симуширских землетрясений 2006 г. (M_w 8.3) и 2007 г. (M_w 8.1) [1].

Горизонтальные косейсмические смещения GNSS пунктов (до 40 см) в результате первого (M_w8.3) межплитового события были направлены в сторону зоны субдукции. Длительный процесс затухающей постсейсмической релаксации смещений продолжался ~12 лет и достигал ~65 см. К эпицентральной зоне дуплета землетрясений приурочены и сильнейшие с 1986 г. (VEI ≥ 3) извержения вулканов Курильской островной дуги [2].

В июне 2009 г. (после 33 лет покоя и спустя 2.5 года после Симуширских землетрясений в период интенсивного процесса постсейсмической релаксации) произошло мощное эксплозивно-эффузивное извержение влк. Пик Сарычева на о. Матуа (VEI = 4). GNSS пункт непрерывных наблюдений, расположенный в ~6 км от вулкана, сместился на ~30 мм в сторону кратера и опустился на ~40 мм. Это позволило оценить глубину магматического очага ~8 км, используя модель сферического источника K. Mogi.

В ноябре 2012 г., после 30-летнего покоя, на влк. Сноу (о. Чирпой) началось побочное эффузивное извержение. Активная фаза извержения (VEI = 3) продолжалась в течение 4-х лет в период завершения постсейсмической релаксации в этом районе.

Мощное (VEI = 4) эксплозивное извержение вулкана на о. Райкоке (центральные Курилы) началось в июне 2019 г. после 95 лет покоя. Оно произошло на стадии полного затухания постсейсмического процесса в этой части островной дуги.

Дуплет сильнейших Симуширских землетрясений и мощные вулканические извержения 2009-2019 гг. на центральных Курильских островах следует рассматривать как взаимосвязанные геодинамические процессы, сосуществующие в разное время в одном пространстве. Триггером вулканических извержений явилась релаксация напряжений горизонтального сжатия в земной коре эпицентральной зоны этих землетрясений на различных стадиях постсейсмического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kogan M.G., Vasilenko N.F., Frolov D.I. et al. Rapid postseismic relaxation after the great 2006-2007 Kuril earthquakes from GPS observations in 2007-2011 // J. Geoph. Res. Solid Earth. 2013. Vol. 118, N 7. P. 3691–3706. https://doi.org/10.1002/jgrb.50245

2. 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. http://dx.doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.3.259-266.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

МЕЛОВЫЕ ГРАНИТОИДЫ И АССОЦИИРУЮЩИЕ ПОРОДЫ И ИХ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ТРАНСФОРМАЦИИ КОНВЕРГЕНТНЫХ ОБСТАНОВОК В ЭВОЛЮЦИИ ВОСТОЧНЫХ ОКРАИН СЕВЕРНОЙ АЗИИ

CRETACEOUS GRANITOIDS AND ASSOCIATED ROCKS AND THEIR GEOCHEMICAL MARKERS OF THE TRANSFORMATION OF CONVERGENT ENVIRONMENTS IN THE EVOLUTION OF THE EASTERN MARGINS OF NORTH ASIA

А.Е. Верниковская[1,2,3], В.Ю. Фридовский[3], Н.Ю. Матушкин[1,2], Я.А. Тарасов[1,3], Е.А. Богданов[1,2]

A.E. Vernikovskaya[1,2,3], V.Yu. Fridovsky[3], N.Yu. Matushkin[1,2], Ya.A. Tarasov[1,3], E.A. Bogdanov[1,2]

[1]Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия
[1]Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

[2]Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск. Россия
[2]Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS Novosibirsk, Russia

[3]Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия
[3]Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, Yakutsk, Russia
vernikovskayaae@ipgg.sbras.ru

Изменение режима субдукции (откат/заклинивание/отрыв слэба) и апвеллинг астеносферы вгеодинамических обстановках активных континентальных окраин приводит ксмешиванию магм основногои кислого состава.Вследствие таких процессов образовались надсубдукционные граниты рапакиви A-I-S типа и ассоциирующие с ними мафитовые породыюго-восточной окраины Северной Азии (Верхояно-Чукотская складчатая область)в меловое время (121–119 и 95–88 млн лет назад) [Верниковская и др., 2024; 2025; 2026]. В эволюции арктической активной континентальной окраины Евразии в надсубдукционных комплексах Северного батолитового пояса (Верхояно-Колымская складчатая область) устанавливается геохимическая зональность валанжин-альбского гранитоидного магматизма, с омоложением пород от южной части к северной в юго-западном фрагменте этого пояса, и появлением, помимо гранитов I-типа, также гранитов смешанного I-S- и A-типов, с учетом новых и опубликованных данных из [Лучицкая и др., 2023]. Эти особенности гранитоидов могут быть объяснены миграцией в этом направлении магматической дуги (фронта) от континента в сторону океана в связи с откатом слэба, что привело к увеличению мантийного компонента в магматических источниках пород Северного батолитовогопояса.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ № 25-27-00639.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верниковская А.Е., Фридовский В.Ю., Родионов Н.В., Матушкин Н.Ю., Кадильников П.И., Кудрин М.В., Тарасов Я.А. Граниты рапакиви и ассоциирующий магматизм аптского этапа в развитии активной континентальной окраины Сибирского кратона (Северо-Восток Азии) // Доклады РАН. Науки о Земле. 2024. Т. 514, № 2. С. 281-292.

2. Верниковская А.Е., Фридовский В.Ю., Матушкин Н.Ю., Тарасов Я.А., Богданов Е.А., Родионов Н.В., Кадильников П.И. Позднемеловые граниты рапакиви ассоциирующие породы в эволюции Охотско-Чукотской активной окраины // Доклады РАН. Науки о Земле. 2025.Т. 524, № 2. С. 233-243.

3. Верниковская А.Е., Фридовский В.Ю., Матушкин Н.Ю., Богданов Е.А., Тарасов Я.А. Происхождение гранитов рапакиви и ассоциирующего золотого оруденения комплексов активной континентальной окраины юго-западного и юго-восточного обрамлений Сибирского кратона // Петрология. 2026. Т. 34, № 4. С. 17–20.

4. Лучицкая М.В., Герцева М.В., Сысоев И.В. Геодинамика и раннемеловой магматизм Северного вулкано-плутонического пояса Верхояно-Колымской складчатой области (Северо-Восток России) // Геотектоника. 2023. № 5. С. 96–120.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

СООТНОШЕНИЕ КОЛЛИЗИОННОГО И ПЛЮМОВОГО МАГМАТИЗМА НА ПРИМЕРЕ ТАЙМЫРО-СЕВЕРОЗЕМЕЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТО-ПОКРОВНОЙ ОБЛАСТИ: ГЕОДИНАМИЧЕСКОЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

THE RELATIONSHIP BETWEEN COLLISIONAL AND PLUME MAGMATISM: A CASE STUDY OF THE TAIMYR-SEVERNAYA ZEMLYA FOLD-AND-THRUST BELT – GEODYNAMIC AND NUMERICAL MODELING

В.А. Верниковский[1,2], О.П.Полянский[1,3], А.Н. Семенов[1,3], А.Е.Верниковская[1,2], Н.Ю. Матушкин[1,2]
V.A. Vernikovsky[1,2], O.P. Polyansky[1,3], A.N. Semenov[1,3], A.E. Vernikovskaya[1,2], N.Yu. Matushkin[1,2]

[1]Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия,
[1]NovosibirskStateUniversity, Novosibirsk, Russia

[2]Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск. Россия
[2]Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB of RAS, Novosibirsk, Russia

[3]Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия
[3]Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB of RAS, Novosibirsk, Russia
VernikovskyVA@ipgg.sbras.ru

Проблема соотношения коллизионного и плюмового магматизма обсуждается в литературе уже несколько десятков лет (Dobretsov, Vernikovsky, 2001; Добрецов, 2020; и др.). Особо дискутируются вопросы влияния плюмов на коллизию, развитие крупных изверженных провинций и связанного с ними гранитообразования, а также вероятные модели взаимодействия тектоники плит и тектоники плюмов (Верниковский и др., 2026; и др.). Карский ороген, который сформировался в результате коллизии Карского микроконтинента с Сибирью, является прекрасным объектом для решения этих и других подобных вопросов. Здесь представлены типичные для орогеновсин- ипостколлизионные граниты и сиениты, возраст которых (251–233 млн лет) перекрывает интервал проявления траппов главной фазы Сибирского плюма. Нами рассмотрено формирование гранитоидов Карского орогена в условиях повышенного теплового потока вследствие распада орогена на протяжении всей постколлизионной стадии до предплюмового этапа его развития (280–250 млн лет назад) на основе применения трехмерного численного моделирования. Одновременно с завершением постколлизионного гранитоидного магматизма в пределах Карского орогена (250-248 млн лет назад) проявилась главная фаза траппового магматизма Сибирского плюма (251-249 млн лет). Косая коллизия Сибирского палеоконтинента и Карского микроконтинента в конце палеозоя привела к открытию проницаемых структур для магматических расплавов Сибирского плюма и стала «тригером» для излияния Сибирских траппов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 24-17-00057).

ЛИТЕРАТУРА

1. Dobretsov N.L., Vernikovsky V.A. Mantle plumes and their geologic manifestations // Int. Geol. Rev. 2001, Vol. 43, № 9, p. 771—787.

2. Добрецов Н.Л. Взаимодействие тектоники плит и тектоники плюмов: вероятные модели и типичные примеры // Геология и геофизика, 2020. Т. 61, № 5–6, С. 617–647.

3. Верниковский В.А., Семенов А.Н., Полянский О.П., Верниковская А.Е., Матушкин Н.Ю. Формирование постколлизионных гранитов Карского орогена (северный Таймыр, центральная Арктика) до появления Сибирского плюма: от двумерного к трехмерному моделированию // Геология и геофизика. 2026. Т. 67 (1). С. 68-83.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ И ВРЕМЕННЫХ АНОМАЛИЙ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА – ОПЕРАТИВНЫЙ ПРЕДВЕСТНИК ВУЛКАНИЧЕСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ

JOINT ANALYSIS OF SEISMOLOGICAL ACTIVIZATION DATA AND TEMPORAL HEAT FLOW ANOMALIES IS AN OPERATIONAL PRECURSOR OF A VOLCANIC ERUPTION

О.В. Веселов, А.И. Казаков
O.V. Veselov, A.I. Kazakov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
o.veselov@imgg.ru

На примере подготовки извержения вулкана Иван Грозный в 1989 г. проанализированы проявления сейсмической активизации и температурных аномалий на хребте Грозный (о. Итуруп), наблюденные в 1989 г. Севернее вулкана Иван Грозный находится в 12 км вулкан Баранского. По геофизическим данным вулканы связаны единой магматической зоной, расположенной в верхней мантии на глубине около 30 км. На юго-западном склоне влк. Баранский в пределах гидротермального месторождения «Океанское» в декабре 1988 г. был введен в режимные наблюдения термометрический полигон, состоящий из 10 неглубоких скважин, в которых на 2-х уровнях (300 и 310 м от уровня моря) установлены терморезисторы. Регистрация температур проводилась через трое суток [1].

3 мая 1989 г. произошло сильное извержение влк. Иван Грозный с выбросом пепла. Наблюдались выбросы пепла 8 мая, 19 июня с затуханием активности к концу года. В связи с этим извержением сопоставлена информация о землетрясениях, произошедших с начала 1989 г. вблизи вулкана, и температурных аномалиях, зафиксированных в полигонных скважинах. Особенно высокие подъемы температур были отмечены в скважинах Т2, Т5, Т10 (соответственно 5.8, 32.2, 23.4 градусов). Тараканoвым Р.З. были созданы проекции гипоцентров землетрясений за период 1988-1989 гг. в пределах субширотной полосы (шириной в несколько десятков км), проходящей через вулкан Иван Грозный [2] . Очаги землетрясений разделились на две группы. Одна находилась в земной коре до 30 км, вторая – в интервале от 50 до 80 км. Интервал глубин от 30 до 50 км был асейсмичен. Выделена серия землетрясений, произошедших под вулканом с 9 марта до 30 апреля, когда сейсмическая активность резко снизилась. После каждого землетрясения с К ≥ 8 в зоне вулкана с марта 1989 г. начались существенные подъемы температур в скважинах полигона. Эту характерную зависимость сейсмической активизации и повышения температуры в приповерхностной части коры в зоне вулкана рекомендуется применить как оперативный предвестник извержения вулкана в пределах Курило-Камчатской островной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веселов О.В., Семакин В.П., Соинов В.В., Лютая Л.М. Геологическое строение и динамика теплового поля гидротермального участка Кипящий (вулкан Баранского, о-в Итуруп) // Геофизические поля и моделирование тектоносферы. Южно- Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН ,1997. С. 191-237. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого с Евразией. Т.III).

2.Тараканов Р.З., Куракина Л.М. Глубинные сейсмические проявления, связанные с активизацией вулкана Иван Грозный (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 1993. №1. С. 3-16.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ОЦЕНКИ ВАРИАЦИЙ ГЛУБИН ГРАНИЦ ЗОНЫ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ МАНТИИ В ЮЖНОМ СЕГМЕНТЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ЗОНЫ РФ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

ESTIMATES OF VARIATIONS IN THE DEPTHS OF THE MANTLE TRANSITION ZONE IN THE SOUTHERN SEGMENT OF THE FAR EASTERN ZONE OF RUSSIA AND THEIR POSSIBLE TECTONIC CONSEQUENCES

А.Г. Гоев[1], К.А. Докукина[2], А.И. Филиппова[3], С.И. Орешин[4], Д.В. Костылев[1,5,6], Н.В. Костылева[5,6]

A.G. Goev[1], K.A. Dokukina[2], A.I. Filippova[3], S.I. Oreshin[4], D.V. Kostylev[1,4,5], N.V. Kostyleva[5,6]

[1]Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия
[1]Sadovskiy Institute of Geosphere Dynamics RAS, Moscow, Russia

[2]Геологический институт РАН, г. Москва, Россия
[2]Geological Institute RAS, Moscow, Russia

[3]Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Москва, Троицк, Россия
[3]Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere, and Radio Wave Propagation, Russian Academy of Sciences, Moscow, Troitsk, Russia

[4]Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, г. Москва, Россия
[4]Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia

[5]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[5]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[6]Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск, Россия
[6]Sakhalin Branch of the Federal Research Center of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
andr.goev@gmail.com

Методом функций приемника проанализированы данные 22 постоянных широкополосных сейсмических станций Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН, расположенных на материковой части Амурской плиты, о. Сахалин и Курильских островах [Костылев и др., 2025]. Собранная база данных из более чем 7400 сейсмограмм обменных волн Ps впервые позволила получить региональные и достаточно детальные оценки времен их вступления от границ зоны фазовых переходов мантии на глубинах 410 и 660 км (mantle transition zone, MTZ). Для вычисления глубин залегания границ MTZ по полученным аномалиям времен пробега, были использованы две скоростные модели – глобальная CSEM2 [Noe et al., 2024] и региональная, построенная по данных поверхностно-волновой томографии.

Результаты демонстрируют явное взаимодействия Тихоокеанского слэба с границей 410 в районе г. Владивосток и в самой южной части о. Сахалин и, а с границей 660 в центральной и северной частях острова. В основной, материковой части Амурской плиты значимых аномалий глубин залегания границ MTZ не выявлено. Анализ полученных оценок позволяет сделать выводы о наличии разрывов в слэбе в рамках изучаемой территории.

Работа выполнена за счет средств Российского научного фонда (грант № 25-27-00240).

ЛИТЕРАТУРА

1. Костылев Д.В., Гоев А.Г., Костылева Н.В. Сейсмическая сеть южного сегмента Дальневосточной зоны РФ и ее возможности для изучения неоднородностей в верхней мантии // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2025. Т. 64, № 5. С. 100-108. DOI 10.55959/MSU0579-9406-4-2025-64-5-100-108

2. Noe S., van Herwaarden D.P., Thrastarson S., Pienkowska M., Masouminia N., Ma J., Bunge H.P., Wehner D., Rawlinson N., Gao Y., Tilmann F., Rodgers A., and Fichtner A. The Collaborative Seismic Earth Model: Generation 2 // JGR Solid Earth. 2024. Vol. 129. № 12.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ФОТОАРХИВЫ КАТАСТРОФ: СВИДЕТЕЛЬСТВА, КОТОРЫЕ НЕЛЬЗЯ ПОТЕРЯТЬ

PHOTO ARCHIVES OF DISASTERS: TESTIMONIES THAT MUST NOT BE LOST

М.В. Гридяева
M.V. Gridyaeva

Государственный исторический архив Сахалинской области, г. Южно-Сахалинск, Россия
The State Historical Archive of the Sakhalin Region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
grimar123@yandex.ru

Фотоархивы катастроф – этоособый тип документального наследия, не просто архив снимков, а многослойный источник научной и социальной памяти, который фиксирует масштаб бедствия, динамику стихии и человеческий опыт столкновения с катастрофой. Особо важно их сохранение для Сибири и Дальнего Востока, где высоки природные риски.

Цель работы: показатьценность таких коллекций, рассмотреть стратегии их сохранения и использования.

Природные катастрофы фиксируются в результате профессиональной съемки (фото и видео научных экспедиций сейсмологов, вулканологов, океанологов, сотрудников МЧС, гидрометеослужбы).Также это может быть репортажная фотография (работы журналистов, освещавших ликвидацию последствий), а также любительская съемка (снимки очевидцев). Для науки такие фото – источник точных данных, для общества – память, которая помогает осмыслить трагедию и извлечь из нее уроки.

Но сам по себе отдельный кадр – это еще не архив. Снимки превращаются в фотоархив, когда их накапливают, систематизируют и используют как единый источник информации.

Можно выделить несколько проблем сохранения фотонаследия: фрагментарность и разбросанность материалов;физическое разрушение носителей с течением времени; уязвимость цифровых архивов; утрата контекста; закрытость или недоступность для широкого научного использования; организационные риски – недостаток финансирования, отсутствие специалистов по оцифровке и каталогизации, переезды/реорганизации учреждений. Все это может привести к утрате целых коллекций, а, значит, исчезновению свидетельств, которые невозможно воссоздать. Катастрофа происходит один раз, и зафиксировать её заново нельзя.

Для того чтобы фотодокументы действительно сохраняли память и были полезны науке, возможны решения. В числе приоритетных задач – создание цифровых копий, их систематизация и каталогизация; создание и развитие тематических баз и порталов (единого природного ресурса по природным катастрофам); межведомственное взаимодействие; публичные проекты и популяризация; работа с частными коллекциями.

Примеры из практики:оцифровка и анализ фотоархива цунами 1952 г. (Северо-Курильск), на основе которого подготовлен специализированный сборник «Цунами на Курильских островах. Особенности проявления и меры по снижению риска»; сбор и оцифровка снимков тайфуна «Филлис» (1981), в т. ч. хранящихся в ГИАСО, публикация коллекции негативов, которые собрал фотограф А. Гайворон; сбор визуальных свидетельств о землетрясении в Нефтегорске (1995).Сохранившиеся фотографии и документыпомогли ученым восстановить и проанализировать хронологию трагедии в Нефтегорске, оценить инженерные просчёты, скорректировать нормы сейсмического районирования (конференция «Геодинамические процессы и природные катастрофы») (2015).

Таким образом, систематизированное сохранение фотонаследия и архивных материалов – это вклад в устойчивость региона, в безопасность и понимание его истории, в связи с чем исключительно важно поддерживать инициативы по оцифровке, участвовать в проектах по сбору личных архивов, развивать междисциплинарные исследования на стыке истории, географии, геологии и IT.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ТЕФРА КАЛЬДЕРНОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ЛЬВИНОЙ ПАСТИ (О. ИТУРУП)

TEPHRA OF THE CALDERA ERUPTION OF LVINAYA PAST (ITURUP ISI.)

А.В. Дегтерев[1,2], С.З. Смирнов[2], А.Я. Шевко[2], Д.В. Кузьмин[2], И.Р. Низаметдинов[2], Т.Ю. Тимина[2], М.В. Чибисова[2]
A.V. Degterev[1,2], S.Z. Smirnov[2], A.Ya. Shevko[2], D.V. Kuzmin[2], I.R. Nizametdinov[2], T.Yu. Timina[2], M.V. Chibisova[2]

[1] Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
[2]Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия
[2]Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia
d_a88@mail.ru

Кальдера Львиная Пасть, расположенная в южной части о. Итуруп, является крупнейшей полузатопленной кальдерой Курильской островной дуги (размеры 7×9 км, площадь ~50 км², общий объем депрессии ~ 25 км³, из которых 12,26 км³ приходится на подводную часть). Ее образование связано с двумя последовательными катастрофическими извержениями (LP-I и LP-II), происходившими на рубеже плейстоцена и голоцена (объем пирокластики 80-100 км³ (DRE 35–45 км³), представленной дацитами и риодацитами).

В ходе полевых работ, выполненных в 2025-2026 гг. сотрудниками ИМГиГ ДВО РАН (Южно-Сахалинск) и ИГМ СО РАН (Новосибирск) в южной части зал. Касатка (центральная часть о. Итуруп) впервые была обнаружена и изучена тефра кальдеры Львиная Пасть, первые сведения о которой приводятся в настоящем исследовании.

Тефра, связанная с катастрофическим извержением Львиной Пасти, вскрывается в основании почвенно-пирокластического чехла, срезанного дорожным откосом (южная часть зал. Касатка, район ск. Чертовка), где она залегает между горизонтами погребенных почв. Тефра кальдеры Львиная Пасть образует значительный по мощности слой (35-50 см) песочного (бледно-желтого) цвета, из-за чего контрастно выделяется на фоне вмещающих отложений почвенно-пирокластического чехла. Строение слоя неоднородное, имеет хорошо выраженную стратификацию. Верхняя ее часть (60-65 % мощности) представлена несортированным, очень пористым, пемзовым материалом от пепла до лапилли. Средняя часть сложена дробно-стратифицированными слойками тонких и грубых пеплов, а нижняя часть характеризуется ритмичным переслаиванием пеплов с примесью мелких лапиллей. В пределах исследуемого разреза, вскрывающего тефру, отмечаются значительные вариация угла падения отложений, иногда довольно крутые (свыше 40-50º), из-за чего видимая мощность тефры на некоторых участках превышает 1 м. Тефра Львиной Пасти подстилается хорошо гумусированной погребенной почвой, которая отобрана для последующего датирования (радиоуглеродным методом). Вещественный состав вулканического стекла исследуемой тефры отвечает умеренно-калиевым риолитам и полностью аналогичен составу стекла из отложений пирокластических потоков, изученных в районе пер. Рокка (составы стекла были изучены в ИГМ СО РАН). Под отложениями пирокластики Львиной Пасти залегает пачка тефры (мощность 20-25 см), представленной грубым пеплом и мелкими лапилли (до 4-5 мм) с отчетливо выраженной обратной градационной слоистостью, источник которой на данный момент еще не установлен. Подстилаются отложения несортированным грубообломочным материалом (элювий, пролювий, коллювий) верхнеплейстоценового возраста.

Исследования выполнены в рамках проекта Российского научного фонда «Катастрофические эксплозивные извержения Большой Курильской гряды в неоплейстоцен-голоцене: состав магм и условия становления магматических очагов» (№ 26-17-00298, руководитель – д.г.-м.н. С.З. Смирнов, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск). Полевые работы 2025 г. проводились в соответствии с темой государственного задания ИМГиГ ДВО РАН № FWWM-2024-0003 «Вулканизм Сахалина и Курильских островов: хронология, петролого-геохимические особенности, гидротермальные проявления, мониторинг вулканической активности».

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА ЭБЕКО (О. ПАРАМУШИР) В 2016–2025

ERUPTION OF EBEKO VOLCANO (PARAMUSHIR ISLAND) IN 2016–2025

А.В. Дегтерев, М.В. Чибисова
A.V. Degterev, M.V. Chibisova

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
m.chibisova@imgg.ru

Действующий вулкан Эбеко (абс. выс. 1156 м) расположен в северной части о. Парамушир, в 7 км к западу от г. Северо-Курильск (Сахалинская область). По частоте и продолжительности извержений вулкан Эбеко является одним из наиболее активных вулканов Большой Курильской гряды. Его извержения происходили в 1793 г., 1833–1834, 1859, 1934–1935, 1963, 1965, 1967–1971, 1987–1991, 2009, 2010–2011, 2016–2021, 2022–2025 гг. [Горшков, 1967; Меняйлов и др., 1992; Котенко и др., 2023; Дегтерев, Чибисова, 2020 и др.]. Высокая активность вулкана и близость к населенному пункту делает его изучение актуальным, не только с научной, но и с практической точки зрения.

С октября 2016 г. по декабрь 2021 г. влк. Эбеко находился в состоянии длительного эксплозивного извержения, протекавшего в форме регулярных (десятки в месяц) фреатических и фреато-магматических взрывов [Рыбин и др., 2017; Дегтерев, Чибисова, 2022]. Суммарно за год группой SVERT регистрировалось от 550 до 805 выбросов на высоту 1–3 (до 5,5) км н.у.м. (здесь и далее приводится высота в километрах над уровнем моря). Наступивший с конца 2021 г. период затишья прервался в июне 2022 г., когда вулкан вновь заработал в прежнем режиме: за 2022–2024 гг. зафиксирована 1891 эксплозия (из них 727 — на высоту 3 км и более). По результатам наших наблюдений, усиление эруптивной деятельности отмечалось преимущественно в летнее время, в отдельные месяцы количество взрывов достигало 100 и более (например, июль 2022 г. – 174, август 2022 г. – 137). В 2024 г., напротив, активность вулкана была повышенной в апреле — 112 эксплозий, 33 из которых на высоту 3 км и более, что примерно в два раза выше, чем за 2018–2023 гг. (от 21 до 56 событий).

С октября 2024 г. активность Эбеко существенно снизилась. Это выражалось в уменьшении частоты и высоты взрывов, увеличении интервалов между ними и снижении концентрации пепла в шлейфах. Последний парогазовый выброс с небольшим количеством пепла зафиксирован 16 января 2025 г. Затем наступил перерыв до единичного выброса 25 мая 2025 г. [Котенко, 2025]. В настоящее время вулкан находится в спокойном состоянии.

Исследования были выполнены в соответствии с темой государственного задания ИМГиГ ДВО РАН № FWWM-2024-0003 «Вулканизм Сахалина и Курильских островов: хронология, петролого-геохимические особенности, гидротермальные проявления, мониторинг вулканической активности».

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ САХАЛИНСКОГО РЕГИОНА

INITIAL RESULTS OF PHYSICAL MODELING OF GEODYNAMIC PROCESSES IN THE SAKHALIN REGION

В.А. Дегтярев[1], А.В. Черемных[2], П.А. Каменев[1]
V.A. Degtyarev[1], A.V. Cheremnykh[2], P.A. Kamenev[1]

[1]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия
[2]Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia
degtyarevvladislav96@yandex.ru
cherem@crust.irk.ru
p.kamenev@imgg.ru

В недавнем обобщении [Degtyarev, Kamenev, 2026] на основе анализа предшествующих работ показано, что в настоящее время развитие о. Сахалин происходит в транспрессионной обстановке. Начиная с середины палеогена Охотская плита вращается против часовой стрелки и по ее западной периферии происходит формирование правых сдвигов и процессы рифтообразования, включая и процесс формирования рифтогенного прогиба Татарского пролива с мощным осадочным чехлом. Затем, в начале четвертичного периода, на фоне продолжающегося вращения Охотской плиты начинается давление со стороны Амурской плиты, и накопившиеся за это время многокилометровые осадочные толщи Татарского пролива сминаются, взбрасываются по уже существующим крупным разломам и формируют Западно-Сахалинские горы.

На основе предложенной модели реализовано физическое моделирование. Разработана схема эксперимента, на ее основе сконструирована установка для моделирования, подобраны условия подобия модели и осуществлено само моделирование. По результатам первых экспериментов показана возможность и перспектива аналогового моделирования Охотоморского региона. Получен ряд структур, соответствующих кинематике и морфологии ключевых геологических объектов о. Сахалин. Получена система правых сдвигов, отмеченная ранее при полевых структурно-геологических исследованиях рядом авторов [Рождественский, 1982; Голозубов и др., 2012]. На ряде участков отмечена система кулисообразных трещин пилообразной формы (или характерная структура «домино»), сопровождающая сдвиговые деформации, присущая разломам Сахалина и отмеченная в работе на основе спутниковых и полевых данных [Fournier et al., 1994]. Однако первые эксперименты также показали и ряд недостатков, подлежащих устранению при проведении последующих экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Degtyarev V.A., Kamenev P.A. Detailing the Time Frame of Geodynamic Processes on Sakhalin Island in the Cenozoic // Russian Journal of Pacific Geology. 2026. Vol. 20, Suppl. 1, P. S35–S45.

2. Рождественский В.С. Роль сдвигов в формировании структуры о. Сахалин // Геотектоника. 1982. № 4. С. 99–111.

3. Голозубов В.В., Касаткин С.А., Гранник В.М., Нечаюк А.Е. Деформации позднемеловых и кайнозойских комплексов Западно-Сахалинского террейна // Геотектоника. 2012. № 5. С. 22–43.

4. Fournier M., Jolivet L., Huchon P., Sergeyev K., Oskorbin L.S. Neogene strike-slip faulting in Sakhalin and the Japan Sea opening. Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 1994, Vol. 99(B2). P. 2701–2725.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

СТРОЕНИЕ И АРХЕЙСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ АКТИВНОЙ ПАЛЕОКРАИНЫ ИНАРИ-КОЛЬСКОГО КОНТИНЕНТА, ФЕННОСКАНДИНАВСКИЙ ЩИТ

ARCHITECTURE AND ARCHEAN EVOLUTION OF THE ACTIVE PALEOCONTINENTAL MARGIN OF THE INARI–KOLA CONTINENT, FENNOSCANDIAN SHIELD

К.А. Докукина
K.A. Dokukina

Геологический институт РАН, г. Москва, Россия
Geological Institute of RAS, Moscow, Russia
dokukina@mail.ru

Современная тектоника плит — один из ключевых факторов, контролирующих эволюцию литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы Земли. Поэтому установление времени возникновения субдукции современного стиля имеет принципиальное значение. В настоящее время активно обсуждается вопрос о существовании тектоники плит современного типа в архее: приводятся доводы как «за», так и «против». В пределах мезо-неоархейской палеоокраины Инари-Кольского континента (Беломорская эклогитовая провинция) выявлены многочисленные геологические свидетельства геодинамических обстановок, типичных для тектоники плит: офиолиты, породы абиссальной мантии, продукты островодужного и адакитового магматизма, высокобарические комплексы субдукционного происхождения (эклогиты). Это позволяет применять для изучения архейских пород модели и подходы, разработанные для фанерозойских активных окраин.

Исследованные породы фиксируют полный цикл эволюции океанической литосферы (коры и мантии) в архейской зоне субдукции и синхронное формирование Инари-Кольской континентальной окраины. Эклогиты образовались по океаническим габброидам (комплекс переслаивающихся габбро, Fe-Ti-габбро и габброноритов), базальтам и вулканогенно-осадочным породам. Их протолиты формировались ~2,9 млрд лет назад в ходе раскрытия мезоархейского медленно-спредингового океанического хребта [Mints et al., 2014]. Дальнейшая эволюция океанических пород включала низкотемпературные изменения на морском дне и завершалась погружением в мантию в зоне субдукции на глубину более 70 км с образованием эклогитов. Породы абиссальной мантии представлены метасерпентинитами — результатом низкотемпературной гидратации мантийных перидотитов в обстановке медленно-спредингового хребта или в зоне изгиба плиты у желоба. Впоследствии, при дегидратации серпентинитов в ходе субдукционного погружения на глубину свыше 30 км и при температуре ~650 °C, они трансформировались в хлоритовые гарцбургиты. Адакитовые жилы кислого и среднего состава в эклогитах служат ключевым свидетельством частичного плавления относительно молодой и горячей эклогитизированной океанической плиты в субдукционной зоне, что способствовало наращиванию континентальной окраины. Среди вмещающих ТТГ-гнейсов выделяются две разновидности: гнейсы адакитового и андезитового состава. Первые, вероятно, являются производными плавления эклогитов, тогда как вторые могут быть связаны с плавлением пород мантийного клина, метасоматизированного надсубдукционными флюидами. Согласно последним оценкам, первые адакитовые расплавы образовались при температурах ~800 °C и давлениях свыше 22 кбар. Исследование архейской субдукционной системы данные важно как для моделирования современных процессов, так и для калибровки геодинамических моделей применительно к архейским условия.

Работа выполнена согласно плану научных исследований ГИН РАН (FMMG-2023-0007) и является вкладом в проект РНФ № 25-77-10097.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mints M.V., Dokukina K.A., Konilov A.N. The Meso-Neoarchaean Belomorian eclogite province: Tectonic position and geodynamic evolution // Gondwana Research. 2014. Vol. 25. P. 561–584.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПРИЛИВНЫЕ ГАРМОНИКИ В ДИНАМИКЕ ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

HIGH-FREQUENCY TIDAL HARMONICS IN THE DYNAMICS OF MUD VOLCANO SYSTEMS

В.В. Ершов
V.V. Ershov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
valery_ershov@mail.ru

Грязевой вулканизм – это прежде всего эндогенный флюидодинамический процесс, связанный с формированием аномально высоких пластовых давлений, мобилизацией флюидонасыщенных осадков и их разгрузкой по проницаемым зонам земной коры. Вместе с тем активность грязевулканических систем, особенно если они близки к критическому состоянию, может изменяться под действием внешних возмущений, включая космические факторы [Hsu et al., 2013; Устюгов, Ершов, 2023]. Однако прямых исследований роли космических факторов в динамике грязевых вулканов пока немного. Кроме того, результаты таких работ требуют осторожной интерпретации: статистические совпадения с теми или иными астрономическими циклами сами по себе не доказывают причинную связь и механизм воздействия. В этом отношении особое место занимают лунно-солнечные приливы: их физическая природа известна, воздействие строго периодично, а его амплитуда и фаза могут быть рассчитаны для конкретной точки и времени. Приливные отклики широко и успешно исследуются в различных геофлюидных системах, в том числе по колебаниям уровня и давления подземных вод.

Приливной спектр охватывает широкий диапазон периодов: от месячной Mm (~27.6 сут) и полумесячной Mf (~13.7 сут) до суточных K1, P1, O1, Q1 (все ~24–27 ч), полусуточных M2, S2, N2, K2 (все ~12 ч) и более высокочастотных (8.3 ч, 6 ч, 4.8 и др.). При этом наибольшие амплитуды приливообразующего потенциала имеют M2, K1, S2 и O1. Обычные исследования грязевулканической активности по каталогам извержений мало пригодны для анализа высокочастотной части спектра. Извержения могут продолжаться несколько часов или суток, а время их начала известно с недостаточной точностью. Для поиска отклика на суточные и полусуточные гармоники одним из наиболее перспективных показателей может быть интенсивность газовыделения из грифонов/сальз благодаря потенциально быстрой реакции на изменения давления и напряженного состояния.

Приливное воздействие проявляется через ряд связанных, но не тождественных, физических величин: приливообразующий потенциал, обусловленные им вариации гравитационного ускорения и смещения земной поверхности, деформации и изменения напряжённого состояния пород. Для флюидных систем наиболее важны деформации и напряжения, поскольку именно они способны изменять движение флюидов. Для поиска суточных и полусуточных гармоник требуется мониторинг газовой эмиссии с разрешением во времени порядка 1–2 ч. Его автоматизация затруднена не только отсутствием готовых измерительных систем, но и пространственной изменчивостью газовых выходов – основной поток в пределах грифона/сальзы может смещаться в сторону.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устюгов Г.В., Ершов В.В. Влияние космических факторов на грязевулканическую деятельность Земли // Геосистемы переходных зон. 2023. Т. 7, № 1. С. 5-24.

2. Hsu S.-K., Wang S.-Y., Liao Y.-C. et al. Tide-modulated gas emissions and tremors off SW Taiwan // Earth and Planetary Science Letters. 2013. Vol. 369–370. P. 98-107.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

РАСТВОРЕННЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД В ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКИХ ВОДАХ: ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

DISSOLVED ORGANIC CARBON IN MUD VOLCANO WATERS: FIRST DATA AND THEIR POTENTIAL FOR GEOCHEMICAL INTERPRETATION

В.В. Ершов
V.V. Ershov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
valery_ershov@mail.ru

Растворённое органическое вещество (DOM – dissolved organic matter) является естественным компонентом подземных вод и представляет собой сложную совокупность органических соединений различного происхождения, строения и реакционной способности [Zeng et al., 2026]. Содержание углерода в этой фракции характеризуется величиной DOC (dissolved organic carbon). DOC количественно характеризует в интегральной форме мобильную часть органического углерода геологической среды и является самостоятельным гидрогеохимическим показателем. Сам по себе DOC не раскрывает молекулярный состав и происхождение DOM, однако его абсолютные значения и вариабельность могут иметь геохимическую информативность при сопоставлении с гидрогеологическим положением и неорганическим составом воды. Особенно важен такой подход для глубоких осадочных систем, где длительное взаимодействие воды с породами, захороненным органическим веществом, восстановительной средой и углеводородными системами создаёт условия для формирования состава растворённой органики, существенно отличающегося от обычных неглубоких подземных вод.

Грязевулканические воды связаны с осадочными бассейнами и выносят на поверхность растворённые компоненты глубинной флюидной системы, поэтому их DOC может отражать процессы мобилизации и преобразования органического вещества в осадочной толще. Прямые определения DOC в грязевулканических системах немногочисленны и преимущественно выполнены для поровых вод подводных грязевых вулканов [Amaral et al., 2021]. Для Керченско-Таманского региона данные по DOC, полученные современными аналитическими методами, практически отсутствуют. Настоящее исследование представляет первую сопоставимую серию определений DOC для значительного числа наземных грязевых вулканов региона, дополненную данными по грязевым вулканам Сахалина. Перед анализом воды фильтровали через мембранные фильтры с размером пор 0,45 мкм. DOC определяли методом высокотемпературного каталитического окисления на анализаторе углерода Shimadzu TOC-L CSN.

DOC в исследованных грязевулканических водах варьирует от 1,6 до 95 мг C/л. В глобальном масштабе большинство подземных вод значительно беднее растворённым органическим углеродом. Выявлена значительная изменчивость в пределах одного и того же вулкана. Полученные данные указывают, что содержание DOC определяется сложным сочетанием процессов формирования и преобразования грязевулканических вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Amaral V., Romera-Castillo C., Forja J. Submarine mud volcanoes as a source of chromophoric dissolved organic matter to the deep waters of the Gulf of Cádiz // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. P. 3200.
2. Zeng X., Chen K., Yang H. et al. Environmental behavior and analytical techniques of dissolved organic matter in groundwater systems: a review // Physics and Chemistry of the Earth. 2026. Vol. 144. P. 104689.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

НЕ ИЗУЧЕННЫЙ РАНЕЕ ТЕРМАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК В СОСТАВЕ ТРЕТЬЯКОВСКОЙ ГРУППЫ ГИДРОТЕРМ ВУЛКАНА МЕНДЕЛЕЕВА: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

A PREVIOUSLY UNSTUDIED THERMAL SPRING WITHIN THE TRETYAKOV HYDROTHERMAL GROUP OF MENDELEEV VOLCANO: INITIAL RESEARCH RESULTS

Р.В. Жарков, Д.Н. Козлов
R.V. Zharkov, D.N. Kozlov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
kozlovdn@bk.ru

Третьяковские источники находятся в южной части о. Кунашир (Курильские о-ва), на его западном побережье, вблизи пос. Третьяково и к юго-западу от влк. Менделеева. Район источников сложен эффузивно-туфогенными породами четвертичного возраста, которые, вероятно, на небольшой глубине, подстилаются третичными туфогенными песчаниками и конгломератами, аналогами пород, обнажающихся в районе пос. Алехино и Горячий Пляж. В литературе описаны Северная и Южная группы Третьяковских источников, расположенные в двух параллельных небольших долинах рек, впадающих в Охотское море. Северная группа источников находится севернее пос. Третьяково, термальное поле прослеживается у южного борта долины р. Валентины, на абс. отметке 12 м, здесь имеется три выхода термальных вод с общим дебитом 0.5 л/сек и температурой до 80 °С. Южная группа источников расположена примерно в 0,8 км от берега моря на высоте около 10 м, в долине реки Третьякова, общий дебит источников превышает 0.5 л/сек, а температура воды достигает 70 °С [Жарков, 2014]. Третьяковские источники относятся к субнейтральным (pH=6.9), азотным, хлоридным натриевым водам, в газовом составе вод источников преобладают N_2 с редкими газами (около 70%) и CO_2 (27%), метан составляет 2.9%, содержание сероводорода, кислорода и других газов незначительно [Мархинин, Стратула, 1977]. Изотопный состав водорода, кислорода [Чешко, 1994] и аргона [Басков, Суриков, 1975] термальных вод Третьяковских источников соответствует местным метеорным водам, что свидетельствует о значительном их участии в формировании гидротерм. В августе 2025 года к нам поступило сообщение от сотрудников заповедника «Курильский» о действующем и не описанном ранее в научной литературе термальном источнике вблизи пос. Третьяково, после чего мы обследовали указанный район и в 1.5 км от устья р. Валентины, в точке с координатами 43°59.02´с.ш., 145°39.38´в.д. обнаружили и описали данное термопроявление. На источнике нами отобраны пробы воды на полный химический анализ, выполнены измерения текущего дебита, температурного режима (до 100°С) и pH. К сожалению, это была последняя совместная экспедиция авторов, через некоторое время Рафаэль Владимирович Жарков скоропостижно ушел из жизни, а этот термальный источник он посетил и описал в финале своего исследовательского пути. В связи с этим в коллективе лаборатории вулканологии и вулканоопасности ИМГиГ ДВО РАН возникло предложение отдать дань уважения товарищу, известному исследователю курильских вулканов и гидротерм Р.В. Жаркову, назвав данный безымянный и ранее не неописанный в научной литературе источник в его честь – «источник Жаркова».

ЛИТЕРАТУРА

1. Жарков Р.В. Термальные источники Южных Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2014, 378 с.

2. Мархинин Е.К., Стратула Д.С. Гидротермы Курильских островов. М.: Наука,1977. 212 с.

3. Чешко А.Л. Формирование основных типов термальных вод Курило-Камчатского региона по данным изотопных исследований // Геохимия. 1994. № 7. С. 988-1000.

4. Басков Е.А., Суриков С.Н. Гидротермы Тихоокеанского сегмента Земли. М.: Недра, 1975. 172 с.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 1952 И 2025 НА ЮГО-ВОСТОКЕ КАМЧАТКИ НА РАЗЛОМНЫЕ СТРУКТУРЫ ЮЖНОГО САХАЛИНА

THE IMPACT OF THE PREPARATION OF THE STRONGEST EARTHQUAKES IN 1952 AND 2025. IN THE SOUTH-EAST OF KAMCHATKA, THE FAULT STRUCTURES OF SOUTHERN SAKHALIN

А.С. Закупин
A.S. Zakupin

Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск, Россия
Sakhalin Branch of the Federal Research Center of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
dikii79@mail.ru

Рассматривается сейсмичность сегмента Центрально-Сахалинского разлома (ЦСР) на юге Сахалина (как продолжение коллизионной области Хидака) и примыкающие области Охотского моря в связи с сильнейшими землетрясениями 1952 и 2025 гг. на юго-востоке Камчатки. Из каталогов выделены сильнейшие коровые (M>5) землетрясения в Анивско-Быковской зоне возможных очагов землетрясений Центрально-Сахалинского разлома с 1905 по 2025 год. Кроме того, в исследование включены сильнейшие глубокофокусные землетрясения (M>6) в морской зоне на юго-востоке Сахалина. Зона вклинивания Тихоокеанской плиты Хидака рассматривается как южный аналог такой же зоны в районе курильской и алеутской островодужных систем, что предполагает наличие синхронизации при появлении знаковых событий.

Отмечено, что данный сегмент ЦСРимел сейсмический отклик на сильнейшие в XXI веке землетрясения на Западно-Сахалинском разломе– Углегорское (M=7, 2000 г.) и Невельское (M=6.2, 2007). При этом отклики на них происходили в северной части сегмента в виде землетрясений близких к максимально наблюдённым в данной зоне ВОЗ. Отмечена и почти совместная отработка нагрузки с Хоккайдо-Сахалинским разломом (с разницей в пять месяцев с сильнейшим Ногликским землетрясением), который сближается с ЦСР на юге.

В обоих случаях с субдукционнымимегаземлетрясениями на границе Охотской и Тихоокеанской плит в районе Авачинского залива за несколько лет до них в прибрежных районах Охотского моря у острова Сахалин регистрируются сильнейшие глубокофокусные землетрясения (за последние 100 лет наблюдений). В 1950 г., перед Северо-Курильским землетрясением 1952 г. (которое было сильнее, чем в 2025 г.), глубокофокусное землетрясение у берегов Сахалина вообще стало самым сильным в истории наблюдений. Также есть понимание, что именно высокий уровень нагрузки в зонах вклинивания Тихоокеанской плиты на севере и на юге не позволил ограничиться M=6.8 в Охотском море, но и дополнительно привёл к разгрузке сегмента ЦСР самым сильным землетрясением за всю историю наблюдений в 1951 году.

Полученная информация об истории сейсмичности сегмента ЦСР на Сахалине и особенностях формирования на нём сильнейших землетрясений имеет большой вес в силу того, что именно данный сегмент определяет сейсмическую опасность для самого густонаселённого района Сахалинской области (включая областной центр, где проживает половина населения).

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания 075-00609-26) и с использованием данных, полученных на УНУ СИЗК МАК (https:// ckp-rf.ru/usu/507436/, http://www.gsras.ru/unu/).

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОСРЕДЫ ПЕРЕД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ 29.07.2025 НА ЮГО-ВОСТОКЕ КАМЧАТКИ МЕТОДОМ LURR

ASSESSMENT OF THE STRESSED AND DEFORMED STATE OF THE GEOSYSTEM BEFORE THE EARTHQUAKE OF 29.07.2025 IN THE SOUTHEAST OF KAMCHATKA USING THE LURR METHOD

А.С. Закупин
A.S. Zakupin

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
dikii79@mail.ru

Развитие методов прогноза для оценки сейсмической опасности на Курильских островах трудно переоценить, так как территории, входящие в зону так называемого “огненного кольца”, находятся изначально в зоне максимально возможной опасности, определяемой высокой сейсмической и вулканической активностью. Высокий сейсмический потенциал данной зоны также определяет и опасность цунами. В 2025 году природа напомнила о себе в очередной раз и если жертв удалось избежать, то материальный ущерб имел место. Землетрясение на Камчатке 29(30).07.2025 г. с M=8.8 стало девятым землетрясением с магнитудой больше 8 в XXI столетии, а в статусе сильнейших (близко к 9) входит в десятку крупнейших сейсмических событий, произошедших в мире в течение последних 125 лет. Но при всей своей огромной энергии землетрясение нельзя назвать катастрофическим, так как оно неожиданно для учёных не причинило значительного ущерба и не унесло ни одной жизни. За ним последовали сотни афтершоков, которые также не принесли серьёзных последствий. Проблемы материального плана были лишь в Северо-Курильске, на о-ве Парамушир, где цунами накрыло береговую инфраструктуру, включая единственный на острове рыбоперерабатывающий комплекс «Алаид». Землетрясению предшествовало около 50 форшоков с магнитудой больше 5, включая землетрясение 20.07.2025 г. (M=7.7).

В данной работе представлены результаты анализа очаговой области землетрясения 29(30) июля 2025 года (M=8.8) методом среднесрочного прогноза землетрясений LURR (load-unloadresponseratio) за 2000-2025 гг. Метод LURR, был разработангруппой китайских ученых ещё в начале 1990-х годов для прогноза землетрясений. Метод LURR можно рассматривать как детерминированный, позволяющий работать в формате среднесрочного прогноза. Он опирается на анализ сейсмической энергии, выделяющейся в ходе периодического процесса на фазах нагружения и разгрузки. В качестве такого процесса используются приливные Лунно-Солнечные деформации.В ИМГиГ ДВО РАН были разработаны собственные подходы по использованию метода с фокусом на формирование расчётных выборок и процедуру выделения аномалий перед прогнозируемыми событиями. Исследования проводятся с 2015 года на российском ПО, которое включает полный цикл расчёта от симуляции приливной волны на заданной точке поверхности Земли до расчёта главного прогнозного параметра. За прошедшие 10 лет этот метод уже зарекомендовал себя для многих сейсмоопасных регионах мира и вполне обосновано впервые в истории использовать его для Камчатки. Расчеты параметра LURR в районе очага мегаземлетрясения 2025 года позволили выявить предвестник за три года до землетрясения, при этом в 16 расчётных зонах на территории более 60000 км^2 за 25 лет были пропущены два землетрясения, а также зафиксированы две ложные тревоги. Результат является одним из лучших среди подобных для метода LURR в зонах субдукции.

Таким образом, первые исследования с помощью LURR для прогноза землетрясений в районе Камчатки говорят о наличие потенциала метода для использования в данном регионе.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

РТУТЬ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ВОСТОЧНО-АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ

MERCURY IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE ARCTIC SEAS OF THE EASTERN ARCTIC SECTOR

М.В. Иванов
M.V. Ivanov

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Vladivostok, Russia
kirov-max@mail.ru

В работе использованы пробы донных осадков, отобранные в экспедициях на НИС «Профессор Хромов» в 2002, 2004, 2009 г.г., ГИСУ «Север» в 2006 г., МБ «Шуя» в 2006 г., НИС «Академик М.А. Лаврентьев» в 2008 г., 2016, 2018, 2020 г.г. Пробы отбирались дночерпателями, бокс-корером, гравитационными и гидростатическими трубками различной длины.

Для определения Hg, использовался анализатор ртути Ра-915+ с пиролитической приставкой ПИРО-915. Нижний предел обнаружения – 0,5 нг/г. Погрешность анализа составляла 2-3%. Стандартными образцами на ртуть служили СПДС-1,2,3. Статистические параметры распределения были определены с помощью программы GeoStat.

В результате обработки данных было установлено, что содержание ртути изменяется с батиметрическим уровнем. Район исследований характеризуется выборкой 527 проб поверхностных донных осадков (0-5 см), которые подразделяются на 2 группы: 1) до глубин 100 м (n=395) и 2) интервале глубин 100-2600 м (n=132). Содержания ртути для данного района варьирует от 5 до 95 нг/г. При среднем и медианном содержании 33 и 30 нг/г соответственно. За фоновое содержание принято значение медианы, что хорошо согласуется с ранее определенным фоном, который составляет 30 нг/г для донных осадков Чукотского моря и прилегающей части Северного Ледовитого океана.

Основным фактором, определяющим изменчивость содержания ртути в донных осадках, является наличие окисленных или восстановленных осадков. Превышение над фоном в 2 раза характерно для глубоководной части (глубина 1000-2400 м) района, где распространены окисленные осадки. В мелководной части (0-50 м) море Лаптевых, где распространены восстановленные осадки различного состава, содержания ртути значительно меньше, однако также прослеживается влияние р. Лены. Необходимо учитывать, что поступление терригенного органического вещества в море определяется продуктами термической и волновой абразии материала берегового ледового комплекса. В пробах поверхностных донных осадках, отобранных в устье р. Лены в 2008-2009 гг., были получены аналогичные содержания ртути. Подобная картина распределения ртути в поверхностных донных осадках характерна для других районов Арктики с природными источниками её поступления. В центральной части Северного Ледовитого океана, где распространены окисленные осадки содержания её составляют 80-100 нг/г, в поверхностных осадках прибрежной части моря Бофорта составляют – 20-100 нг/г, прибрежной части Восточно-Сибирского и моря Лаптевых - 20-40 нг/г, в районе устья крупных рек около 60-80 нг/г.

Результаты исследований показали, что основным фактором, определяющим изменчивость содержаний ртути в поверхностных донных осадках и кернах исследуемого района, являются условия накопления осадков – окислительные или восстановительные. В связи с этим проявлено существенное различие в содержаниях между глубоководными и шельфовыми осадками. Так же, как и для других морей Арктики содержания ртути зависит от гранулометрического состава донных осадков.

Автор благодарит главного научного сотрудника ТОИ ДВО РАН д.г.- м.н. Астахова А.С. за помощь в выполнении экспедиционных и аналитических работ.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №25-27-00443).

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

КРАТКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИКИ МОРФОЛОГИИ КОТЛОВИНЫ ОЗЕРА КИПЯЩЕЕ (О. КУНАШИР) С 1940-Х ПО 2020-Е ГОДЫ: ОТ ПЕРВЫХ ПРОМЕРОВ ДО СОВРЕМЕННОЙ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ

BRIEF RERVIEW OF THE MORPHOLOGICAL DYNAMICS RESEARCH OF THE KIPYASHCHEYE LAKE BASIN (KUNASHIR ISL.) FROM THE 1940S TO THE 2020S: FROM EARLY SOUNDINGS TO MODERN BATHYMETRIC SURVEYS

Д.Н. Козлов
D.N. Kozlov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
kozlovdn@bk.ru

Кратерное оз. Кипящее расположено в кальдере активного вулкана Головнина (о. Кунашир, Курильские о-ва), оно имеет вулканогенное происхождение и было сформировано в рельефе кальдеры в результате мощного фреатического извержения на периферии Центрального Восточного экструзивного купола. В данный момент со дна озера и на его берегу выходят многочисленные газогидротермы, формирующие его морфологические особенности, температурный и геохимический режим. Первые сведения о морфологии озера появились в середине 1940-х гг. [Марков, 1958], максимальные глубины, замеренные лотом, составляли более 19 м, изобаты, как и само озеро, были вытянуты в СЗ направлении. В начале 1980-х гг. [Зотов и др., 1988] глубина воронки в центральной части составляла около 17 м. В 2005 г. на базе лаб. вулканологии и вулканоопасности ИМГиГ ДВО РАН начат новый этап работ с помощью цифрового эхолота с GPS-приемником и привязкой профилей. Они ведутся по настоящее время и позволяют получать детальные цифровые батиметрические схемы озера и выявлять особенности морфологии котловины, ее динамики, а также наблюдать за донной газогидротермальной активностью. По данным [Козлов, 2013] в центральной части оз. Кипящее находилась воронка глубиной более 16 м, со дна которой поднимались мощные газовые струи. В июле 2021 г. было выполнено очередное эхолотное профилирование [Калачева и др., 2023], показавшее существенные морфологические изменения и максимальную глубину озера 25 м, это подтвердили последующие детальные исследования, проведенные в 2023–2025 гг. [Козлов, Жарков, 2025]. Текущие морфометрические параметры озера следующие: макс. глубина 24 м, площадь зеркала 0.0464 км², макс. длина 330 м, макс. ширина 190 м, объем воды – 262544 м³. Серия небольших донных воронок, обнаруженная нами в 2023 г. также четко выделялась в 2024 и 2025 гг., их количество, расположение и размеры не поменялись.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зотов А.В., Сорокин В.И., Никитина И.Б. Некоторые особенности современной гидротермальной деятельности в кальдере вулк. Головнина (о-в Кунашир) / Современные гидротермы и минералообразование. М.: Наука, 1988. С. 54–69.

2. Калачева Е.Г., Таран Ю.А., Волошина Е.В. и др. Кратерное озеро Кипящее в кальдере вулкана Головнина: геохимия воды и газов, вынос магматических летучих (о. Кунашир)// Вулканология и сейсмология. 2023. № 1. С. 3–20

3. Козлов Д.Н. Особенности морфологии кратерных озер Курильских островов: автореф. дис. … канд. геогр. наук. СПб., 2013. 24 с.

4. Козлов Д.Н., Жарков Р.В. Новые данные о морфологии котловины озера Кипящее (вул-кан Головнина, о. Кунашир, Курильские о-ва): по результатам работ 2023 г. //Геосистемы переходных зон. 2025. Т. 9, № 2. С. 213–220.

5. Марков А.К. Геологические условия, поиски и разведка некоторых вулканических месторождений самородной серы // Записки Горного института. 1958. Т. 33(2). С. 194–208.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ЭХОЛОТНОЙ СЪЁМКИ ВУЛКАНОГЕННОГО ОЗЕРА КИПЯЩЕЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО НАДВОДНОГО СУДНА

THE FIRST EXPERIENCE OF ECHO-SOUNDING SURVEY OF THE VOLCANIC LAKE KIPYASHCHEYE WITH USING UNMANNED UNMANNED SURFACE VESSEL

Д.Н. Козлов, А.В. Дегтерев
D.N. Kozlov, A.V. Degterev

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
kozlovdn@bk.ru

Озеро Кипящее, имеющее вулканогенное происхождение, находится в кальдере вулкана Головнина (547 м) — на юге о. Кунашир (43°51´с.ш., 145°30´в.д.). Около 1 тыс. л. н. [Разжигаева, Ганзей, 2006], в результате мощного фреатического извержения у подножия одного из центральных куполов внутри кальдеры, возник кратер диаметром около 350 м, в настоящее время часть этого кратера заполнена озерными водами хлоридно-сульфатного натриевого состава [Жарков, 2014]. Температурный и геохимический режимы водоёма, а также особенности формы его котловины обусловлены многочисленными газогидротермами - они выходят со дна и вдоль его береговой линии. Современная сложная морфоструктура озера сформировалась при существенном влиянии активных газогидротермальных выходов с переотложением донных осадков. Начиная с 2005 г. нами ведутся работы по геолого-геоморфологической оценке котловины оз. Кипящее, изучению ее генезиса и динамики строения, которое за этот период несколько раз значительно менялось, был составлен ряд батиметрических схем различной детализации [Козлов, 2015; Козлов, Жарков, 2025]. Эти работы проводились методом батиметрической съемки цифровым эхолотом со спутниковой привязкой по профилю, оборудование устанавливалось на надувную лодку, что создавало определенные трудности в доставке прибора, топлива и элементов питания. В июле 2026 г., впервые для оз. Кипящее и для курильских вулканогенных озер в целом, нами была проведена эхолотная съёмка с использованием беспилотного надводного судна, которая позволила выявить сильные и слабые стороны такого подхода, в первую очередь решен сложный логистический вопрос. Во время съемки главной задачей стояла отработка метода на труднодоступных вулканогенных водоемах в условиях агрессивной водной среды, уточнение имеющихся сведений по батиметрии или газогидротермальным проявлениям было на втором плане. В ходе этих работ получено 8 профилей различной детализации и частично закартирована котловина озера, ее основные глубины и очертания не претерпели изменений, в рельефе отчётливо прослеживается обнаруженная в 2023-2025 гг. [Козлов, Жарков, 2025]. серия небольших донных воронок. Методика эхолотной съемки с использованием беспилотного судна показала себя весьма эффективной и, с учетом полученного опыта, будет использоваться в наших последующих работах на Курильских островах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жарков Р.В. Термальные источники Южных Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2014, 378 с.

2. Козлов Д.Н. Кратерные озера Курильских островов. Южно-Сахалинск: Сахалинский областной краеведческий музей, ИМГиГ ДВО РАН, 2015. 112 с.

3. Козлов Д.Н., Жарков Р.В. Новые данные о морфологии котловины озера Кипящее (вулкан Головнина, о. Кунашир, Курильские о-ва): по результатам работ 2023 г. //Геосистемы переходных зон. 2025, Т. 9, № 2. С. 213-220.

3. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А. Обстановка осадконакопления островных территорий в плейстоцен-голоцене. Владивосток: Дальнаука, 2006. 247 с.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ЗОНЫ ПОВЫШЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И НАТУРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

ZONES OF INCREASED CRUSTAL DEFORMATION DURING EARTHQUAKE PREPARATION: COMPARISON OF MODELING AND FIELD EXPERIMENT RESULTS

Ю.В. Марапулец[1,2], М.И. Гапеев[1]
Yu.V. Marapulets[1,2], M.I. Gapeev[1]

[1]Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, с. Паратунка, Россия
[1]Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation, FEB of RAS, Paratunka, Russia

[2]ФГБОУ ВО “Камчатский государственный технический университет”, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[2]Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
marpl@ikir.ru

При подготовке сейсмических событий ведущую роль играют механические процессы. Они обуславливают появление повышенных напряжений, приводящих к деформациям земной коры вокруг очага. Эти изменения напряженно-деформированного состояния пород приводят к возникновению аномалий в различных геофизических полях, которые классифицируют как предвестники землетрясений. На Камчатке в пункте «Карымшина» ИКИР ДВО РАН (52.83°с.ш., 158.13° в.д.) при помощи лазерного деформографа-интерферометра было выявлено, что за несколько суток перед некоторыми землетрясениями регистрируются деформации приповерхностных осадочных пород, превышающие на один-два порядка приливные. В работе [Марапулец, Шевцов, 2012] подробно рассмотрены усиления деформаций перед двумя землетрясениями с M_L≈5, произошедшими в 2007 г. и 2009 г. на эпицентральных расстояниях около 150 км от пункта регистрации.

Работа посвящена модельным исследованиям зон повышенных деформаций земной коры, возникающих при подготовке этих землетрясений. Рассматриваются и сопоставляются с данными натурного эксперимента результаты аналитического и численного моделирования. В основу аналитической модели заложены земная кора в виде однородного изотропного упругого полупространства, а источник землетрясения – в виде системы сил, распределенной по поверхности будущего разрыва. Показано, что при подготовке обоих землетрясений пункт «Карымшина» попадает в область деформаций, превышающих приливные, но ниже на один-два порядка по сравнению с натурными наблюдениями [Gapeev, Marapulets, 2023]. При численном моделировании в рамках конечно-элементной модели введена неоднородность среды на основе данных эталонной модели PREM, также в виде зоны разупрочнения учтен крупный тектонический разлом, находящийся возле пункта «Карымшина». В этом случае результаты моделирования практически полностью соответствуют натурным наблюдениям. Таким образом, численное моделирование, учитывающее неоднородное строение земной коры и концентрацию напряжений в дальней зоне, показывает существенно лучшую согласованность с натурными наблюдениями.

Работа проводилась в рамках государственного задания № 124012300245-2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М. Мезомасштабная акустическая эмиссия. Владивосток: Дальнаука, 2012. 126 с.

2. Gapeev M., Marapulets Y. Modeling Locations with Enhanced Earth’s Crust Deformation during Earthquake Preparation near the Kamchatka Peninsula // Appl. Sci. 2023. Vol. 13, N. 290. 14 p.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

АКУСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С РАЗНЕСЕННЫМИ ДАТЧИКАМИ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ГЕОАКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

AN ACOUSTICAL COMPLEX WITH SPACED SENSORS FOR LOCALIZING GEOACOUSTIC EMISSION SOURCES

Ю.В. Марапулец[1,2], А.О. Щербина[1], А.А. Солодчук[1], М.А. Мищенко[1,2]
Yu.V. Marapulets[1,2], A.O. Shcherbina[1], A.A. Solodchuk[1], M.A. Mishchenko[1,2]

[1]Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, с. Паратунка, Россия
[1]Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation, FEB of RAS, Paratunka, Russia

[2]ФГБОУ ВО “Камчатский государственный технический университет”, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[2]Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
marpl@ikir.ru

В результате многолетних наблюдений геоакустической эмиссии на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне выявлен высокочастотный акустоэмиссионный эффект [Марапулец, 2015]. Он заключается в росте интенсивности геоакустического излучения в диапазоне частот от сотен Гц до первых десятков кГц при увеличении скорости деформации породных массивов и наиболее ярко проявляется за 1–3 суток перед землетрясениями на удалении первых сотен километров от их эпицентров [Марапулец и др., 2012]. По причине сильного затухания акустоэмиссионные сигналы на частотах сотни герц – килогерцы не могут распространяться из эпицентров готовящихся землетрясений и являются откликом среды в месте регистрации на изменение ее напряженно-деформируемого состояния. При этом точная локализация источников геоакустического излучения необходима для построения модели возникновения эмиссии на различных стадиях сейсмической активности. Проведенная ранее аналитическая оценка расстояния до источников геоакустического излучения показала, что они расположены до первых десятков метров от приемника [Марапулец и др., 2012]. Для подтверждения этой оценки был проведен эксперимент у дна природного водоема озеро «Микижа» на Камчатке.

Рассматриваются результаты эксперимента по определению местоположения источников геоакустического излучения в приповерхностных осадочных породах. Регистрация геоакустических сигналов от источников осуществлялась комплексом, состоящим из двух комбинированных приемников и гидрофона, разнесенных на фиксированное расстояние. Датчики были установлены в воде у дна озера. Локализация источников излучения осуществлялась двумя методами: триангуляцией и оценкой разницы времени прихода сигналов с разнесенных приемников. В результате эксперимента было установлено, что источники геоакустического излучения находились в донных породах на глубине до 2.20±0.25 м и на расстоянии до 8±0.25 м. Таком образом, проведенная ранее аналитическая оценка расстояний до источников геоакустического излучения была подтверждена и уточнена результатами эксперимента в натурных условиях.

Работа проводилась в рамках государственного задания № 124012300245-2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М., Ларионов И.А., Мищенко М.А., Щербина А.О., Солодчук А.А. Отклик геоакустической эмиссии на активизацию деформационных процессов при подготовке землетрясений // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31, № 6. С. 59-67.

2. Марапулец Ю.В. Высокочастотный акустоэмиссионный эффект // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2015. № 1(10). С. 44-53.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ НА О.САХАЛИН

ANTROPOGENIC FACTORS OF LANDSLIDE FORMATIONON ON SAKHALIN ISLAND

Д.Ф. Матвецов
D.F. Matvetsov

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований
Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Special research bureau for automation of marine researches Far East branch RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
neomatrix.18@gmail.com

На о. Сахалин оползням подвержено 70% территории, они систематически наносят ущерб транспортной, промышленной и жилой инфраструктуре острова. Помимо природных факторов, влияющих на процессы оползнеобразования, сильное влияние на активизацию оползневых процессов оказывает антропогенная нагрузка. Несмотря на обширную библиографию по геоморфологии региона, комплексный анализ именно антропогенного фактора оползнеобразования остается недостаточно освещенным в литературе.

Целью работы является выявление и анализ доступных свидетельств об активизации оползневых процессов на территории о. Сахалин, спровоцированных антропогенной деятельностью.

В рамках работы были систематизированы исторические и современные данные об оползнях, вызванных деятельностью человека; проведена типизация видов антропогенного воздействия приводящих к активизации оползневых процессов.

В ходе анализа установлено, что к антропогенной деятельности на территории о. Сахалин, влияющей на процессы оползнеобразования, относятся: 1) освоение месторождений полезных ископаемых в крутосклонных областях; 2) создание транспортной инфраструктуры вдоль крутых склонов морского побережья и в низкогорьях; 3) размещение гражданских и промышленных объектов на крутых склонах и вблизи них.

Предварительный анализ показывает, что причиной активизации оползней часто выступает совместное воздействие: механическое изменение геометрии склонов, нарушение естественного гидрологического режима при строительстве, а также недостаточный учет опасных геологических процессов на этапе проектирования и эксплуатации объектов.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ РАССЫПЕЙ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF COASTAL-MARINE TITANOMAGNETITE PLACERS ON THE KURIL ISLANDS

В.А. Мелкий
V.A. Melkiy
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
vamelkiy@mail.ru

Проблемы геологической перспективности разработки прибрежно-морских россыпей титаномагнетита на Курильских островах периодически рассматривается в связи с ростом спроса на титан и ванадий, которые содержатся в составе минералов прибрежно-морских россыпей. Наиболее перспективные россыпи железо-титан-оксидных минералов, среди которых преобладают титаномагнетитовые, расположены на островах: Итуруп, Кунашир, Шикотан и Парамушир [Россыпные…, 1997; Мелкий, Верхотуров, 2019].

Титаномагнетитовые россыпи были опробованы в 1951 г. И.И. Катушенком. Специальные поисковые и разведочные работы на железные руды выполняли в 1954 г. Н.П. Саврасов, в 1965-1970 гг – И.И. Гриценко, А.Я. Чалых, Ю.Г. Чупиков. Полученные данные обобщены Г.М. Власовым [Власов, 1977]. В период с 1986 по 1994 гг. свойства железо-титан-оксидных минералов изучались в лаборатории петрологии и геохимии ИМГиГ ДВО РАН [Мелкий, 2006]. В 1992–94 гг Сахалинской ГРЭ и АО «Дальморгеология» проводилось геологическое доизучение россыпей По оценке А.Г. Лапшина суммарные запасы Ручарского месторождения по песку по этим данным превысили по категориям С1 и С2 30 000 тыс. т., Рейдовского месторождения категории С2 составляют по пескам – 30 102 тыс. т, по железу – 4 685,1 тыс. т, TiO_2 – 804,3 тыс. т. [Евсеев и др., 2013].

Определенно, себестоимость добычи титаномагнетитового концентрата на островах будет более высокой, чем в материковой части (Австралии, ЮАР, Украина). Сложности разработки островодужных россыпей предопределены: сезонностью добычи и ограничений при выполнении погрузочно-разгрузочных операций, необходимых для вывоза готовой продукции и доставки оборудования, связанных с коротким навигационным периодом, значительной штормовой активностью моря. В ближайшие годы возможна активизация интереса к добыче титаномагнтитовых концентратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов Г. М. Металлические полезные ископаемые // Геология СССР. Т. XXXI. Камчатка, Курильские и Командорские острова. Полезные ископаемые. М.: Недра, 1977. С. 266-276.

2. Евсеев В.Ф., Речкин А.Н., Лапшин А.Г. Недра Сахалинской области. Южно-Сахалинск: Сахалин - Приамурские ведомости, 2013. 120 с

3. Катушенок И.И. О месторождениях ванадистых титаномагнетитов на Курильских островах // Сообщения СахКНИИ. Сиб. отд. АН СССР. Вып. 7. Южно-Сахалинск: СахКНИИ, 1959. С. 3-32.

4. Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Россыпи железосодержащих минералов в Сахалинской области // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330, № 1. 6–18

5. Мелкий В.А. Железо-титан-ванадиевая минерализация Курил и Камчатки // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 2. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 696-699.

6. Патык-Кара Н.Г., Беневольский Б.И., Быховский Л.З. и другие. Россыпные месторождения России и других стран СНГ (минерагения, промышленные типы, стратегия развития минерально-сырьевой базы). М.: Научный мир, 1997. 479 с.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЙОНЕ ПРОЛИВА НЕВЕЛЬСКОГО

STRUCTURE OF THE EARTH'S CRUST IN THE AREA OF THE NEVELSKOY STRAIT

В.А. Мелкий
V.A. Melkiy

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
vamelkiy@mail.ru

Главным параметром при определении типа земной коры на окраине Евроазиатского континента считают глубину залегания поверхности Мохоровичича [Кулинич и др., 2007]. Глубину залегания поверхности Мохо рассчитаны, исходя из ее статистической зависимости от гравитационных аномалий, глубины морского дна и мощности донных осадков. Согласно гравиметрическим данным границы распространения континентальной коры мощностью около 30 км на широте пролива Невельского (северная часть Татарского пролива) доходят в восточном направлении до границы шельфа Охотского моря.

К югу от пролива в направлении к Центральной котловине Японского моря располагается клиновидный участок земной коры, где мощность ее постепенно уменьшается от континентальной вплоть до океанической (от 8 до 14 км). Особенности формы этого участка отмечали японские исследователи, которые объясняли формирование такой структуры в результате раскрытия рифтовой системы в процессе растяжения коры [Tamaki, 1988].

В составе земной коры выделяют два слоя консолидированную кору и осадочный чехол. В консолидированной коре по данным сейсмических методов исследования различаются верхняя и нижняя части. Нижний слой имеет граничные скорости от 6,8 до 7,2 км/с, плотность пород в нем составляет 2,9–3,1 г/см^3. Толща характеризуется высокой электропроводностью, пониженными скоростями распространения волн, что дает основание предполагать значительную нарушенность сплошности среды и флюидонасыщенность. В кровле верхнего слоя регистрировались граничные скорости от 5,8 до 6,4 км/с, плотность пород – 2,65–2,80 г/см^3. Толща сложена породами гетерогенного состава: магматическими, вулканогенно-осадочными и метаморфическими [Веселов и др., 2006].

Осадочный чехол в северной части Татарского пролива состоит из четырех комплексов: позднемеловой толщи уплотненных осадочных и вулканогенно-осадочных пород, палеоцен-эоценовых континентальных слаболитифицированных образований, олигоцен-нижнемиоценовых глубоководных глинистых, кремнистых осадков, и среднемиоцен-четвертичных прибрежно-морских осадочных отложений [Волгин и др., 2000].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулинич Р.Г., Валитов М.Г., Николаев С.М., Колпащикова Т.Н. Рельеф поверхности Мохо и типы земной коры в северо-западной части Японского моря по гравиметрическим данным // Дальневосточные моря России: в 4 кн. Кн. 3. Геологические и геофизические исследования. Москва: Наука, 2007. С. 48-52.

2. Tamaki K. Geological structure of the Japan Sea and its tectonic implications // Bull. Geol. Surv. Jap. 1988. Vol. 39, N. 3. P. 269-365.

3. Веселов О.В., Жигулев В.В., Патрикеев В.Н. Глубинная структура земной коры по данным ГСЗ и других сейсмических методов // Тектоническое районирование и углеводородный потенциал Охотского моря: сборник статей. М.: Наука, 2006. С. 40-44.

4. Волгин П.Ф., Корнев О.С., Васюк И.Б. Структурно-геологическая обстановка и перспективы нефтегазоносности в регионах северо-западной окраины Тихого океана // Строение земной коры и перспективы нефтегазоносности северной части Татарского пролива. Т. 1. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2000. С. 57-66.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ЗАТУХАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В ПРИАМУРЬЕ: КОРРЕЛЯЦИЯ С ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ

ATTENUATION OF SEISMIC WAVESIN THE AMUR REGION: CORRELATION WITH GEOPHYSICAL PARAMETERS

Т.В. Меркулова, В.В. Пупатенко
T.V. Merkulova, V.V. Pupatenko

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия
Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, FEB RAS, Khabarovsk, Russia
merculova@itig.as.khb.ru

Сейсмическая добротность (*Q*) выступает основной характеристикой затухания сейсмических волн, которое отражает уменьшение амплитуды волны при прохождении ее в геологической среде вследствие рассеяния на неоднородностях, потерь энергии на нагрев среды и других факторов [1]. К настоящему времени установлена корреляция добротности с возрастом земной коры, степенью ее неотектонической активизации, тектонической раздробленностью, тепловым потоком, сейсмичностью. По уровню сейсмической добротности регион Приамурье (*Q* = 200–600) относится к районам с умеренной тектонической активностью [2]. Похожий диапазон добротности отмечается на сопредельной территории Китая [3].В нашей работе ра ссмотрена корреляция добротности с рядом геолого-геофизических параметров, таких как возраст консолидации земной коры, скоростное строение глубинных слоев, сейсмическая энергия, положение кровли астеносферы, тепловой поток, расчетные температуры на глубинах 50 и 100км. Для определения наличия и меры статистической связи между значениями величин использован метод пространственного корреляционного анализа.

Увеличение добротности от юга Сихотэ-Алинской складчатой системы к Сибирской платформе указывает на зависимость этого параметра от времени консолидации земной коры. Результаты корреляционного анализа распределения скорости поперечных волн на глубинах 100 и 150 км с величиной сейсмической добротности *Q*показывают, что в обоих случаях отмечается высокий уровень корреляции. Коэффициент корреляции параметров *Q* и V_S на глубине 100 км составляет 0,867, на глубине 150 км – 0,714. Значение коэффициента корреляции добротности и глубины до кровли астеносферы невелико и составляет 0,094. Коэффициент корреляции добротности с логарифмом сейсмической энергии коровых землетрясений характеризуется умеренной величиной 0,434.

Выполненные исследования корреляции добротности с геолого-геофизическими параметрами показывают, что закономерное увеличение добротности земной коры от Ханкайского массива и южного Сихотэ-Алиня к Сибирской платформе лучше всего объясняется совместным влиянием температурного фактора и содержания флюидов в и земной коре. При этом наиболее вероятно, что глубинные температуры играют доминирующую роль в наблюдаемых изменениях добротности, а вариации состава и содержания флюидов являются фактором второстепенным, но также весьма важным.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН (тема НИР *№*126020216323-2*)*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добрынина А.А., Чечельницкий В.В., Саньков В.А. Сейсмическая добротность литосферы юго-западного фланга Байкальской рифтовой системы // Геология и геофизика. 2011. Т. 52, № 5. С. 712–724.

2. Mak S., Chan L.S., Chandler A.M., Koo R.CodaQ estimates in the Hong Kong region // J. Asian Earth Sci. 2004. Vol. 24. P. 127–136

3. Zhao L.F., Xie X.B., Wang W.M., Zhang J.H., Yao Z.X. Seismic Lg-wave Q tomography in and around Northeast China // J. Geophys. Res.: Solid Earth. 2010. Vol. 115, N B8. B08307.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ДЕФОРМАЦИИ В ОКРЕСТНОСТИ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА ПО ДАННЫМ ГНСС С 2020 ПО 2025

GNSS-BASED DEFORMATION IN THE REGION OF AVACHINSKY VOLCANO BETWEEN 2020 TO 2025

И.К. Миронов, К.М. Магуськин, В.М. Магуськин
I.K. Mironov, K.M. Maguskin, V.M. Maguskin

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
Institute of Volcanology and Seismology Far Eastern Branch of Russian Academy Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
taliks123@mail.ru

В настоящее время в данном районе функционирует обширная сеть ГНСС-наблюдений Петропавловского ГДП. Она охватывает территорию Петропавловска-Камчатского и южные склоны Авачинского вулкана.

В наблюдениях использовались ГНСС приемники Leica Geosystems GR10 с антеннами AR10 и AR25. Обработка данных осуществлялась в GAMIT/GLOBK. Результатом обработки являются осредненные за период наблюдения координаты пунктов, определенные с СКО в плане 3-4 мм и по высоте 8-10 мм.

Основой вычислений векторов смещений и деформаций земной коры явились временные ряды прямоугольных пространственных координат, полученных из постобработки циклов ГНСС-измерений в отсчетной основе ITRF14. Эти координаты преобразовывались в плановые координаты проекции UTM и геодезические высоты H. По изменениям плановых координат вычислялись компоненты тензора горизонтальной деформации. В итоге анализировались деформации дилатации и полного сдвига [Кафтан В.И. и др. 2019].

Построены карты накопленной дилатации за период наблюдений. Ход деформации демонстрирует рост деформации сжатия вокруг горы Толстый мыс. Замечаются пульсации эволюции сжатия с периодом примерно 2 года. При этом юго-западная сторона вулкана испытывает монотонное накопление растяжений до 5×10^{-6} после M 8.8 (30.07.2025 г.). Также получены карты вертикальных и горизонтальных движений. При этом экстремум сжатия близок к экстремуму подъема земной коры в области положительных форм рельефа. Смена накопленного подъема резким опусканием в окрестности горы Толстый мыс демонстрирует косейсмическое движение в связи с землетрясением M 6.5 (3.04.2023) [Кафтан В.И. и др. 2025]. После землетрясения M 7.1 (18.08.2024 г.) косейсмическое опускание продолжилось, а после землетрясения M 8.8 опускание составило 12-15 см на территории полигона.

Во время инфляции магматического очага и внедрения магмы в подводящий канал обычно наблюдаются поднятия и растяжения вулканического конуса, а по завершении извержения деформационный процесс протекает в обратном направлении. На текущий момент в области вершины Авачинского вулкана регистрируется растяжение, не сопровождающееся подъемом, что не дает оснований предполагать внедрение магмы с глубин к поверхности.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВиС ДВО РАН, тема FWME-2024-0010.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кафтан В.И., Родкин М.В. Деформации района вулкана Этны по данным GPS измерений, интерпретация, связь с режимом вулканизма // Вулканология и сейсмология. 2019. № 1. С. 14–24.

2. Кафтан В.И., Миронов И.К., Маневич А.И., Шевчук Р.В., Магуськин В.М. Современные движения и деформации земной коры в окрестности Авачинского вулкана (п-ов Камчатка) с 2015 по 2023 гг. // Физика земли. 2025. № 3. С. 115-128.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ИСТОЧНИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

SOURCES OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS INPUT INTO WATER BODIES OF WESTERN SIBERIA

Н.А. Мухортина
N.A. Mukhortina

Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Томск, Россия
Tomsk Branch, Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics SB RAS, Tomsk, Russia
volkovana@ipgg.sbras.ru

Поступление полициклических ароматических углеводородов (ПАУ)обусловлено широким распространениемих в природные водные системы, которое происходит постоянно через атмосферные осадки, поверхностные стоки, промышленно-бытовые сточные воды, а также выбросы от автотранспорта и промышленных предприятий.Источники поступления ПАУ разнообразны и делятся на петрогенные (разливы нефти, подток нефтяных флюидов через породы), пирогенные (лесные пожары, сжигание нефтепродуктов, выбросы автотранспорта) и биогенные (продукты разложения живых организмов) [1]. Проблема установления источников тех или иных загрязнений и виновников экологического ущерба, которые формируются и накапливаются в течение длительного времени, по-прежнему востребована. В связи с этим определение фонового содержания ПАУ и принципа разделения природной и антропогенной составляющих становится приоритетной задачей при мониторинговых исследованиях экологического состояния объектов. Целью данной работы является определение вероятных источников поступления ПАУ в природные объекты с разной антропогенной нагрузкой.

Для исследования были выбраны участки с различной техногенной нагрузкой: Т1 – разлив нефтепродуктов, Т2 – ежедневная эксплуатация нефтяных предприятий и Т3 – эксплуатация угледобывающих предприятий. Пробы поверхностных вод из рек, расположенных вблизи источников загрязнения, были проанализированы на содержание индивидуальных ПАУ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. По результатам анализа рассчитаны индикаторные соотношения, которые позволили определить вероятные источники поступления ПАУ.

Максимальные концентрации ПАУ зафиксированы на участке Т2, что свидетельствует о хроническом загрязнении водных объектов в районе нефтедобычи. Для Т2 характерно преобладание нафталина, фенантрена, хризена, бенз(а)пирена и особенно флуорантена, участки Т3 отмеченыпреобладанием дибенз(a,h)антрацена. На территории Т1 доминируют нафталин, флуорен и фенантрен. Согласно результатам анализа индикаторных соотношений, основной источник поступления ПАУ имеет петрогенное происхождение. При этом на участке Т2 наблюдается смешанный петрогенно-техногенный характер загрязнения, а на участке Т1 предполагается дополнительный вклад пирогенных источников, не связных с разливом нефтепродуктов. Применение комплекса индикаторных соотношений в ходе анализа образцов позволяет сгруппировать результаты и провести оценку по источнику поступления. Полученные данные способствуют выявлению закономерностей распределения и происхождения ПАУ в водных экосистемах, испытывающих техногенную нагрузку.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-77-00052; URL: https://rscf.ru/project/25-77-00052/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Халиков И. С. Идентификация источников загрязнения объектов природной среды полициклическими ароматическими углеводородами с использованием молекулярных соотношений // Экологическая химия. 2018. Т. 27, № 2. С. 76–85.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ВОЗМОЖНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ В РАЙОНАХ АКТИВНОГО ВУЛКАНИЗМА

POSSIBILITIES AND RESULTS OF THE GPR METHOD APPLICATION IN AREAS OF ACTIVE VOLCANISM

В.Ю. Павлова[1], Р.Р. Акбашев[2]
V.Yu. Pavlova[1], R.R. Akbashev[2]

[1]Камчатский Государственный Университет им. Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[1]Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

[2]Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[2]Kamchatka Branch, Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
verpavlova88@gmail.com

Применение метода георадиолокации в зонах современной вулканической активности сопряжено с высокой гетерогенностью среды, сложным рельефом и изменчивостью электрофизических свойств пород. Многие аспекты использования георадаров в вулканических районах остаются недостаточно изученными. В данной работе представлены результаты многолетних исследований с помощью метода георадиолокации в районах активного вулканизма Камчатки, а также на острове Парамушир (Курильские острова). Мониторинг и зондирование проводились с использованием разночастотных антенных блоков.

Результаты исследований позволили осуществить детальную стратификацию приповерхностных отложений с высоким пространственным разрешением. На основе контрастности волновой картины впервые для изученных областей выделены и классифицированы георадарные фации. Их интерпретация позволяет реконструировать экзогенные и эндогенные процессы рельефообразования в районах активного вулканизма,

Данные исследования являются частью работ, направленных на решение общей цели – это создание научно-методической основы метода георадиолокации применительно к Камчатке, включая методику обработки и интерпретации данных, с учетом практического опыта применения на различных объектах. Для оптимизации метода георадиолокации необходимо сопоставление и анализ результатов геофизических наблюдений в различных геологических условиях [1].

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030. Дальний Восток» и темы НИР «Применение метода георадиолокации на Камчатке» (КамГУ им. Витуса Беринга).

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлова В.Ю., Делемень И.Ф. Применение метода георадиолокации на Камчатке: монография. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2024. 144 с.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ФУМАРОЛЬНОГО ПОЛЯ ВУЛКАНА ЭБЕКО МЕТОДАМИ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ И ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ (О. ПАРАМУШИР, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

COMPREHENSIVE GEOPHYSICAL STUDIES OF THE SOUTH-EASTERN FOAM FIELD OF EBEKO VOLCANO BY GPR AND ELECTRO-TOMOGRAPHY METHODS (PARAMUSHIR ISLAND, KURIL ISLANDS)

В.Ю. Павлова[1], Р.Р. Акбашев[2], Г.Л. Панин[3]
V.Yu. Pavlova[1], R.R. Akbashev[2], G.L. Panin[3]

[1]Камчатский Государственный Университет им. Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[1]Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

[2]Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[2]Kamchatka Branch, Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

[3]Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия
[3]Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB, Russan Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
verpavlova88@gmail.com

Действующий вулкан Эбеко (о. Парамушир) — один из наиболее активных объектов Большой Курильской гряды. Сложный рельеф и нестабильность физико-химических свойств вмещающих пород в гидротермальных зонах существенно ограничивают применимость точечных методов. Рациональным решением является комплексирование малоглубинных методов электроразведки — георадиолокации и электротомографии, обеспечивающих непрерывное неразрушающее картирование подповерхностных неоднородностей. Полевые работы проводились на юго-восточном фумарольном поле. Данные исследования проведены впервые. Участок сложен пепло-шлаковыми отложениями, нарушен фумарольными буграми, сухими руслами временных водотоков, грязевыми котлами и серными потоками. По данным инверсии электротомографии на глубине около 3 м локализована кровля приповерхностных гидротермальных резервуаров с низким удельным электрическим сопротивлением. Выявлены субвертикальные скрытые каналы, обеспечивающие подток высокотемпературных парогазовых флюидов к дневной поверхности. По данным метода георадиолокации детально изучена геометрия верхней части разреза. Вдоль профилей обнаружены подповерхностные фумарольные полости шириной 1.0–2.5 м и глубиной залегания до 2.5 м. Дифференциация волнового поля на радарограммах позволила оконтурить зоны интенсивного гидротермального изменения пород и парящие площадки с солевыми инкрустациями. Также зафиксированы плотные отложения серных потоков, погребенные под свежей пирокластикой. Совместный анализ параметров волнового поля метода георадилокации и инверсионных моделей метода электротомографии позволил реконструировать скрытую морфологию и флюидодинамику фумарольного поля. Результаты вносят вклад в создание научно-методической основы применения электроразведки на активных вулканах Курило-Камчатского региона.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания №075-00604-25), в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030. Дальний Восток» и темы НИР «Применение метода георадиолокации на Камчатке» (КамГУ им. Витуса Беринга).

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ У ПОДНОЖИЯ ЮЖНОГО СКЛОНА ВУЛКАНА ВИЛЮЧИНСКИЙ (КАМЧАТКА)

RESULTS OF GPR STUDIES AT THE FOOT OF THE SOUTHERN SLOPE OF THE VILYUCHINSKY VOLCANO (KAMCHATKA)

В.Ю. Павлова[1], О.В. Бергаль-Кувикас[1,2], Р.Р. Акбашев[3]

V.Yu. Pavlova[1], O.V. Bergal-Kuvikas[1,2], R.R. Akbashev[3]

[1]Камчатский Государственный Университет им. Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[1]Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

[2]Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[2]Institute of Volcanology and Seismology, Far East Branch, Russan Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

[3]Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[3]Kamchatka Branch, Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
verpavlova88@gmail.com

Объектом детальных работ на юге Камчатки стал стратовулкан Вилючинский (абс. высота 2173 м). Морфология его конуса характеризуется развитием глубоких баранкосов, а основание постройки подрезано трогами позднеплейстоценового оледенения. Эволюция вулкана включает две основные фазы: позднеплейстоценовую (формирование конуса) и раннеголоценовую (излияние базальтовых потоков на западных склонах). Согласно данным K-Ar датирования, заложение постройки происходило в интервале от 700±5 до 490±20 тыс. лет назад.

Несмотря на высокую рекреационную нагрузку в районе вулкана Вилючинский, детальные данные о пространственной изменчивости мощностей рыхлых отложений до настоящего времени ограничивались точечными наблюдениями. Применение метода георадиолокации позволило осуществить непрерывное профилирование, направленное на картирование погребенного рельефа и фиксацию резких перепадов мощностей пирокластических толщ. Полевые исследования, выполненные в данном районе впервые, проводились с использованием низкочастотного георадарного комплекса «Питон-3» (базовая частота центрального излучения — 24 МГц). Съемка осуществлялась в одноканальном режиме совмещенной приемно-передающей антенной системой, что обеспечило необходимую глубинность зондирования в условиях гетерогенного вулканогенного разреза.

По особенностям динамических характеристик волновой картины и характеру распределения отражающих горизонтов исследуемый участок четко разделяется на две зоны с контрастными геологическими условиями. Первая зона характеризуется субгоризонтальным переслаиванием пирокластических и лавовых толщ, связанных с основными фазами формирования стратовулкана. Вторая зона приурочена к мощному конусу выноса аллювиально-пролювиальных отложений. На радарограммах здесь фиксируется хаотическая и косослоистая текстура волнового поля с обилием дифракционных гипербол от валунно-глыбового материала. Выделенные в этой зоне георадарные фации отражают высокую динамику экзогенного рельефообразования и эрозионного расчленения овражными системами.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030. Дальний Восток» и темы НИР «Применение метода георадиолокации на Камчатке» (КамГУ им. Витуса Беринга).

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ НАКАНУНЕ КАМЧАТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2025

STRESS STATE OF THE EARTH'S CRUST PRIOR TO THE KAMCHATKA EARTHQUAKE

А.Ю. Полец
A.Yu. Polets

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
a.polec@mail.ru

Проведен анализ напряженно-деформированного состояния земной коры Тихоокеанского побережья Камчатки перед сильнейшим землетрясением 29 июля 2025 г. (Mw 8.8), которое стало крупнейшим в регионе с 1952 года.

Для восстановления параметров тектонического поля напряжений использован метод катакластического анализа в новой модификации [Ребецкий и др., 2024а, 2024б]. В качестве исходных данных использовались механизмы очагов землетрясений из каталога Global CMT.

По результатам реконструкции в исследуемом регионе выделены сейсмотектонические области с различными деформационными режимами. Преобладающими типами являются горизонтальное сжатие и горизонтальный сдвиг. В области сочленения Курило-Камчатской и Алеутской дуг отмечается переход от горизонтального сжатия к сдвиговому режиму, генерирующий краевые напряжения. Зафиксированная смена геодинамического режима с горизонтального сжатия на горизонтальный сдвиг, связана с косым воздействием Тихоокеанской плиты на Алеутский сегмент [Осокина и др., 1987].

Очаговая область мегаземлетрясения 29 июля 2025 г. локализована в секторе всестороннего сжатия, созданного правосторонним сдвигом по Алеутскому сегменту, при этом очаг расположен в области с пониженными значениями относительного эффективного давления, что обусловило предрасположенность среды к хрупкому разрушению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осокина Д.Н., Фридман В.Н. Исследование закономерностей строения поля напряжений в окрестностях сдвигового разрыва с трением между берегами // Поля напряжений. М.: Наука, 1987. С. 74-119.

2. Ребецкий Ю.Л., Добрынина А.А., Саньков В.А. Тектонофизическое районирование активных разломов байкальской рифтовой системы // Геодинамика и тектонофизика. 2024. Т. 15, № 4. DOI: 10.5800/GT-2024-15-4-0775.

3. Ребецкий Ю.Л., Сычева Н.А. Напряженное состояние земной коры Алтае-Саянской горной области: реконструкция на основе модифицированных алгоритмов катакластического метода // Геосистемы переходных зон. 2024. Т. 8, № 4. С. 261-275.

4. Global CMT. Global Centroid Moment Tensor. http://www.global.org/

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ПОЛЕ НАПРЯЖЕНИЙ КУРИЛЬСКОЙ ДУГИ: 20 ЛЕТ ПОСЛЕ ДУПЛЕТА СИМУШИРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

STRESS FIELD OF THE KURIL ARC: 20 YEARS AFTER SIMUSHIR DOUBLET

А.Ю. Полец
A.Yu. Polets

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
a.polec@mail.ru

Центральный сегмент Курильской сейсмофокальной зоны ранее относился к областям с заниженным сейсмическим потенциалом [Злобин и др., 2009], однако серия мощных толчков 2006–2007 гг. (Mw=8.3 и 8.1) коренным образом изменила эти представления [Полец, Злобин, 2012].

Задача исследования – реконструировать эволюцию поля тектонических напряжений для разных глубинных и временных интервалов.

Реконструкция поля тектонических напряжений была выполнена по механизмам очагов из каталога Global CMT с применением метода катакластического анализа [Ребецкий, 2007]. Реконструированы ориентация осей главных напряжений, коэффициент Лоде-Надаи и относительные величины эффективного давления и касательных напряжений.

На сегодняшний день центральный сегмент Курильской дуги перешел в фазу пониженной сейсмической активности и значимого накопления упругих напряжений не зафиксировано. Зоны с наибольшим сейсмическим потенциалом сместились на северный и южный фланги Курильской дуги.

Наиболее интенсивная изменчивость поля напряжений приходится на афтершоковые стадии, в эти периоды поле напряжений максимально неоднородно, отражает перестройку среды. Полученные данные позволяют уточнить сейсмотектоническую модель исследуемого региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Злобин Т.К., Поплавская Л.Н., Полец А.Ю. Серия сильных и катастрофических Симуширских землетрясений 2006 – 2009 годов: основные особенности и сейсмотектоника очаговых зон // Доклады академии наук 2009. Т. 428, № 4. С. 531-535.

2. Полец А.Ю., Злобин Т.К. Реконструкция тектонических напряжений до и после катастрофических Симуширских землетрясений 2006 и 2007 гг. // Доклады РАН. 2012. Т. 445, № 1. С. 90-93.

3. Ребецкий Ю.Л. Тектонические напряжения и прочность природных горных массивов. Научное издание М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 406 с.

4. Тараканов Р.З. Сейсмичность, глубинное строение и сейсмическая опасность Курило-Охотского региона: дис. в виде науч. докл. д-ра физ.-мат. наук. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2006. 76 с.

5. Global CMT. Global Centroid Moment Tensor. http://www.global.org/

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ГЕОДИНАМИКА ПЛЮМОВОГО МАГМАТИЗМА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СИБИРСКОЙ ТРАППОВОЙ ПРОВИНЦИИ – РЕЗУЛЬТАТА ПЕРМСКО-ТРИАСОВОЙ ПРИРОДНОЙ КАТАСТРОФЫ

GEODYNAMICS OF PLUME MAGMA ASCENT THROUGH THE CONTINENTAL LITHOSPHERE DURING THE FORMATION OF THE SIBERIAN TRAP PROVINCE – A RESULT OF THE PERMIAN-TRIASSIC NATURAL DISASTER

О.П. Полянский, А.Н. Семенов, В.А. Верниковский, А.Е. Верниковская, Н.Ю. Матушкин
O.P. Polyansky, A.N. Semenov, V.A. Vernikovsky, A.E. Vernikovskaya, N.Y. Matushkin

Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия
Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia
pol@igm.nsc.ru

Северная окраина Сибирской платформы часто рассматривается в качестве центра (или одного из центров) формирования Сибирской крупной магматической провинции (СКМП), произведенной Сибирским суперплюмом на рубеже перми и триаса [Dobretsov, Vernikovsky, 2001]. Воздействия суперплюма на окружающую среду признаны катастрофическими в отношении состава атмосферы и океана, массовых вымираний и др. Ключевым в построении геодинамических и петрологических моделей СКМП являются причины и механизмы, приводящие к извержению не менее 16 млн км^3 мантийных магм, рассчитанных для Сибирского суперплюма [Dobretsov et al., 2008]. Излияния базальтов происходили на фоне аномально высокого регионального мантийного палеотеплового потока (до 90–100 мВт/м^2), в разы превышающего современный [Polyansky et al., 2026].

Разработанные численные 3D модели характеризуют особенности магматизма в ключевых геологических обстановках распространения Сибирских траппов: Тунгусской синеклизы (модель очага в форме плоского слоя), Маймеча-Котуйской магматической провинции (модель астеносферного поднятия в форме линзы) и зона сочленения Карского блока и Сибирской платформы (модель очага в форме вертикального канала). Смоделирован механизм миграции магмы через литосферу однородного или гетерогенного состава. С учетом оценки средней доли магмы 40-60%, перемещенной из источника до уровня коры, её объем в глубинном магматическом резервуаре должен быть как минимум вдвое выше объема изверженного вещества. Скорость подъема плюмовой магмы через 200-км литосферу Сибирской платформы оценена в 0.4 м/год. Подъем прекращается, когда фронт плюма достигает реологический или плотностной барьер, где подъемная сила всплывающей магмы не может преодолеть сопротивление вмещающей породы. По результатам моделирования установлена существенную роль гетерогенности мантии - присутствие пироксенитового компонента влияет на эффективность миграции магмы (скорость и высоту подъема) через континентальную литосферу. Роль пироксенитов состоит в существенном снижении реологической прочности (эффективной вязкости) литосферы, что не учитывалось в ранних моделях. Пути миграции магм контролируются геометрией зоны гетерогенности. Методами численного моделирования показана возможность горизонтального транспорта магмы на расстояния до 800 км от центра плюма.

Работа выполнена за счет гранта РНФ № 24-17-00057.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dobretsov N.L., Kirdyashkin A.A., Kirdyashkin A.G., Vernikovsky V.A., Gladkov I.N. Modelling of thermochemical plumes and implications for the origin of the Siberian traps // Lithos. 2008. Vol. 100. P. 66-92.

2. Dobretsov N.L., Vernikovsky V.A. Mantle plumes and their geological manifestations // Int. Geol. Rev. 2001. Vol. 43. P. 771-788.

3. Polyansky O.P., Semenov A.N., Koroleva O.B., Filippov Yu.F., Prokopiev A.V. Modeling Mantle Magma Transport within the Northern Margin of the Siberian Platform at the Permian-Triassic Boundary // Petrology. 2026. Vol. 34, N 4. P. 412-414.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

СОВРЕМЕННЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ

CURRENT SEISMIC POTENTIAL OF THE KURIL-KAMCHATKA SUBDUCTION ZONE

А.С. Прытков, Н.Ф. Василенко
A.S. Prytkov, N.F. Vasilenko

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
a.prytkov@imgg.ru

Курило-Камчатская зона субдукции является одним из наиболее сейсмоактивных районов северо-восточной Евразии. С 1900 г. здесь произошли 14 землетрясений с магнитудой $M_w \geq 8.0$. Сильнейшие землетрясения приурочены к сцепленным участкам контакта Североамериканской и Тихоокеанской литосферных плит, глубина которого не превышает ~60 км [1]. Для выявления областей современного сейсмического дефицита в зоне субдукции использован подход, основанный на кумулятивном смещении в результате межплитовых землетрясений с $M_w \geq 7.0$ [2]. В совокупности с другими методами такой подход способствует более точной оценке сейсмической опасности региона.

Детальный анализ сейсмического потенциала Курило-Камчатской зоны субдукции за предшествующий период исследований с 1900 по 2018 гг. выполнен в работе [2]. Было установлено, что дефицит сейсмического смещения наблюдается в южной части (от о. Хоккайдо до севера о. Кунашир) и центральном сегменте зоны субдукции (от о. Уруп до эпицентральной зоны Симуширского землетрясения 2006 г. $M_w = 8.3$). При скорости субдукции литосферных плит ~8 см/год его величина варьирует от 3 до 8.8 м. К настоящему времени эти оценки практически не практически изменились.

Существенные изменения произошли на северном фланге Курильской островной дуги и южной части п-ва Камчатка. До Камчатского землетрясения 2025 г. $M_w = 8.8$ здесь проявлялась обширная область дефицита сейсмического смещения протяженностью ~450 км, где с 1900 г. не зарегистрировано землетрясений с $M_w > 7.5$. Доклад посвящен уточнению сейсмической опасности этого сегмента зоны субдукции после произошедшего мега-землетрясения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pacheco J.F., Sykes L.R., Scholz C.H. Nature of seismic coupling along simple plate boundaries of subduction type // J. Geoph. Res. 1993. Vol. 98, N B8. P. 14133-14159.

2. Левин Б.В., Прытков А.С., Василенко Н.Ф., Фролов Д.И. Современный сейсмический дефицит в Курило-Камчатской зоне субдукции // ДАН. Науки о Земле. 2020. Т. 491, № 2. С. 103-107.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ МОМЕНТНОЙ МАГНИТУДЫ КАМЧАТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 29.07.2025 ПО ЗАПИСЯМ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ САХАЛИНА И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF RAPID MOMENT MAGNITUDE ESTIMATION FOR THE 29 JULY 2025 KAMCHATKA EARTHQUAKE USING ACCELEROMETER RECORDS FROM SAKHALIN AND THE KURIL ISLANDS

В.В. Пупатенко[1], Д.А. Сафонов[2,3], Н.В. Шестаков[4,5]
V.V. Pupatenko[1], D.A. Safonov[2,3], N.V. Shestakov[4,5]

[1]Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия
[1]Institute of Tectonics and Geophysics FEB RAS, Khabarovsk, Russia

[2]Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Sakhalin Branch of the Federal Research Center of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[3]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[3]Institute of marine geology and geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[4]Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия
[4]Far Eastren Federal University, Vladivostok, Russia

[5]Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
[5]Institute of Applied Mathematics FEB RAS, Vladivostok, Russia
pvv2.dv@gmail.com

29 июля 2025 г. у побережья Камчатки произошло сильное землетрясение с моментной магнитудой M_w = 8.8. Максимально точное и оперативное определение магнитуды таких событий является одной из важнейших задач современной сейсмологии, особенно в контексте систем раннего предупреждения о землетрясениях и цунами. В докладе представлен подход к быстрой оценке M_w по записям акселерометров, основанный на эмпирической зависимости между пиковым смещением грунта и моментной магнитудой. В отличие от большинства аналогичных исследований, использованы исключительно акселерометрические данные 13 сейсмических станций Сахалина и Курильских островов, без привлечения данных Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Итоговая оценка M_w, полученная по данным всех станций, составила 8.75 ± 0.2 и согласуется со значениями, опубликованными международными агентствами. Результаты ретроспективного анализа показывают, что первая устойчивая оценка магнитуды M_w = 7.6 ± 1.3 могла быть получена уже через 4.5 минуты после момента возникновения землетрясения, а через 8 минут могло быть получено значение M_w = 8.65 ± 0.3. Результаты показывают, что при наличии действующей сети акселерометров данная методика позволяет получать надёжные и достаточно оперативные оценки моментной магнитуды сильных землетрясений без использования данных ГНСС. Это открывает возможности для повышения оперативности определения параметров очага и совершенствования систем раннего предупреждения о цунами в регионах с развитой сейсмологической инфраструктурой без существенной модификации существующих систем обработки сейсмических данных.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ОЦЕНКА ВЫСОТ И ОБЪЁМОВ ДОКАЛЬДЕРНЫХ ПОСТРОЕК ВУЛКАНОВ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ МЕТОДАМИ ГЕОМОРФОМЕТРИИ

ESTIMATING HEIGHTS AND VOLUMES OF PRE-CALDERA VOLCANIC EDIFICES OF THE KURIL ISLANDS USING GEOMORPHOMETRIC METHODS

Ф.А. Романюк, А.В. Дегтерев
F.A. Romanyuk, A.V. Degterev

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of marine geology and geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
f.romanuk@imgg.ru

В работе предлагается и апробируется двухэтапная методика реконструкции исходной формы разрушенных вулканических построек. На первом этапе выполняется аппроксимация данных ЦМР (Copernicus DSM 30 м) с наиболее сохранившихся фрагментов склонов полиномиальной функцией второго порядка ($y = cx^2 + b + a$). Выбор полинома обусловлен его математической простотой, устойчивостью и ясной геометрической интерпретацией параметров (a – высота вершины, c – кривизна склона). На втором этапе, на основе экстраполяции полученных трендов, в ГИС-среде (Surfer) моделируется полная морфология исходной постройки. Для проверки методика была апробирована на эталонных вулканах с правильной конической формой (Ключевской, Кроноцкий, Алаид, Фусса), что позволило ввести эмпирическую поправку на наличие вершинного кратера (~ 150 м) и оценить точность метода.

Методика применена для реконструкции четырех разрушенных вулканических сооружений (палеовулканов) Курильских островов: докальдерных построек вулканов Тао-Русыр (о. Онекотан), Львиная Пасть (о. Итуруп), Заварицкого (о. Симушир) и Тятя (о. Кунашир). Влк. Тятя: реконструированная высота постройки составила ~ 2070 м. Объем разрушенной части (1 км³) и оценка объема изверженного материала (~ 3 км³). Кальдера Тао-Русыр: высота докальдерной постройки оценена в ~ 2380 м. Разница объемов с современной кальдерой составила ~ 42 км³ плотной породы, что соответствует ~ 84 км³ рыхлого пирокластического материала. Это значение превышает известные литературные оценки (50–60 км³) [Лаверов и др., 2005]. Кальдера Львиная Пасть: реконструированная высота докальдерного вулкана – ~ 2420 м. Расчетный объем разрушенной части (~ 66 км³) и соответствующий объем изверженных продуктов (~ 132 км³) согласуются с верхними оценками для этого события [Дегтерев и др., 2026; Лаверов и др., 2005]. Кальдера Заварицкого: для этой наиболее сложной структуры, с использованием данных по двум разным кальдерам, была реконструирована первая докальдерная постройка высотой ~ 1970 м. Объем разрушенной части (~ 49 км³) и рассчитанный объем пирокластики (~ 98 км³) значительно превосходят минимальные оценки в литературе (37 км³) [Дирксен и др., 2025].

Проведенное исследование демонстрирует, что применение полиномиальной аппроксимации второго порядка является эффективным и надежным инструментом для количественной реконструкции морфологии разрушенных вулканических сооружений даже при ограниченном количестве исходных данных. Полученные морфометрические параметры (высота, коэффициент H/D) для реконструированных построек статистически значимо не отличаются от параметров современных активных вулканов региона. Сравнение расчетных объемов разрушенных частей с опубликованными данными [Дегтерев и др., 2026; Дирксен и др., 2025; Лаверов и др., 2005]. Разработанная методика может быть рекомендована для реконструкции вулканических сооружений в других регионах новейшего и современного вулканизма, а также для оценки масштабов и энергетики катастрофических извержений и связанных с ними опасностей (например, вулканогенных цунами).

Исследования выполнены по теме госзадания ИМГиГ ДВО РАН FWWM-2024-0003.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

СТРУКТУРНАЯ ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ КАВКАЗСКО-АНАТОЛИЙСКОГО РЕГИОНА. СИЛЬНОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В ТУРЦИИ 2023 ГОДА

STRUCTURAL GEODYNAMICS AND SEISMICITY OF THE CAUCASUS-ANATOLIAN REGION. STRONG EARTHQUAKE IN TURKEY IN 2023

В.Б. Свалова
V.B. Svalova

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва, Россия
Sergeev Institute of Environmental Geoscience of RAS, Moscow, Russia
Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН, г. Владикавказ, Россия
Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Center of RAS, Vladikavkaz, Russia
v-svalova@mail.ru

6 февраля 2023 года на юго-востоке Турции произошло землетрясение магнитудой 7,8. Место землетрясения связано с тройным сочленением Анатолийской, Аравийской и Африканской плит и ограничено Восточно-Анатолийским разломом, который образует границу между Анатолийской и Аравийской плитами.

Северо-Анатолийский разлом разделяет Евразийскую и Анатолийскую тектонические плиты, которые скользят относительно друг друга со скоростью 2 см в год. Вдоль этого разлома регулярно происходят землетрясения, и активность постепенно смещается с востока на запад, в сторону Мраморного моря, в направлении Стамбула. Участок этой зоны, прилегающий к городу, не был активен в течение 250 лет.

Геодинамическая модель Анатолийско-Кавказско-Аравийского региона определяется потоком мантии, поднимающимся с поверхности ядра и распространяющимся под литосферой, создавая сложные поверхностные скорости в Анатолии на запад, на Аравийской плите на восток и на Кавказе на север. Этот поток будет продолжать переносить материал вдоль Северо-Анатолийского и Восточно-Анатолийского разломов.

Частота сильных землетрясений варьируется вдоль разломов из-за различной толщины земной коры и реологии геологической среды. Глубина Мохо для Восточно-Анатолийского разлома составляет приблизительно 40 км, а для Северо-Анатолийского разлома — приблизительно 50 км. Вдоль Северо-Анатолийского разлома сильные землетрясения происходят каждые 1-10 лет (1939, 1942, 1943, 1944, 1953, 1957, 1966, 1967, 1971, 1992, 1999), при этом гипоцентры расположены примерно в 100 км друг от друга и распространяются на запад. После землетрясения в Измите 1999 года, произошедшего в 80 км к востоку от Стамбула, землетрясение в районе Стамбула можно ожидать в течение нескольких лет (1-10 лет).

Поскольку Восточно-Анатолийский разлом стал причиной сильных землетрясений в 1789 (M 7,2), 1795 (M 7,0), 1872 (M 7,2), 1874 (M 7,1), 1875 (M 6,7), 1893 (M 7,1), 2020 (M 6,8) и 2023 (M 7,8, M 7,7) годах, интервал повторяемости групп (1790–1880–2020) составляет приблизительно 100 лет. В рамках этих групп обычно происходит 2–4 сильных землетрясения с небольшим интервалом времени. Можно предположить, что т.к. сильное землетрясение в районе Восточно-Анатолийского разлома не произошло в течение нескольких лет после 2023 года, то оно произойдет только через 100 лет.

Источник финансирования: Госзадание тема НИР FMWM-2025-0004 “Развитие методологических основ изучения опасных геологических процессов», тема НИОКТР № 125021902588-3 «Методологические основы оценки состояния природной среды и интегрального риска опасных процессов различной природы в горном регионе».

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

GEOPHYSICAL ASPECTS OF KAMCHATKA REGION ENERGY SECURITY

В.П. Сивоконь[1], А.А. Любин[2], Ю.В. Марапулец[1], А.А. Солодчук[1]
V.P. Sivokon[1], A.A. Lyubin[2], Yu.V. Marapulets[1], A.A. Solodchuk[1]

[1]Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, с. Паратунка, Россия
[1]Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation, FEB of RAS, Paratunka, Russia

[2]ПАО «Камчатскэнерго», г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[2]Kamchatskenergo, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
vsivokon@mail.ru

Энергетические системы являются критически важными элементами современного технологического уклада, что требует их надежного функционирования. Ввиду сложности систем их надежность определяется множеством факторов, в том числе геофизическим. Наиболее известным его проявлением являются события 13 марта 1985 года в Канаде, когда вышла из строя система энергоснабжения провинции Квебек. Причиной этого события явилась магнитная буря, сопровождавшаяся увеличением интенсивности природной токовой структуры — электроджета. Возмущения в нем порождают в протяжённых проводниках геомагнитно-индуцированные токи (ГИТ), например в воздушных линиях электропередач, что приводит к выходу из строя трансформаторов.

На Дальнем Востоке исследованием ГИТ занимается ИКИР ДВО РАН. В силу технических и организационных причин на первых этапах исследований прямые измерения исключались. Нами разработан ряд технологий его косвенного наблюдения [Сивоконь, Сероветников, 2013; Сивоконь, 2021]. В 2024 году удалось зафиксировать прямое наличие ГИТ в линии Мутновской ГеоЭС в виде геомагнитных пульсаций Pc3 [Sivokon, 2026]. Мониторинг электрических параметров воздушной линии позволил обнаружить колебания мощности с периодом характерным для геомагнитных пульсаций Pc5, однако их мощность не соответствовала энергетике пульсаций этого класса. Подобные колебания наблюдались в вариациях давления пробной скважины Мутновского геотермального поля [Кирюхин и др., 2006]. Сбор, анализ и сопоставление электрических и технологических параметров станции позволил установить взаимосвязь колебаний мощности станции и давления в скважинах. Показано, что вариации интенсивности, времени проявления, длительности и периода колебаний мощности зависят от геофизических условий и технологических особенностей эксплуатации станции.

В связи с принятием решения по реализации второй очереди Мутновской геотермальной станции является актуальным исследование комплекса геофизических и технологических факторов устойчивости Мутновской ГеоЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирюхин А.В., Корнеев В.А., Поляков А.Ю. О возможной связи сильных землетрясений с аномальными изменениями давления в двухфазном геотермальном резервуаре // Вулканология и сейсмология. 2006. № 6. С. 3-11.

2. Сивоконь В.П., Сероветников А.С. Геомагнитно-индуцированные токи в электрических сетях Камчатки // Электро. 2013. № 3. С. 19-22.

3. Сивоконь В.П. Новый метод обнаружения геомагнитно-индуцированных токов // Электротехника. 2021. № 11. С. 53-58.

4. Sivokon V.P. A Novel Mechanism in the Manifestation of Geomagnetically Induced Current // Russian Electrical Engineering. 2026. Vol. 97, N 5. P. 373-380.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

СРЕДНЕЛИТОСФЕРНЫЙ РАЗРЫВ. ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ

MID-LITHOSPHERE DISCONTINUITY. POSSIBLE CAUSES OF FORMATION

Т.С. Соколова[1], А.Г. Гоев[1,2]
T.S. Sokolova[1], A.G. Goev[1,2]

[1]Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия
[1]Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia
[2]Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия
[2]Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics RAS, Moscow, Russia
sock_t@ifz.ru

Современные геофизические наблюдения обнаруживают заметное снижение скоростей S-волн на 2–12% на глубинах от ~70 до 100 км в континентальной литосфере в пределах кратонов по всему земному шару. Такое явление получило название «mid-lithosphere discontinuity» – среднелитосферный разрыв (или MLD). Общепринято, что MLD оказывается реологически слабее, чем выше- и нижележащая литосферная мантия и имеет толщину ~ 10–40 км. Универсальной причины для образования MLD не найдено, однако ряд исследователей высказывают предположение о его метасоматическом происхождении [Abt et al., 2010; Aulbach et al., 2017; и др.]. Образование MLD связывают с накоплением на соответствующих глубинах сейсмически медленных минералов (флогопит, пироксены, амфиболы или карбонаты), которые отложились в литосферном слое в более ранний период магматически-метасоматической активности [Aulbach et al., 2017]. В работе [Aulbach et al., 2017] было проведено моделирование кратонного перидотита с добавлением от 2 до 15 вес.% флогопита. На глубине 70–100 км полученная модифицированная модель перидотита показала уменьшение рассчитанных скоростей S-волн на 2–7% по сравнению с исходным составом. На основе данных из работ [Sokolova et al., 2018, 2022] мы провели моделирование кратонного перидотита с добавлением от 5 до 15 вес.% $CaCO_3$-арагонита. Содержание 10–15 вес.% арагонита в моделируемой породе перидотита приводит к снижению рассчитанных скоростей S-волн на 2–4% от исходного состава на глубине 70–100 км. В работе [Hou et al., 2024] также сообщалось, что на глубине 70–120 км в температурном интервале 1000–1300 К устойчивой является аморфная фаза арагонита, что приводит к значительному снижению V_P и V_S для пород континентальной литосферы. Таким образом, настоящие расчеты указывают на то, что $CaCO_3$-арагонит может выступать хорошим кандидатом для объяснения формирования слоя MLD под кратонами.

Работа выполнена в соответствии с государственным заданием ИФЗ РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abt D., Fischer K., French S., Ford H., Yuan H., Romanowicz B. North American lithospheric discontinuity structure imaged by *Ps* and *Sp* receiver functions // J. Geoph. Res. 2010. Vol. 115. B09301, doi:10.1029/2009JB006914.

2. Aulbach S., Massuyeau M., Gaillard F. Origins of cratonic mantle discontinuities: A view from petrology, geochemistry and thermodynamic models // Lithos. 2017. Vol. 268–271. P. 364–382.

3. Hou M., Hao M., Liu J., Su X., Zhou W., Cui X., Hrubiak R., Sun H., Zhang J. Evidence for amorphous calcium carbonate originated mid-lithospheric discontinuities // Innov. Geos. 2024. Vol. 2(4). P. 1–6.

4. Sokolova T., Dorogokupets P., Litasov K., Danilov B., Dymshits A. Spreadsheets to calculate *P-V-T* relations, thermodynamic and thermoelastic properties of silicates in the $MgSiO_3$-MgO system // High Press. Res. 2018. Vol. 38. P. 193–211.

5. Sokolova T., Dorogokupets P., Filippova A. Equations of state of clino- and orthoenstatite and phase relations in the $MgSiO_3$ system at pressures up to 12 GPa and high temperatures // Phys. Chem. Miner. 2022. Vol. 49. 37. https://doi.org/10.1007/s00269-022-01212-7.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ CH_4 и CO_2 НА ОСТРОВЕ САХАЛИН: ДАННЫЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

GEOLOGICAL SOURCES OF CH_4 AND CO_2 ON SAKHALIN ISLAND: EXPEDITIONARY RESEARCH AND REMOTE SENSING DATA

Н.С. Сырбу[1], Р.В. Жарков[2], А.О. Холмогоров[1], И.Е. Степочкин[1]

N.S. Syrbu[1], R.V. Zharkov[2], A.O. Kholmogorov[1], I.E. Stepochkin[1]

[1]Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичёва ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

[1]V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

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

[2]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

syrbu@poi.dvo.ru

Остров Сахалин, расположенный в активной переходной зоне между Евразиатским континентом и Тихим океаном, характеризуется интенсивной тектонической и флюидодинамической активностью, обусловленной наличием мощных нефтегазоносных осадочных бассейнов и систем глубинных разломов. Природная дегазация в регионе является значимым, но недостаточно изученным фактором регионального углеродного баланса, а её связь с сейсмическими событиями открывает перспективы для геодинамического мониторинга.

В период 2023-2025 гг. проведены комплексные газогеохимические исследования двух репрезентативных объектов: Дагинской термоминеральной системы (ДГС, северо-восток) и Южно-Сахалинского грязевого вулкана (ЮСГВ, юг). Анализ свободных и растворённых газов выполнен с использованием газовой хроматографии и изотопной масс-спектрометрии. Потоки газов рассчитаны на основе натурных измерений дебита грифонов, а региональное распространение аномалий верифицировано спутниковыми данными AIRS, TROPOMI и IASI (2020-2025 гг.).

Установлен контрастный газогеохимический режим объектов. В ДГС, контролируемой Хоккайдо-Сахалинским разломом, доминирует CH_4 (до 93 об.%) с $\delta^{13}C\text{-}CH_4$ от -49.4 до -66‰, что указывает на смешанное биогенно-термогенное происхождение газов из нефтегазоносных пород. Суммарная эмиссия CH_4 с участка активной разгрузки площадью 50 м^2, с учётом явных и диффузных потоков, оценена в 323.6 т/год. Спутниковые данные выявили устойчивую аномалию CH_4 площадью ~9000 км^2, распространяющуюся преимущественно в восточном и юго-восточном направлениях под влиянием преобладающих юго-западных ветров, что указывает на вынос газа в акваторию Охотского моря.

В отличие от ДГС, Южно-Сахалинский грязевой вулкан, приуроченный к зоне Центрально-Сахалинского разлома, характеризуется доминированием CO_2 (60-80 об.%) с $\delta^{13}C\text{-}CO_2$ ~ -4.3‰ и присутствием мантийного He ($^3He/^4He$ = 1.9-2.1 Ra; доля мантийного He до 24.6%), что подтверждает глубинное мантийно-метаморфогенное происхождение флюидов. Расчётная эмиссия в пассивный период составляет 18.5 т/год CH_4 и 184.1 т/год CO_2. Полученные значения сопоставимы с эмиссией от грязевых вулканов Японии и Тайваня и укладываются в диапазон, характерный для осадочных геотермальных систем мира. Спутниковые данные AIRS в условиях штилевой погоды зафиксировали локальную аномалию CO_2 с превышением фоновых значений на 8-12 ppm, пространственно совпадающую с положением вулкана, что служит независимой верификацией наземных оценок.

Таким образом, дегазация сахалинских недр представляет собой не только измеримый вклад в региональный баланс парниковых газов (с преобладанием CH_4 на северо-востоке и CO_2 на юге), но и служит чувствительным индикатором геодинамической активности, что открывает перспективы использования газогеохимического и спутникового мониторинга для прогноза землетрясений в активных окраинных морях.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ПРИЛОЖЕНИЕ ИНСТАНТОНОВ К ОПИСАНИЮ ВРЕМЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ СКОРОСТЕЙ ДЕФОРМАЦИЙ БЕНЬОФФА

THE APPLICATION OF INSTANTONS TO THE DESCRIPTION OF TEMPORAL DEPENDENCIES OF BENIOFF STRAIN RATES

В.Н. Сычев[1], Л.М. Богомолов[1], М.В. Родкин[1,2]
V.N. Sychev[1], L.M. Bogomolov[1], M.V. Rodkin[1,2]

[1]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Institute of marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва, Россия
[2]Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics RAS, Moscow, Russia
koitash@mail.ru

Форшоковая и афтершоковая активность описывается эмпирическими законами Омори-Утсу. Рост форшоковой активности зачастую пытаются аппроксимировать различными возрастающими функциями. Это делается для оценки времени наступления сильного землетрясения. Одной из таких моделей является модель саморазвивающихся процессов (СРП) [Малышев, Тихонов, 2007].. Эта модель позволяет описать лавинообразное увеличение сейсмической активности непосредственно перед сильным землетрясением.

Исследования обобщённой окрестности сильного землетрясения (ООСЗ) [Родкин, 2008] продемонстрировали, что закономерности, описываемые прямым и обратным законами Омори–Утсу, распространяются на другие характеристики процесса активизации. В частности, они наблюдаются в изменениях наклона графика повторяемости землетрясений и других параметров, описываемых регрессиями. Зарубежные учёные ранее предпринимали попытки прогнозирования времени наступления главного толчка по накоплению деформаций Беньоффа или числа событий [Johansen et al., 2012]. В данной работе предлагается иной подход: использование инстантонной модели [Богомолов и др., 2025] для описания высвобождения сейсмической энергии во время форшоковой и афтершоковой активности. Кратко поясним суть этой модели. Инстантон представляет собой решение уравнений движения системы, характеризующееся резким кратковременным изменением её состояния. Для проверки применимости предложенного подхода были выбраны сильные землетрясения различных регионов Евразии: Камчатки, Сахалина, Турции и Японии. Проведён анализ суточных изменений деформаций Беньоффа и попытка их аппроксимации инстантонными решениями модельных кинетических уравнений. Показано, что подбором соответствующих параметров можно добиться удовлетворительного соответствия теоретической модели и эмпирических данных примерно в интервале ±1 неделя от момента главного события. Результаты дополняют материалы [Богомолов и др., 2025] о возможности применения инстантонной модели для описания поведения форшоков и афтершоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов Л. М., Родкин М.В., Сычев В.Н. Инстантонное представление форшок – афтершоковых последовательностей // Физика Земли. 2025. № 2. С. 43–57.

2. Малышев А.И., Тихонов И.Н. Нелинейные закономерности развития сейсмического процесса во времени // Физика земли. 2007. № 6. С. 37−51.

3. Родкин М.В. Сейсмический режим в обобщенной окрестности сильного землетрясения // Вулканология и сейсмология. 2008. № 6. С. 1–12.

4. Johansen A., Saleur H., Sornette D. New Evidence of Earthquake Precursory Phenomena in the 17 Jan. 1995 Kobe Earthquake, Japan // The European Physical Journal. 2012. Vol. 15(3). P. 551-555.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ФОКАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

FOCAL MECHANISMS OF EARTHQUAKES AND SEISMOTECTONIC DEFORMATIONS OF THE NORTHERN TIAN SHAN

Н.А. Сычева
N.A. Sycheva

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия
Schmidt Institute of Physics of the Earth of RAS, Moscow, Russia
ivtran@mail.ru

Бишкекский геодинамический полигон (БГП), ограниченный 41.5–43.5° с.ш. и 73–77° в.д., лежит в пределах центрального сегмента Северо-Тянь-Шаньской сейсмогенерирующей зоны и находится в зоне сочленения Тянь-Шаньского орогена и Туранской плиты. В центре этой территории расположена сейсмологическая сеть KNET, состоящая из 10 цифровых широкополосных станций [Сычева, 2016]. Данные сети использовались для определения механизмов очагов на территории, ограниченной координатами краевых станций сети (площадью 100x300 км). Для оценки современного напряженно-деформированного состояния территории использовались данные о фокальных механизмах (1770 событий, 1994-2021 гг.). Для расчета сейсмотектонических деформаций исследуемая область была разделена на ячейки с радиусом 0.2° (~20 км), центры которых размещаются в узлах сетки с шагом 0.1° (~10 км). Тензор скорости сейсмотектонической деформации (СТД) в пределах ячейки определяется суммой тензоров сейсмических моментов, нормированных на время, объем и модуль сдвига с использованием предположения о подобии СТД на разных масштабных уровнях [Юнга, 1990]. Построены карты СТД и распределения коэффициента Лоде – Надаи для всего сейсмогенного слоя (30 км) и для перекрывающихся глубин 0–10, 5–15,10–20 и 15–25 км. При построении карт СТД использовалась классификация режимов СТД [Юнга, 1997].

Исследование выполнено в рамках международного научного проекта стран ШОС «Comprehensive determination of strong earthquake hazard zones, seismic disaster risk as sessment, and demonstration application for the Tian Shan main active faults», проводимых Институтом физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН при финансовой поддержке Минобрнауки РФ из средств федерального бюджета в виде грантов в форме субсидий согласно соглашению № 075-15-2026-226. Иностранным партнером по этому проекту является Институт сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сычева Н.А. Киргизская сейсмологическая сеть KNET // Вестник Кыргызско–Российского Славянского университета. 2016. Т.16, № 5. С.175–183.

2. Юнга С.Л. Методы и результаты изучения сейсмотектонических деформаций. М.: Наука, 1990. 191 с.

3. Юнга С.Л. О классификации тензоров сейсмических моментов на основе их изометрического отображения на сферу // Докл. РАН. 1997. Т. 352, № 2. С. 253–255.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

SOME CHARACTERISTICS OF THE CATALOG OF EARTHQUAKES AND SEISMIC PROCESSES IN THE CRIMEAN-BLACK SEA REGION

Н.А. Сычева[1], Ю.Л. Ребецкий[1] , В.Н. Сычев[2]
N.A. Sycheva[1], Yu.L. Rebetsky[1], V.N. Sychev[2]

[1]Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия
[1]Schmidt Institute of Physics of the Earth of RAS, Moscow, Russia
[2]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
ivtran@mail.ru

В 2027 году исполнится сто лет со дня одного из сильнейших землетрясений Крымско-черноморского региона – Ялтинского землетрясения, произошедшего 11 сентября 1927 года с M=6.8. Работа посвящена анализу сейсмичности Крымско-Черноморского региона.Из различных источников собран каталог землетрясений Крымско-Черноморского региона, содержащий 4712 событий: 93 исторических (63 г. до н.э.- 1926 г) и 4619 землетрясений инструментального периода, произошедших с 1927 по 2025 гг. Описана, сеть регистрирующая сейсмичность Крымско-Черноморского региона. Выполнен статистический анализ каталога землетрясений (1927-2025 гг.), включая выборки из этого каталога (1927-1986 гг. и 1987-2025 гг.): количественное распределение по магнитуде, времени и глубине. Построены графики повторяемости и распределения Гутенберга – Рихтера: рассчитана представительная магнитуда для всего каталога и выборок из него. Определены параметры a и b-value, характеризующие линейную часть распределения Гутенберга – Рихтера [Gutenberg, Richter,1942]. Для всего каталога b-value = 0.53, для периода с 1927 по 1986 гг. b-value = 0.51 и для периода с 1987 по 2025 гг. b-value составляет 0.65. Выполнен расчет изменения параметра b-value во времени и в пространстве. Построены карты площадного распределения представительной магнитуды, которые характеризуют сейсмичность Крымско-Черноморского региона и регистрационные способности сейсмической сети. Для оценки сейсмического процесса построены карты количественного распределения землетрясений, подсчитано количество землетрясений, происходящих в формально определенных районах Крымско-Черноморского региона, и определены наиболее сейсмоактивные из них – Ялтинский и Алуштинский. Построены карты распределения интенсивности сейсмотектонической деформации [Юнга, 1990, Лукк, Юнга, 1979] и параметра концентрации сеймогенных разрывов [Завьялов, 1986]. Максимальная интенсивность СТД связана с очаговой областью землетрясения 11 сентября 1927 года и составляет $1.1x10^{-5}$ год$^{-1}$. Значение параметра сейсмогенных разрывов в этой области составляет 1.6.

Исследования проведены в рамках госзаданий Института физики Земли РАН и Института морской геологии и геофизики ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Завьялов А.Д. Среднесрочный прогноз землетрясений: основы, методика, реализация. М.: Наука, 2006. 242 с.

2. Лукк А.А., Юнга С.Л. Сейсмотектоническая деформация Гармского района // Известия АН СССР. Физика Земли. 1979. № 10. С. 24–43.

3. Юнга С.Л. Методы и результаты изучения сейсмотектонических деформаций. М.: Наука, 1990. 191 с.

4. Gutenberg B., Richter C. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seismol. Soc. Am. 1942. Vol. 32. P. 163-191.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ИЗУЧЕНИЕ КЕРНА СКВАЖИНЫ ЯГЕЛЬНАЯ В НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ АНАДЫРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

STUDY OF THE YAGELNAYA WELL CORE IN THE OIL- AND GAS-BEARING REGION OF THE ANADYR LOWLAND

Е.А. Ткаченко, А.А. Казакова, А.Е. Зайцева, Т.Н.Немченко, Б.К.Зуев
E.A. Tkachenko, A.A. Kazakova, A.E. Zaitseva, T.N. Nemchenko, B.K. Zuev

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, Россия
Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of RAS, Moscow, Russia
tkachenko@geokhi.ru
rusak@geokhi.ru

Изучение нефтегазоматеринских пород Анадырской низменности на Чукотке играет ключевую роль в прогнозировании нефтегазоносности Северо-Восточной части Российской Арктики. В рамках данного исследования были проанализированы образцы пород керна из скважины Ягельная на различных глубинах с помощью методов оптической и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), пиролиза и окситермографии. В отделе пробоподготовки ГЕОХИ РАН были сделаны 3 петрографических шлифа твёрдых пород скважины Ягельная с интервалами опробования (глубина) 2481-2497, 3189-3202 и 3240-3253 метров. Образцы керна были исследованы с помощью оптической и сканирующей электронной микроскопии, пиролиза (Rock-Eval 6) и окситермографии.

Терригенная порода со скважины Ягельная (2481-2497 м (верхний горизонт)) представляет аргиллит с массивной текстурой и мелко-скрытозернистой структуройс вкрапленниками слюды, кварца и глауконита. Внутри аргиллита наблюдаются игольчатые удлинённые вкрапления угля. Основная скрытокристаллическая масса представлена слюдой, кварцем, альбитом и калиевым полевым шпатом.

Порода с глубины 3189-3202 метров подобна алевролиту с мелкими вкрапленниками угля, остатками углефицированных тканей. Алевролит имеет обломочную, плотную, массивную текстуру и мелко-скрытозернистую структуру: состоит из мелких кристаллов кварца, слюды и глауконита. В мелкой основной массе наблюдаются мусковит, биотит и минералы группы хлорита. Основная масса образца неоднородная, внутри наблюдается зональность.

Терригенная осадочная порода с нижнего горизонта (3240-3253 м) тёмно-серого цвета, имеет плитчатую, плотную текстуру и мелкозернистую структуру. В породе встречаются шестоватые агрегаты чёрного цвета с серебристым блеском – уголь, а также наблюдаются отпечатки растений. Основная масса образца сложена мелкокристаллической слюдой (мусковит, биотит) и кварцем разного размера. Предполагаем, что это углистый аргиллит.

Установлено, что породы представлены аргиллитами и алевролитами с примесью кварца, слюд, глауконита и углефицированного детрита; в нижнем горизонте отмечены пиритовые конкреции и деформационные нарушения. Содержание органического углерода (TOC) варьирует от 0,82 до 2,42% (оценка «хорошо»), водородный индекс (HI) - от 195 до 405 мгУВ/г TOC. Верхний горизонт относится к незрелой стадии, средний -к смешанному, нижний-к газовому типу. Окситермография подтвердила наличие карбонатов кальция и повышенное содержание углефицированной органики в нижнем интервале. Совпадение результатов трёх независимых методов указывает на наличие залежей углеводородов (прежде всего газа) и перспективность Анадырской впадины для разработки нефтегазоматеринской толщи.

Работа выполнена в рамках государственных заданий ФГБУН ГЕОХИ РАН.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ОЦЕНКА ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ: ПРЕДПОСЫЛКИ, ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ, КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВАНИЯ

MUD VOLCANIC HAZARD ASSESMENT: BACKGROUND, PROBLEM STATEMENT, CONCEPTUAL FOUNDATIONS

Г.В. Устюгов
G.V. Ustyugov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
gen.ustyugov@mail.ru

Грязевой вулканизм – распространенное геологическое явление, при котором по разломным зонам земной коры происходит вынос на поверхность подземных вод, газов и осадочных пород. К настоящему времени на Земле известно свыше 2500 наземных и морских грязевых вулканов [Алиев и др., 2015]. Грязевой вулканизм является опасным природным явлением, которое представляет серьезную угрозу для окружающей среды и возрастающей хозяйственной деятельности человека в районах распространения грязевых вулканов: строительства и эксплуатации инженерной инфраструктуры, судоходства, разработки месторождений полезных ископаемых, сельского хозяйства. Катастрофическое извержение грязевого вулкана LUSI (о. Ява, Индонезия) в 2006 г. – наиболее яркий пример: многомиллиардный ущерб экономики, уничтожение населенных пунктов, необратимый урон экосистемы острова [Богоявленский и др., 2017]. В связи с этим необходимо осуществлять комплексные работы по обнаружению, мониторингу и изучению грязевых вулканов в районах планируемой хозяйственной деятельности.

На сегодняшний день отсутствует полноценная методика оценки опасности грязевых вулканов, подходы к которой рассматриваются в немногочисленных работах исследователей лишь частично. В отличие от магматического вулканизма и сейсмологии, располагающих нужными классификациями, каталогами из десятков тысяч событий в открытом доступе и количественными шкалами (например, VEI), грязевой вулканизм лишен всех этих инструментов. Не существует единой общепринятой морфологической классификации грязевых вулканов и классификации по типу извержений, отсутствует шкала интенсивности грязевулканических извержений, нет единого открытого каталога зафиксированных извержений, практически не изучено воздействие факторов грязевулканической опасности на окружающую среду и хозяйственную деятельность человека. Дополнительную сложность создают внешние факторы – землетрясения и космические силы, которые могут модулировать деятельность грязевых вулканов [Устюгов, Ершов, 2023; Manga et al., 2009]. Отсутствие перечисленных инструментов препятствует корректной оценке грязевулканической опасности, которая должна начинаться именно с комплексного изучения данных вопросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Рахманов Р.Р. Атлас грязевых вулканов мира. Баку: Nafta-Press, 2015. 322 с.

2. Богоявленский В.И., Богоявленский И.В., Каргина Т.Н. Грязевулканическая катастрофа в Индонезии // Бурение и нефть. 2017. № 11. С. 18-27.

3. Устюгов Г.В., Ершов В.В. Влияние космических факторов на грязевулканическую деятельность Земли // Геосистемы переходных зон. 2023. Т. 7, № 1. С. 5-24.

4. Manga M., Brumm M., Rudolph M.L. Earthquake triggering of mud volcanoes // Marine and Petroleum Geology. 2009. Vol. 26. P. 1785-1798.

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

ASSESSMENT OF SLOPE STABILITY AND FORECAST OF THE DEVELOPMENT OF HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES AT NIKOLSKAYA HILL, PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY

S.J Vivek, L. Meishuan, B.V Timur, V.Yu. Pavlova

Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
sjvivek666@gmail.com

Nikolskaya Hill, located within Petropavlovsk-Kamchatsky and overlooking Avacha Bay, is a prominent natural monument and popular recreational destination. The hill experiences a range of geological and geomorphological processes that contribute to slope instability. The exposed geology comprises Quaternary colluvial deposits, Cretaceous volcanogenic-siliceous sediments, and marine Quaternary deposits, representing components of the accretionary-folded basement of the East Kamchatka volcanic belt and the tectonically complex island-arc and marginal-basin system. Owing to frequent use by tourists and local residents, debris and rock falls along the slopes present a potential hazard, making assessment of active slope processes important for reducing risks to visitors and infrastructure. Field observations indicate increased development of new landslides, debris slides, and scree deposits, particularly following the winter season, when enhanced snowmelt and water infiltration contribute to downslope movement and slope saturation. The unconsolidated material forming the upper parts of the slope shows evidence of separation, subsidence, and displacement of individual layers. Along the coastal section, several active downslope processes were identified, including mobile scree formation, combined landslide-scree activity, debris slides, and rock falls, resulting in progressive development of debris accumulations and rock-fall deposits along the coastal pathway commonly used to access Nikolskaya Park. Exposures produced by downslope movement reveal folded structures and displaced upper-slope materials, including portions of the surficial soil cover, while discontinuous patches of vegetation on actively disturbed sections possibly reflect repeated removal and burial of surface material. Rock samples from landslide-affected zones commonly exhibit discontinuities and fractured surfaces, which may facilitate block detachment and subsequent rock-fall activity. Areas characterized by intense folding and faulting appear to be particularly susceptible to debris-slide development, and the widespread occurrence of quartz veins and associated structural discontinuities may further weaken portions of the rock mass and promote downslope movement. The combined influence of structural deformation, weathering, unconsolidated surficial deposits, and seasonal water infiltration therefore contributes to the ongoing instability of the coastal slopes of Nikolskaya Hill. Our studies demonstrate a high potential for downslope hazardous processes, which may pose a threat to both local communities and tourists. Field observations indicate that rockfalls and debris slides are the most frequent processes in specific vulnerable locations, highlighting the need for targeted mitigation measures. The most suitable measures include installation of rockfall protection nets in highly affected areas, combined with removal or stabilization of unstable rock blocks.

Effective management of surface drainage along downslope areas, together with appropriate vegetation management, can help reduce erosion and minimize the potential for debris slides. In addition, installation of warning and information boards at tourist-accessible locations is recommended to increase public awareness of potential geological hazards. Implementation of these measures can reduce the risk to people and infrastructure while limiting the development of new hazardous zones in the region.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ПЛАВАНИЯ В АРКТИЧЕСКИХ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ

LONG-TERM FORECAST OF OPTIMAL NAVIGATIONAL ROUTES IN THE ARCTIC AND FAR EASTERN SEAS

Т.А. Алексеева[1,2], Е.И. Макаров[1], Е.А. Павлова[1], В.Д. Котельников[1]

T.A. Alekseeva[1,2], E.I. Makarov[1], E.A. Pavlova[1], V.D. Kotelnikov[1]

[1]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия

[1]Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

[2]Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия

[2]Space Research Institute of RAS, Moscow, Russia

taa@aari.ru

Обеспечение безопасной и эффективной ледовой навигации невозможно без качественного специализированного гидрометеорологического обеспечения (СГМО). Расширение сроков навигации и попытки перехода к круглогодичной навигации по Северному морскому пути, освоение новых маршрутов плавания таких как, например, к порту Эльга в Охотском море, требуют разработки новых методик прогнозирования для такого времени года и таких ледовых условий плавания, в которых ранее никогда плавание не осуществлялось. Для развития метода долгосрочного прогнозирования оптимальных вариантов плавания проводится анализ условий ледового плавания (УЛП) и элементов динамики ледяного покрова в арктических и дальневосточных морях [Макаров, 2024]. Метод основан на подборе годов-гомологов, в которых наблюдались аналогичные текущему периоду динамические процессы в ледяном покрове. Прогноз составляется исходя из понимания долгопериодных процессов, которые отражаются на состоянии морского льда и определяются по данным дистанционного зондирования Земли. В докладе будут представлены разработки ААНИИ для развития долгосрочного прогноза оптимальных вариантов плавания, в рамках которых:

- ведется непрерывный мониторинг спутниковых снимков и маршрутов движения судов по данным АИС для определения условий ледового плавания;
- разрабатывается база архивных данных условий ледового плавания;
- отрабатываются новые методы исследования в научно-экспериментальных экспедициях «ЛЕД-СМП» с борта атомных ледоколов [Алексеева и др., 2023, 2024] и на экспериментальном полигоне полевой базы «Ладога».

Финансирование: НИТР 5.1 Росгидромета на 2025–2029 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров Е.И., Алексеева Т.А., Саперштейн Е.Б. Диагностирование динамики ледового покрова Арктики для идентификации и прогноза опасных ледовых явлений для судоходства // Труды Крыловского государственного научного центра. 2024. Специальный выпуск 1. С. 160-167.

2. Алексеева Т.А., Макаров Е.И., Бородкин В.А., Сероветников С.С., Саперштейн Е.Б., Соколова Ю.В., Котельников В.Д. Развитие методики проведения специальных судовых ледовых наблюдений // Проблемы Арктики и Антарктики. 2023. Т. 69, № 4. С. 394-406.

3. Алексеева Т.А., Сероветников С.С., Макаров Е.И., Бородкин В.А., Ермаков Д.М., Тихонов В.В., Кузьмин А.В., Афанасьева Е.В., Котельников В.Д., Юскаев Д.Ю., Козловский Е.В. Влияние интенсивного судоходства на изменение строения и динамики ледяного покрова в юго-западной части Карского моря // Проблемы Арктики и Антарктики. 2024. Т. 70, № 3. С. 323-337.

Динамика моря и вопросы изменения климата

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ МОРСКОГО ЛЬДА ПО ДАННЫМ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ (MEMS IMU)

ANALYSIS OF SEA ICE OSCILLATIONS USING MEMS INERTIAL MEASUREMENT UNITS (IMUS)

А.С. Борисов
A.S. Borisov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics of FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
a.borisov@imgg.ru

Взаимодействие морского волнения с ледяным покровом сопровождается изгибными деформациями льда, изменением характеристик распространяющихся волн и перераспределением их энергии. Исследование колебаний ледяного покрова представляет интерес для изучения динамики системы море-лед и оценки характеристик волновых процессов в покрытых льдом акваториях [Squire V.A., 2007]. Одним из перспективных средств натурной регистрации таких движений являются компактные инерциальные измерительные модули (MEMS IMU), позволяющие выполнять автономные измерения линейных ускорений и изменений ориентации ледяного покрова [Rabault J. et al., 2016; Kohout A.L. et al., 2017; Rabault J. et al., 2023].

В работе рассматриваются результаты синхронных натурных измерений колебаний припая двумя пространственно разнесенными инерциальными измерительными модулями. Измерения выполнялись на льду в заливе Мордвинова, в феврале 2026 года. Точки наблюдений располагались вдоль профиля, ориентированного от берега в сторону моря, на расстоянии около 1,0 и 1,5 км от берега. Регистрация выполнялась с частотой 25 Гц. Анализируются три компоненты линейного ускорения и углы ориентации.

Выделены характерные диапазоны периодов колебаний ледяного покрова, одновременно проявляющиеся на двух регистраторах. Произведена оценка их устойчивости для различных компонент ускорения и углов ориентации. Анализ когерентности и фазового сдвига позволяет определить частотные диапазоны пространственно связанных колебаний и оценить временную задержку между точками наблюдений. Вычисленные фазовые характеристики могут быть использованы для оценки видимой скорости распространения возмущений в ледяном покрове.

Полученные результаты позволяют оценить возможности применения компактных MEMS IMU для исследования динамики припая и сформировать методическую основу для совместного анализа инерциальных измерений с данными подледных датчиков давления и акустических доплеровских профилографов течений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Squire V.A. Of ocean waves and sea-ice revisited // Cold Regions Science and Technology. 2007. Vol. 49, N 2. P. 110-133.

2. Rabault J. et al. A dataset of direct observations of sea ice drift and waves in ice // Scientific Data. 2023.

3. Rabault J. et al. Measurements of Waves in Landfast Ice Using Inertial Motion Units // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2016. Vol. 54, N 11. P. 1-12.

4. Kohout A.L., Penrose B., Penrose S., Williams M.J.M. A device for measuring wave-induced motion of ice floes in the Antarctic marginal ice zone // Annals of Glaciology. 2015.

Динамика моря и вопросы изменения климата

К ВОПРОСУ О ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ ОЦЕНОК ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ В ЗОНЕ ИНТЕНСИВНОГО ВОДООБМЕНА (НА ПРИМЕРЕ ПРОЛИВА ЛАПЕРУЗА И ПРОДУКТА OSTIA ВЕРСИИ 2.0)

ON THE ACCURACY OF SATELLITE ESTIMATES OF SEA SURFACE TEMPERATURE IN AN AREA OF INTENSE WATER EXCHANGE (A CASE STUDY OF THE LA PÉROUSE STRAIT USING OSTIA V2.0)

Д.А. Ващенко
D.A. Vashchenko

Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
da.vashchenko26@yandex.ru

Термический режим пролива Лаперуза формируется в условиях интенсивного водообмена между Охотским и Японским морями. В его пределах холодные субарктические воды охотоморского происхождения взаимодействуют с тёплыми и высокосолёными субтропическими водами, поступающими из Японского моря с тёплым течением Соя [Пищальник и др., 2025]. Взаимодействие водных масс, контрастных по термохалинным характеристикам, обусловливает выраженную пространственную и сезонную неоднородность поля температуры поверхности моря. С учётом особенностей водообмена в проливе Лаперуза использование данных OSTIA для анализа его термического режима требует региональной оценки согласованности с контактными измерениями, поскольку сглаживание температурного поля может ограничивать детальность воспроизведения локальных термических градиентов и особенностей распределения температуры поверхности моря.

Расчёт температуры поверхности моря выполнен по данным продукта OSTIA (версия 2.0) с пространственным разрешением 0,05° × 0,05°. Продукт представляет собой пространственно непрерывные поля ТПМ, сформированные путём объединения спутниковых и контактных наблюдений. Оценка согласованности данных OSTIA выполнена посредством их сопоставления с контактными измерениями температуры воды на горизонте 0 м, представленными в базе J-DOSS.

Результаты сопоставления данных OSTIA с контактными измерениями свидетельствуют об умеренной согласованности оценок ТПМ при наличии положительного систематического смещения (Bias = 0,36 °C). Средняя абсолютная и среднеквадратическая ошибки составили 1,61 и 2,22 °C соответственно, а стандартное отклонение ошибок — 2,19 °C. Существенное превышение RMSE над модулем Bias указывает на преобладающий вклад разброса индивидуальных отклонений в общую ошибку по сравнению с систематическим смещением. Повышенный разброс отклонений может быть связан с пространственной неоднородностью термического поля пролива, а также с различиями между точечными контактными измерениями и осреднёнными значениями регулярной сетки OSTIA.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Сахалинского государственного университета № FEFF-2024-0004 «Создание научных основ управления процессами поглощения и накопления углерода биоморфолитосистемами прибрежно-морских водно-болотных угодий и прилегающих морских акваторий».

ЛИТЕРАТУРА

1. Пищальник В.М., Бобков А.О., Шумилов И.В., Романюк В.А. АТЛАС-2025: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2025694758, Российская Федерация; правообладатели: В.М. Пищальник, А.О. Бобков, И.В. Шумилов, В.А. Романюк. № 2025693472; зарегистр. 01.12.2025; опубл. 08.12.2025.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ДИСПЕРСИОННЫХ ЭФФЕКТОВ ПО ВОЛНОВЫМ ФОРМАМ ЦУНАМИ

ASSESSMENT OF THE SIGNIFICANCE OF DISPERSION EFFECTS BASED ON TSUNAMI WAVEFORMS

А.И. Зарубина[1], М.А. Носов[1,2], С.В. Колесов[1]
A.I. Zarubina[1], M.A. Nosov[1,2], S.V. Kolesov[1]

[1]Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
[1]Faculty of Physics, Moscow State University, Moscow, Russia

[2]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Institute of Marine Geology and Geophysics of FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
zarubinaai@my.msu.ru

Большинство численных моделей цунами построено на основе бездисперсионной теории длинных волн. В реальности волны цунами подвержены фазовой дисперсии. Дисперсионные эффекты имеют свойство накапливаться по мере распространения волны, и проявляются начиная с расстояния D, именуемое расстояние дисперсионного разрушения. Все оценки величины D, сделанные различными авторами [1], в длинноволновом пределе дают единую формулу $D = C\lambda^3/H^2$, где λ – длина волны, H – глубина океана, C – числовой коэффициент, величина которого варьируется в зависимости от субъективных представлений исследователей о степени значимости дисперсионных эффектов.В работах [2, 3] нами был предложен метод определения области пространства, в которой длинноволновая модель способна воспроизводить диспергирующие волны цунами с заданной точностью. При разработке метода мы основывались на связи между точностью воспроизведения волнового профиля и степенью запаздывания диспергирующего волнового пакета относительно фронта [1]. Степень запаздывания характеризуется безразмерным параметром α, и рассчитывалась вдоль волновых лучей, испускаемых из центра источника. Использование данного метода оказалось затруднено необходимостью подготовки батиметрии для расчета лучей волн цунами. В связи с этим актуальной задачей является развитие альтернативного метода, который не использует лучевую теорию.

Для слабо диспергирующих волн цунами, возбуждаемых в результате косейсмических смещений дна, предложен метод оценки значимости дисперсионных эффектов. Метод опирается на волновые формы, рассчитанные численно с использованием линейной бездисперсионной теории длинных волн для набора виртуальных мареографов. По волновым формам определяются время распространения волны и спектральный состав лидирующих волн, по которому оценивается преобладающий период. Получена формула, позволяющая по времени распространения, преобладающему периоду и средней глубине рассматриваемой акватории рассчитать степень дисперсионной запаздывания α.Работоспособность метода продемонстрирована на примере нескольких событий, произошедших в 21-м веке в тихоокеанском регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носов М.А., Зарубина А.И. Критерий применимости теории длинных волн для описания диспергирующих волн цунами // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2023. Т. 59, № 4. С. 485-496.

2. Носов М.А., Зарубина А.И., Колесов С.В. Оценка области применимости приближения мелкой воды для воспроизведения диспергирующих волн цунами // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2025. Т. 61, № 4. С. 30-44.

3. Строгов Т.А., Зарубина А.И., Носов М.А. Азимутальное распределение доминирующих периодов волн цунами, формируемых косейсмическими смещениями дна // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2025. Т. 525, № 1. С. 152-159.

Динамика моря и вопросы изменения климата

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПЛОЩАДИ СЕВЕРНОЙ ПОЛЫНЬИ В ОХОТСКОМ МОРЕ

METHODOLOGICAL APPROACHES TO ESTIMATING THE AREA OF THE NORTHERN POLYNYA IN THE SEA OF OKHOTSK

Д.В. Зарубина[1], И.В. Шумилов[2]
D.V. Zarubina[1], I.V. Shumilov[2]

[1]Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
[2]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Institute of Marine Geology and Geophysics of FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
dariadorofeyeva26@gmail.com

Данное исследование является продолжением цикла работ об изучении полыней в Охотском море [Шумилов и др., 2025]. В настоящей работе проведён сравнительный анализ рядов данных о площади полыньи в северной части Охотского моря за период с 2016 по 2026 гг. Для анализа ледяного покрова использовались ежедневные спутниковые данные объединенного продукта толщины тонкого морского льда SMOS–SMAP, предоставляемые Университетом Бремена в формате netCDF [Patilea et al., 2019]. Оценка площади устойчивой полыньи выполнена с учетом комбинации трех критериев: минимального числа суток присутствия полыньи за месяц (5, 10 и 15 сут.), порогового значения толщины льда (0–10 см, 0–15 см, 0–20 см) [Номенклатура, 2019] и условия замкнутости зоны полыньи.

Независимо от выбранной методики, временной ход площади полыньи характеризуется выраженной сезонной цикличностью с максимумом в конце зимы–весной (февраль–апрель). Максимальная расчётная площадь полыньи получена в марте 2021 г. – 208,3 тыс. км^2 при условии 20 см / 5 сут. Выбор критериев идентификации полыньи является определяющим для итоговых количественных оценок. Повышение верхнего порога учитываемой толщины в целом сопровождается расширением выделяемой области тонкого льда. Условия с порогом толщины 10 см преимущественно выделяют области наиболее тонкого льда, которые могут рассматриваться как активное термодинамическое ядро полыньи, а комбинация критериев 20 см / 15 сут. позволяет выделять наиболее устойчивые в течение месяца участки полыньи. Таким образом, результаты демонстрируют высокую чувствительность площадных оценок от выбранных критериев, что необходимо учитывать при выборе алгоритма обработки спутниковых данных в зависимости от целевых задач исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шумилов И.В., Зарубина Д.В., Пищальник В.М., Латковская Е.М., Романюк В.А., Никулина И.В. Исследование динамики прибрежной полыньи на юго-восточном шельфе о. Сахалин по данным дистанционного зондирования // Природные процессы и катастрофы: изучение и адаптация: тез. докл. VII Молодежной научной конференции–школы. Южно-Сахалинск: Ин-т морской геологии и геофизики ДВО РАН, 2025. С. 78–79.

2. Номенклатура ВМО по морскому льду. Терминология. Т. I. WMO/OMM/BMO No. 259 – http://wdc.aari.ru/wmo/docs/for_MMO/WMO-No.259_Vol-I_terminology_2019.docx (дата обращения: 13.03.2026).

3. Patilea C., Heygster G., Huntemann M., Spreen G. Combined SMAP/SMOS Thin Sea Ice Thickness Retrieval // The Cryosphere. 2019. Vol. 13. P. 675–691.

Динамика моря и вопросы изменения климата

УСЛОВИЯ УСИЛЕНИЯ ИНФРАГРАВИТАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ В РАЙОНЕ ПРОЛИВА КРАСНОАРМЕЙСКИЙ (ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ САХАЛИН)

CONDITIONS FOR THE INTENSIFICATION OF INFRAGRAVITY OSCILLATIONS IN THE AREA OF THE KRASNOARMEYSKY STRAIT (SOUTHEASTERN SAKHALIN)

К.В. Кириллов
K.V. Kirillov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics of FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
k.kirillov@imgg.ru

Инфрагравитационные волны играют важную роль в прибрежной гидродинамике, участвуя в переносе энергии волнения в низкочастотную часть спектра, модуляции течений и транспорте наносов. Несмотря на то, что их амплитуды уступают ветровому волнению, они могут существенно влиять на переформирование береговой зоны и формирование квазиритмических аккумулятивных форм. Для юго-восточного побережья о. Сахалин, подверженного интенсивному штормовому воздействию, понимание закономерностей проявления инфрагравитационных колебаний необходимо для прогноза состояния береговых сооружений и динамики лагунных систем, в частности пролива Красноармейский, соединяющего оз. Тунайча с Охотским морем. Предыдущие исследования в этом районе были ограничены отдельными штормовыми эпизодами, что делало актуальным анализ длительных синхронных рядов наблюдений.

Цель работы определить условия усиления инфрагравитационных колебаний и выявить наиболее устойчивые диапазоны периодов их проявления в районе пролива Красноармейский на основе нового длительного массива инструментальных данных. Использованы синхронные секундные ряды придонного давления, полученные тремя автономными датчиками в период с 23 октября 2021 г. по 10 января 2022 г. (около 78.5 суток).

В ходе анализа установлено, что повышенные значения энергии инфрагравитационных колебаний преимущественно наблюдаются при развитом волнении с пиковыми периодами 8–12 с и значимой высотой волн в диапазоне 2–20 с более 2.5–3.0 м. На всех трех станциях выявлена устойчивая повторяемость локальных спектральных максимумов в диапазоне периодов 40–80 с. Этот интервал шире, чем выделенный ранее для оз. Изменчивое диапазон 68–82 с, и включает его короткопериодную часть. Более длиннопериодные максимумы в полосе 137–186 с встречались эпизодически и не формировали регулярного отклика. Показано, что усиление колебаний в диапазоне 40–80 с происходило не в одном экстремальном шторме, а повторялось в нескольких независимых событиях в ноябре–январе, что подтверждает региональную устойчивость этого процесса. Обнаружены различия в амплитудах инфрагравитационных колебаний между станциями, что, предположительно, связано с локальной трансформацией волн на склоне и различиями в глубинах установки приборов.

Полученные результаты характеризуют условия возникновения сильного инфрагравитационного отклика и определяют характерные периоды (40–80 с), которые следует учитывать при моделировании гидродинамических процессов и оценке переформирования береговой зоны в районе пролива Красноармейский. В отличие от предыдущих работ, показано, что диапазон 137–186 с не является устойчивой модой для данного региона. Полученные данные создают основу для дальнейших взаимно-спектральных исследований, направленных на классификацию выявленных колебаний (краевые или излученные волны) и их связь с литодинамическими процессами.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ГИДРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕК КАМЧАТКИ И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

HYDROLOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF RIVERS IN KAMCHATKA AND THE KURIL ISLANDS

Л.В. Кобыльченко (Куксина)
L.V. Kobylchenko (Kuksina)

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia
ludmilakuksina@gmail.com

Полуостров Камчатка и Курильские острова являются уникальными природными регионами в связи с наличием здесь районов проявлений активного вулканизма, что обуславливает специфические черты формирования и изменчивости гидролого-геохимического режима протекающих здесь рек.

На 4 реках Курильских островов можно выделить три типа водного режима: реки с растянутым половодьем с паводками в теплую часть года; с весенним половодьем и небольших паводков в теплую часть года; с преобладанием дождевого питания и паводочным режимом стока в течение всего года без ярко выраженного половодья. По гидрохимическому составу поверхностные воды изученных водотоков относятся к гидрокарбонатному классу натриевой группы (р. Китовая), а некоторые характеризуются повышенным содержанием сульфатов и хлоридов (р. Серная).

Реки Камчатки можно разделить на 3 зональных и 5 азональных типов [Куксина, Алексеевский, 2016; Ресурсы…, 1973]. Наиболее уникален водный режим рек с равномерным внутригодовым распределением стока воды. Другой азональный тип характерен для рек районов активного вулканизма, характеризующегося чередованием периодов наличия и отсутствия поверхностного стока в руслах рек, а также крайне высоким стоком взвешенных наносов.

По гидрохимическому состав поверхностных природных вод большинство рек полуострова относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу, за исключением водотоков районов активного вулканизма. Однако последние работы указывают на большое разнообразие в составе микроэлементов [Калачева и др., 2024; Литвиненко, Захарихина, 2020], особенно в притоках р. Камчатки в среднем и нижнем течении.

Исследование выполнено в рамках проекта Минобрнауки РФ «потоки потенциально токсичных элементов и соединений в речных бассейнах: технологии изучения, количественная оценка и прогноз» (соглашение №075-15-2025-008 от 27.02.2025)

ЛИТЕРАТУРА

1. Калачева Е.Г., Волошина Е.В., Долгая А.А. и др. Формирование химического состава р. Камчатка под влиянием вулканических процессов // Материалы XXVII конференции, посвященной Дню вулканолога 27 – 29 марта 2024 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. 2024. С. 284-287.

2. Куксина Л.В., Алексеевский Н.И. Особенности пространственно-временной изменчивости водного стока рек Камчатского края // Водные ресурсы. 2016. Т. 43, № 3. С. 254-264.

3. Литвиненко Ю.С., Захарихина Л.С. Гидрогеохимическое районирование речной сети Камчатки // Водные ресурсы. 2020. Т. 47, №2. С. 182-195.

4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 20. Камчатка. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1973. 366 с.

Динамика моря и вопросы изменения климата

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ РЕЖИМА РЕК ВУЛКАНИЧЕСКИХ РАЙОНОВ

SPECIFIC FEATURES OF THE REGIME OF RIVERS IN VOLCANIC AREAS

Л.В. Кобыльченко (Куксина)[1], Т.М. Маневич[2]
L.V. Kobylchenko (Kuksina)[1], T.M. Manevich[2]

[1]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
[1]Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

[2]Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[2]Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
rumbita@mail.ru
ludmilakuksina@gmail.com

Районы проявлений активного вулканизма характеризуются специфическими чертами почвенно-растительного покрова, состава атмосферного воздуха и природных вод, особенностей гидрологического режима водотоков. Наиболее сильное воздействие, как правило, испытывают реки, протекающие в непосредственной близости от действующих вулканов и дренирующие их склоны и подножия.

Анализ воздействия наиболее мощных в XX в. извержений на сток рек [IlesC.E., HegerlG.C., 2015] показал, что они могут приводить как к снижению, так и к возрастанию речного стока в разных регионах мира. В России зоны проявления активного вулканизма приурочены к Восточному вулканическому поясу Камчатки и Курильским островам.

Наиболее ярко влияние вулканизма на составляющие речного стока проявляется в воздействии на характеристики стока наносов. Сопоставление модулей стока взвешенных наносов (СВН) рек вулканических областей с реками, не испытывающими влияния вулканизма, показало, что для первых СВН может быть выше на 1-2 порядка [GranK.B. etal., 2005]. Это связано с периодическим поступлением рыхлого материала на поверхность речных водосборов. В результате извержений может наблюдаться экстремальное увеличение СВН, когда фоновые значения могут быть превышены в 500 раз, и даже спустя 20 лет после события сохраняется стократное превышение [MajorJ.J. etal., 2000].

Реки, испытывающие влияние вулканической деятельности, также характеризуются повышенным гидрохимическим фоном. Так, вулкан Шивелуч практически постоянно находится в состоянии извержения, что отражается на составе воды рек, стекающих с его склонов. При этом водные потоки, формирующиеся на вулканах в межэруптивном периоде(вулканы Авачинский, Горелый) являются нейтральными ультрапресными.

Влияние вулканизма на температурный режим рек, как правило, носит локальный характер, когда в период извержения могут наблюдаться повышенные температуры воды на отдельных участках. Влияние гидротермальных систем на тепловой режим водотоков проявляется в случае, если расходы воды оказываются сопоставимы по величине.

Исследование выполнено по планам НИР (ГЗ) научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (№ 121051200166-4), НИР № FWME-2024-0009) и НИР Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН № FWME-2024-0009.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gran K.B., Montgomery D.R. Spatial and temporal patterns in fluvial recovery following volcanic eruptions: channel response to basin-wide sediment loading at Mount Pinatubo, Philippines // GSA Bulletin. 2005. Vol. 117, N 1/2. P. 195-211.

2. Iles C.E., Hegerl G.C. Systematic change in global patterns of streamflow following volcanic eruptions // Nature Geoscience. 2015. Vol. 8, N 11. P. 838-842.

3. Major J.J., Pierson T.C., Dinehart R.L., Costa J.E. Sediment yield following severe volcanic disturbance - a two-decade perspective from Mount St. Helens // Geology. 2000. Vol. 28, N 9. P. 819-822.

Динамика моря и вопросы изменения климата

СУБМЕЗОМАСШТАБНАЯ ВИХРЕВАЯ ДИНАМИКА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПЛЮМА РЕКИ АМУР

SUBMESOSCALE EDDY DYNAMICS IN THE AMUR RIVER PLUME INFLUENCE ZONE

Е.А. Коршенко[1,2], И.И. Панасенкова[1,2,3], В.В. Фомин[1,3]
E.A. Korshenko[1,2], I.I. Panasenkova[1,2,3], V.V. Fomin[1,3]

[1]Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, Росгидромет, г. Москва, Россия
[1]Zubov State Oceanographic Institute, Roshydromet, Moscow, Russia

[2]Субтропический научный центр Российской академии наук, г. Сочи, Россия
[2]Subtropical Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia

[3]Гидрометеорологический научно-исследовательский центр РФ, г. Москва, Россия
[3]Hydrometeorological Research Centre of the Russian Federation, Moscow, Russia
zhenyakorshenko@gmail.com

Взаимодействие речных вод с морскими создает благоприятные условия для генерации субмезомасштабных вихрей, играющих ключевую роль в обмене вещества и энергии в прибрежных зонах [McWilliams, 2016]. Река Амур формирует обширный плюм, существенно влияя на термохалинную структуру и циркуляцию в Татарском проливе, Сахалинском заливе и у восточного побережья о. Сахалин [Осадчиев, 2017; Stepanovetal., 2026]. При этом механизмы генерации вихрей в этом регионе остаются недостаточно изученными.

В работе на основе численного моделирования с высоким разрешением (модели WRF и INMOM, ~0.5–1 км в области интереса) исследуется вихревая динамика в безледный период для трех лет с различным стоком Амура: 2008 (маловодный), 2016 (средний) и 2013 (многоводный). Установлено, что наиболее интенсивная вихревая активность наблюдается в Сахалинском заливе. Средняя доля площади, занятой вихрями, здесь в 2–3 раза выше, чем в Татарском проливе и у северо-восточного побережья о. Сахалин, что обусловлено прямым влиянием плюма. В Сахалинском заливе и вдоль побережья о. Сахалин преобладают антициклонические структуры, тогда как в Татарском проливе доминируют циклоны, что указывает на различные механизмы их генерации.

Выявлена значительная сезонная изменчивость с максимумом активности в осенний период, что связано со сменой ветрового режима и интенсификацией Восточно-Сахалинского течения. Вихревая активность в многоводный, 2013 г., максимальна. Это связано как со стоком Амура, который в 3.3 раза выше стока 2008 г., так и с преобладанием северных ветров и усилением сдвиговых неустойчивостей течений.

В рамках исследования были выполнены количественные оценки вклада различных факторов в вихреобразование, что может быть использовано для прогноза вихревой динамики в приустьевых районах Охотского моря.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ № 25-27-00379.

ЛИТЕРАТУРА

1. McWilliams J.C. Submesoscale currents in the ocean // Proceedings of the Royal Society A. 2016. Vol. 472. P. 20160117.

2. Осадчиев А.А. Распространение плюма реки Амур в Амурском лимане, Сахалинском заливе и Татарском проливе // Океанология. 2017. Т. 57, № 3. С. 417-424.

3. Stepanov D.V., Korshenko E.A., Panasenkova I.I., Fomin V.V., Diansky N.A. Influence of the Amur River Discharge on Mesoscale Dynamics on the Eastern Shelf of Sakhalin // Russian Meteorology and Hydrology. 2026. Vol. 51, N 4. P. 279-286.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЦУНАМИ ОТ СХОДА ГИПОТЕТИЧЕСКОГО ПОДВОДНОГО ОПОЛЗНЯ В РАЙОНЕ О. САХАЛИН

NUMERICAL SIMULATION OF TSUNAMI PROPAGATION FROM HYPOTHETICAL SUBMARINE LANDSLIDE IN THE AREA OF SAKHALIN ISLAND

И.С. Костенко[1], А.И. Зайцев[1], Д.Ф. Матвецов[1]
I.S. Kostenko[1], A.I. Zaytsev[1], D.F. Matvetsov[1]

[1]Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Special research bureau for automation of marine researches Far East branch RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
neomatrix.18@gmail.com

По результатам гидрографических исследований в Охотском море обнаружены сошедшие и расположенные на склонах подводные оползни [Баранов и др., 2022; Баранов и др., 2018; Иванова и др., 2018; Обжиров и др., 2018]. В случае их достаточно быстрого схода они могут являться потенциальным источником цунами. Основная часть прибрежных населенных пунктов на охотоморском побережье о. Сахалин расположена в заливах Анива, Мордвинова и Терпения. В заливе Анива также находится завод СПГ и терминал его выгрузки. Возникает необходимость исследований, направленных на изучение возможности генерации цунами и степени проявления волн на побережье. Для численного моделирования возникновения и распространения волн от подводного оползня использовался вычислительный комплекс NAMI DANCE_L. Он основывается на решении уравнений двухслойного потока: движение оползня под водой представлено в виде потока тяжелой вязкой жидкости (происходит растекание оползня и сглаживание его поверхности при сохранении однородной внутренней структуры). Используемый для численных расчетов оползень расположен к юго-востоку от Тонино-Анивского полуострова (о. Сахалин) на глубинах 1200-2000 м. По результатам исследований [2] на склоне Северо-Хоккайдского краевого плато обнаружен крупный оползневой комплекс площадью более 200 км^2. В его пределах расположены стенки отрыва оползней, оползневые блоки и отложения перемещенных масс. Оползень в рассматриваемом районе имеет сложное строение и различный возраст сошедших оползней. Поэтому достоверно обозначить границы и объем единовременно сошедшего осадочного материала довольно затруднительно. Однако, с учетом наличия длинной стенки отрыва (более 10 км (закартирована не полностью)) с высотами в пределах 350-700 м и крупных оползневых блоков глубже стенки отрыва можно предположить, что сходившие в данном районе оползни имели достаточно большие размеры. Была проведена серия численных расчетов нескольких сценариев возникновения цунами от схода гипотетических подводных оползней с различными параметрами. Показаны состояния подводных оползней в разные периоды их моделирования. А также распространение цунами по акватории моря, районы наиболее интенсивного проявления волн и колебания уровня моря у побережья. Проведена оценка цунами-риска и цунами-опасности от схода подводного оползня с различными параметрами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-27-00367.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ РЕЖИМОВ НАКАТА СОЛИТОНОВ ВНУТРЕННИХ ВОЛН В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ МОРЯ

PROBLEMS OF CLASSIFYING INTERNAL SOLITARY WAVE RUN-UP REGIMES IN THE MARINE SHELF ZONE

А.А. Куркин, О.Е. Куркина, Е.А. Рувинская
A.A. Kurkin, O.E. Kurkina, E.A. Rouvinskaya

Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия
Nizhny Novgorod State Technical University na. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia
aakurkin@gmail.com

Отсутствие универсальной классификации, позволяющей однозначно прогнозировать режимы наката и обрушения внутренних волн в шельфовой зоне, по-прежнему остается фундаментальной проблемой гидрофизики океана. В настоящей работе предпринята попытка исследовать границы применимости традиционных критериев (числа Ирибаррена, крутизны склона и крутизны волны – см., например, [Aghsaee et al., 2010]) на основе численного моделирования различных сценариев разрушения солитонов как в рамках модели идеальной жидкости, так и с учетом вязких эффектов.

В серии численных экспериментов исследовался накат солитона отрицательной полярности в квазидвухслойной жидкости на гладкий уступ дна, профиль которого задавался в виде гиперболического тангенса. Уклон дна выбирался таким образом, чтобы обеспечить воспроизведение всех теоретически возможных режимов разрушения уединенной внутренней волны: наплыва (surging), ныряния (plunging), коллапса (collapsing) или разделения (fission). Результаты численного моделирования позволили обнаружить ряд противоречий в существующей классификационной теории. Во-первых, выявлено отсутствие однозначного согласия между прогнозами, основанными на соотношении крутизны волны и уклона склона и на оценке внутреннего числа Ирибаррена; например, для уступа с наклоном 7° критерии крутизны предсказывают коллапсирующее разрушение, тогда как по числу Ирибаррена определен ныряющий режим. Во-вторых, вопреки существующей теории, согласно которой режимы наплыва и разделения должны определяться однозначно всеми критериями [Aghsaee et al., 2010], в наших численных экспериментах при соответствующих уклонах дна эти сценарии реализовать не удалось. В-третьих, показано, что учет вязкости необходим для воспроизведения коллапсирующего режима, однако внутреннее число Рейнольдса также не является универсальным критерием для точной дифференциации типов конвективного обрушения, что частично подтверждается в исследовании [Hartharn-Evans et al., 2022].

Полученные результаты продемонстрировали необходимость пересмотра существующих критериев и их адаптации к реальным гидрофизическим условиям.

Представленные результаты получены в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема № FSWE-2026-0004 «Динамика сильнонелинейных негидростатических процессов в шельфово-склоновых зонах моря при различных вариантах развития климатических трендов»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Aghsaee P., Boegman L., Lamb K. Breaking of shoaling internal solitary waves // Journal of Fluid Mechanics. 2010. Vol. 659. P. 289-317.

2. Hartharn-Evans S.G., Carr M., Stastna M., Davies P.A. Stratification effects on shoaling internal solitary waves // Journal of Fluid Mechanics. 2022. Vol. 933. P. A19-1-31. Doi: 10.1017/jfm.2021.1049.

Динамика моря и вопросы изменения климата

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ВОЛН С ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА

NUMERICAL MODELING OF INTERNAL WAVES USING NAVIER-STOKES EQUATIONS

А.А. Куркин, О.Е. Куркина, Е.А. Рувинская, А.С. Козелков, Е.С. Тятюшкина
A.A. Kurkin, O.E. Kurkina, E.A. Rouvinskaya, A.S. Kozelkov, E.S. Tyatyushkina

[1]Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия
[1]Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia
askozelkov@mail.ru

В течение последних десятилетий сохраняется высокая актуальность исследований процессов генерации нелинейных внутренних волн баротропными потоками, проходящими над неровности дна в стратифицированном океане, и связанного с ними перераспределения энергии. Хотя численное моделирование таких процессов [Рувинская и др., 2023, 2025] часто служит мощным вспомогательным инструментом, отчасти выступая важным средством восполнения дефицита натурных измерений, оно требует значительных трудозатрат на всех этапах: от настройки начальных условий до проведения вычислений и интерпретации полученных результатов. Особую актуальность приобретает изучение процесса распространения внутренних волн над шельфовой зоной, поскольку их воздействие способно нанести серьезный ущерб морским инфраструктурным объектам.

В докладе представлена математическая модель моделирования эволюции внутренних волн в шельфовой зоне. Основу математической модели составляют трехмерные уравнения Навье-Стокса и метод Volume of Fluid (VOF) [Hirt and Nichols, 1981]. Дискретизация системы уравнений Навье-Стокса осуществляется методом конечных объемов на произвольных неструктурированных сетках, а для её численного решения используется полностью неявный метод [Kozelkov et al., 2018], основанный на известном алгоритме SIMPLE. Применение произвольных неструктурированных сеток для моделирования внутренних волн является весьма привлекательным. Автоматическая генерация расчетной сетки позволяет в короткий срок построить сеточную модель в области сколь угодно сложной конфигурации, учитывая все особенности как переменного рельефа дна, так и неоднородного вертикального распределения плотности морской воды. В качестве демонстрации возможности применения предложенного подхода представлен результат численного моделирования эволюции внутренних волн в Японском море.

Результаты получены при поддержке национального проекта «Наука и университеты» в рамках программы Минобрнауки РФ по созданию молодежных лабораторий (проект № FSWE-2024-0001).

ЛИТЕРАТУРА

1. Рувинская Е.А., Куркина О.Е., Куркин А.А. Пространственное распределение амплитуд внутренних приливных волн на северо-восточном шельфе о. Сахалин // Доклады РАН. Науки о Земле. 2023. Т. 509, № 1. С. 81-86.

2. Рувинская Е.А., Куркина О.Е., Куркин А.А. Характеристики сдвиговых потоков, индуцированных внутренними волнами на сахалинском шельфе (Охотское море) // Морской гидрофизический журнал. 2025. Т. 41, № 1 (241). С. 66-82.

3. Hirt C.W., Nichols B.D. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries // J. Comput. Phys. 1981. Vol. 39. P. 201-225.

4. Kozelkov A. S., Lashkin S. V., Efremov V.R., Volkov K. N., Tsibereva Yu.A., Tarasova N.V. An implicit algorithm of solving Navier–Stokes equations to simulate flows in anisotropic porous media // Computers and Fluids. 2018. Vol. 160. P. 164-174.

Динамика моря и вопросы изменения климата

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ЦУНАМИ С ПОМОЩЬЮ ОСРЕДНЕННЫХ ПО РЕЙНОЛЬДСУ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА

NUMERICAL SIMULATION OF LANDSLIDE TSUNAMI USING REYNOLDS AVERAGED NAVIER-STOKES EQUATIONS

А.А. Куркин, А.Р. Гиниятуллин, А.С. Козелков, Е.С. Тятюшкина
A.A. Kurkin, A.R. Giniyatullin, A.S. Kozelkov, E.S. Tyatyushkina

Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия
Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia
askozelkov@mail.ru

Среди всех природных стихийных бедствий цунами является одним из самых опасных и разрушительных. Оползни являются второй по частоте причиной возникновения цунами (около 7% всего количества). Для уменьшения риска, смягчения последствий, а также прогнозирования цунами необходимы надежные методы численного моделирования этого явления. Существующие подходы к численному моделированию цунами подразумевают использование принципиально разных математических моделей на стадиях генерации в источнике, распространения в океане и наката волн на сушу. Однако, современный уровень развития вычислительных технологий, которые уже применяются в инженерной практике, позволяет перевести моделирование цунами на качественно новый уровень. Наиболее адекватной гидродинамической моделью, позволяющей учесть особенности оползневых цунами на всех стадиях, является система уравнений Навье-Стокса [Козелков, 2016; Kozelkov et al., 2016].

В докладе представлена математическая модель моделирования всех стадий цунами оползневого происхождения (возникновение, распространение и накат) и решение задач верификации численного алгоритма. Основу математической модели составляют трехмерные уравнения Навье-Стокса и метод Volume of Fluid (VOF) [Hirt and Nichols, 1981]. Это позволяет единым образом моделировать движение и взаимное влияние оползневой, водной и воздушной сред. Такой подход также позволяет использовать хорошо развитые методы моделирования турбулентности (RANS и LES моделирование) [Strelets, 2001]. В качестве примера рассматриваются задачи об оползневом цунами в заливе Литуя на Аляске, на реке Волге и вблизи полуострова Камчатка.

Результаты получены при поддержке национального проекта «Наука и университеты» в рамках программы Минобрнауки РФ по созданию молодежных лабораторий № FSWE-2024-0001 (научная тема: «Разработка численных методов, моделей и алгоритмов для описания течений жидкостей и газов в естественных природных условиях, и условиях функционирования индустриальных объектов в штатных и критических условиях на суперкомпьютерах экса- и зеттапроизводительности»).

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.

2. Kozelkov A.S., Kurkin A.A., Pelinovsky E.N., Tyatyushkina E.S., Kurulin V.V., Tarasova N.V., Landslide-type tsunami modelling based on the Navier-Stokes Equations // Science of tsunami Hazards. 2016. Vol. 35. N. 3. P. 106-144.

3. Hirt C.W., Nichols B.D. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries // J. Comput. Phys. 1981. Vol. 39. P. 201-225.

4. Strelets M. Detached Eddy Simulation of Massively Separated Flows // AIAA Paper 2001-0879, 39th Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, NV, 2001.

Динамика моря и вопросы изменения климата

КОМПЛЕКСНЫЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СДВИГОВЫХ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ В АВГУСТЕ И ОКТЯБРЕ 2021 И 2022 ГОДОВ (НА ОСНОВЕ ДАННЫХ *IN SITU* ИЗМЕРЕНИЙ)

COMPREHENSIVE HYDRODYNAMIC ANALYSIS OF SHEAR STRATIFIED CURRENTS ON THE SHELF OF THE SEA OF JAPAN IN AUGUST AND OCTOBER 2021 AND 2022 (BASED ON IN SITU MEASUREMENT DATA)

О.Е. Куркина[1], А.А Куркин[1], И.О. Ярощук[2], А.В. Кошелева[2]
О.Е. Kurkina[1], A.A. Kurkin[1], I.O. Yaroschuk[2], A.V. Kosheleva[2]

[1]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия,
[1]Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R. E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

[2]Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
[2]V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Science, Vladivostok, Russia
oksana.kurkina@mail.ru

Массивы данных, полученные в августе и октябре 2021 и 2022 года в ходе экспедиционных натурных измерений скорости стратифицированного сдвигового течения (временные ряды горизонтальных компонент скорости длиной в несколько суток на трех измерительных горизонтах) и термохалинной стратификации (данные термогирлянды и CTD-зондирований) в рамках комплексного мониторинга шельфовой зоны Японского моря в заливе Петра Великого близ полуострова Гамова, были подвергнуты всестороннему гидродинамическому анализу с основным акцентом на исследовании мезомасштабных, приливных и высокочастотных процессов, экстремальных событий, а также выраженности придонного пограничного слоя. С помощью статистического, гармонического, спектрального и корреляционного анализа были оценены общая кинематика, вертикальная структура и временная изменчивость течения, выявлены цикличность и доминирующие масштабы движений, выделены периодические составляющие, рассчитаны амплитуды и фазы полусуточных и суточных приливов, построены приливные эллипсы, определены направления вращения вектора приливного течения для каждого горизонта, идентифицированы инерционные течения, проведены оценки вертикальной связанности процессов на трех измерительных горизонтах. Исследования сдвиговой неустойчивости с помощью расчетов градиентного числа Ричардсона позволили оценить вероятности событий, благоприятствующих вертикальному перемешиванию и проследить возможную связь этих событий с остальными динамическими процессами. Было проведено сравнение проанализированных данных, собранных летом и осенью, а также между двумя изучаемыми годами. Наблюдалась существенная сезонная трансформация гидродинамического режима течений, проявляющаяся в изменениях интенсивности и инверсии знака поляризации вращательных компонент течений на рассматриваемых горизонтах и обусловленная переходом от бароклинного режима, связанного с сильной стратификацией и интенсивными внутренними волнами в августе, к почти баротропному режиму с выраженным пограничным слоем на фоне осеннего разрушения стратификации в октябре.

Полученные результаты подтверждают сложный, нестационарный и нелинейный характер динамики вод в рассматриваемой акватории, определяемый комплексом процессов различных масштабов и обладающий значительной сезонной и межгодовой изменчивостью. Результаты могут использоваться для калибровки вычислительных гидродинамических региональных моделей Японского моря и оценок критических придонных нагрузок в инженерных расчетах. Также они необходимы для прогноза зон размыва грунта, трассировки путей транспорта донных наносов и оценки экологических рисков распространения загрязнений в разные гидрологические сезоны.

Динамика моря и вопросы изменения климата

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОРСКИХ ВОЛН ТЕПЛА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗА ERA5 В 1995-2024

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF MARINE HEAT WAVES IN THE NORTHWEST PACIFIC OCEAN BASED ON ERA5 REANALYSIS DATA FOR 1995–2024

Д.М. Ложкин[1], Г.В. Шевченко[1,2]
D.M. Lozhkin[1], G.V. Shevchenko[1,2]

[1]Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Sakhalin branch of “VNIRO” (“SakhNIRO”), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Institute of Marine Geology and Geophysics of FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
dima-lm@rambler.ru

С использованием данных реанализа ERA5 за 1995-2024 гг. по температуре поверхности океана, определены статистические характеристики морских волн тепла (МВТ) в северо-западной части Тихого океана и дальневосточных морях. Показано, что среднее за год количество волн тепла изменяется в весьма узких пределах, преимущественно от 1,5 до 2,5. Это указывает на отсутствие в изучаемой области «энергоактивных зон», в которых МВТ появляются чаще, а также районов, где они отсутствуют. На большей части изучаемой акватории средняя длительность МВТ также колебались в весьма узких пределах, от 10 до 15 дней. Пространственная изменчивость усредненных показателей интенсивности МВТ также была сравнительно невелика. В отдельные годы ситуация может существенно отличаться от усредненных распределений, в частности, на значительной части акватории МВТ могут полностью отсутствовать.

Динамика моря и вопросы изменения климата

МИГРАЦИЯ ЛАГУННЫХ ПРОЛИВОВ (ПРОРВ) ОХОТСКОГО МОРЯ: ПРОБЛЕМЫ И ДЕТАЛИ

MIGRATION OF IAGOON INLETS ON THE OKHOTSK SEA COAST: CHALLENGES AND INSIGHTS

Д.Р. Лукашенко
D.R. Lukashenko

Московский государственный университет им. Ломоносова, географический факультет, г. Москва, Россия
Lomonosov Moscow State University, faculty of geography, Moscow, Russia
lukashenkodr@inbox.ru

На берегах Охотского моря береговые барьерные системы распространены достаточно широко. Однако механизмы латерального смещения лагунных проливов (прорв) и причины различий в их скоростях миграции остаются слабоизученными [Афанасьев, 2018; Горин, Коваль, 2019; Горин, Корзинин, 2025]. Между тем, активная миграция прорв напрямую угрожает инфраструктуре, возведенной на барьерных формах, а также затрудняет судоходство, изменяя поле глубин в береговой зоне моря и в лагуне [Зенкович и др., 1971].

Анализ данных дистанционного зондирования Земли, а также литодинамическое моделирование при помощи модели LONT-2D [Леонтьев, 2013; Леонтьев, 2014; Леонтьев, 2015] показали, что расчетное направление и емкость годового результирующего (нетто) потока наносов в ряде случаев не способны предсказывать реальную интенсивность и временную неоднородность миграции прорв. Одной из перспективных возможностей разрешения этих противоречий и детального учета соотношения приливных и волновых импульсов автором видится методика численного моделирования в среде Delft-3D, описанная в зарубежных публикациях [Nienhuis, Ashton, 2016].

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.В., Уба А.В. Размыв морских берегов северо-восточного Сахалина // Геоморфология и палеогеография. 2018. № 4. С. 26–37.

2. Горин С.Л., Коваль М.В. Гидрологические процессы в эстуариях рек Ича и Крутогорова и в прилегающих водах Охотского моря в летний период // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-Западной части Тихого океана. 2019. Вып. 55. С. 146–173.

3. Горин С.Л., Корзинин Д.В. Многолетняя динамика приливной прорвы в береговой баре (Западная Камчатка, устье рек Опала и Голыгина) // Вопросы географии. М.: Изд-во РГО, 2025. С. 145–169.

4. Зенкович В.П., Леонтьев О.К., Никифоров Л.Г., Лукьянова С.А. К геоморфологии западного побережья Камчатки // Геоморфология и литология береговой зоны морей и других крупных водоемов. М.: Наука, 1971. С. 3–8.

5. Леонтьев И.О. Моделирование динамики берега Имеретинской низменности // Геоморфология. 2013. № 3. С. 36-41

6. Леонтьев И.О. Потоки наносов вдоль юго-восточного побережья Балтики // Геоморфология. 2015. № 1. С. 70-76.

7. Леонтьев И.О. Морфодинамические процессы в береговой зоне моря. М.: Lambert Academic Publishing (LAP), 2014. 260 с.

8. Nienhuis J.H., Ashton A.D. Mechanics and rates of tidal inlet migration: Modeling and application to natural examples // Journal of Geophysical Research: Earth Surface. 2016. Vol. 121, N. 11. P. 2118–2139.

Динамика моря и вопросы изменения климата

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗОВ МОРСКИХ НАВОДНЕНИЙ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА ПО МЕТОДУ ФГБУ «ДВНИГМИ»

RESULTS OF MARINE FLOOD FORECASTS ON THE COAST OF THE KAMCHATKA PENINSULA USING THE METHOD OF THE FSBE «FERHRI»

Ю.В Любицкий[1], А.Н. Вражкин[1], Л.П. Кравчук[2]

Yu.V. Lyubitskiy[1], A.N. Vrazhkin[1], L.P. Kravchuk[2]

[1]Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, г. Владивосток, Россия

[1]Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute, Vladivostok, Russia

[2]Камчатское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

[2]Kamchatka Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

yuvadlub@gmail.com

Во время морских наводнений на берегах Камчатки затапливаются населенные пункты и производственные объекты, транспортные коммуникации. Для предотвращения возникающей при этом угрозы жизни людей и уменьшения экономического ущерба необходимо создание эффективных методов прогноза данных опасных природных явлений.

В 2021-2022 гг. в ФГБУ «ДВНИГМИ» разработан метод краткосрочного (с заблаговременностью до 72 часов) прогноза морских наводнений на российском побережье дальневосточных морей [Вражкин, Любицкий, 2026]. Для побережья Камчатки прогнозы рассчитываются для 11 пунктов.

В рамках метода предусмотрен учет приливов, штормовых нагонов и эффектов, созданных ветровым волнением. Приливы вычисляются по гармоническим постоянным 11 основных волн. Нагонная составляющая уровня моря рассчитывается по двумерным численным моделям совместной динамики воды и льда. Характеристики ветрового волнения вычисляются по численной модели WAVEWATCH III. Для пунктов, расположенных на открытых пологих берегах, эти характеристики используются для расчета волнового заплеска, включающего волновой нагон и накат. Прогноз заливания пирса в с. Никольское (о. Беринга) предусматривает оценку возможности синхронного формирования опасных значений уровня моря, высоты и направления распространения ветровых волн.

В период 2023-2025 гг. на побережье Камчатки зарегистрированы 49 морских наводнений. Из них прогнозами была предусмотрена возможность возникновения 38 явлений, следовательно, оправдываемость прогнозов составила 77,6 %. Успешно прогнозировалось экстраординарное наводнение 14-15 декабря 2023 г., во время которого затопило десять населенных пунктов. В основном морские наводнения не были предусмотрены прогнозами для с. Апука в период, когда значительная часть поверхности Берингова моря покрыта дрейфующим льдом, а вдоль побережья Олюторского залива существует прибрежная полынья шириной несколько километров, в которую из открытой части моря под ледяным покровом приходит зыбь. Это определило необходимость разработки эмпирических правил, позволяющих учесть данный эффект [Любицкий, Вражкин, 2024].

ЛИТЕРАТУРА

1. Вражкин А.Н., Любицкий Ю.В. Автоматизированная система краткосрочного прогноза морских наводнений на российском побережье дальневосточных морей и тихоокеанском побережье Камчатки // Метеорология и гидрология. 2026. № 7. С. 70-80.

2. Любицкий Ю.В., Вражкин А.Н. Морские наводнения на побережье Олюторского залива (западное побережье Берингова моря) в ледовый период // Тр. ДВНИГМИ. 2024. Вып. 157. С. 86-93.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗАПАДНО-САХАЛИНСКОГО ТЕЧЕНИЯ У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ПОЛУОСТРОВА КРИЛЬОНСКИЙ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ САХАЛИН)

FEATURES OF THE MANIFESTATION OF THE WEST SAKHALIN CURRENT OFF THE WESTERN COAST OF THE KRILYON PENINSULA (SOUTHWESTERN SAKHALIN)

В.Е. Марыжихин[1], Г.В. Шевченко[1,2]
V.E. Maryzhikhin[1], G.V. Shevchenko[2]

[1]Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Sakhalin branch of “VNIRO” (“SakhNIRO”), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Institute of Marine Geology and Geophysics of FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
maryzhihinve@sakhniro.vniro.ru

Сравнительно небольшой район шельфовой зоны у западного побережья п-ова Крильонский (юго-западная часть о. Сахалин), включая пролив Лаперуза, выделяется сложным взаимодействием вод с различными характеристиками: это область смешения теплого Цусимского и холодного Западно-Сахалинского течений, а также охотоморской водной массы с более низкой соленостью, которая проникает через пролив Лаперуза.

В данной работе рассмотрены особенности слабоизученного Западно-Сахалинского течения [Гидрометеорология и гидрохимия..., 2003; Лоция Татарского…, 2003]. На основе анализа данных многолетних наблюдений на стандартных океанологических разрезах определены характеристики сезонного холодного Западно-Сахалинского течения: температура воды возрастает от 2,7 °С в мае до 5,3 °С в сентябре–октябре, соленость изменяется в узких пределах – от 33,7 до 33,9 psu, наибольшие скорости течения отмечены в августе (около 40 см/с).

Также удалось становить чёткие временные рамки существования Западно-Сахалинского течения: оно начинает формироваться в мае и прекращает своё действие в ноябре, достигая максимума интенсивности в августе-сентябре.

Одним из основных результатов данного исследования являются особенности взаимодействия Западно-Сахалинского течения с охотоморской водной массой. Следует отметить, что вода Западно-Сахалинского течения является более холодной и соленой, чем охотоморская водная масса, распространяющаяся через пролив Лаперуза под действием приливов вдоль западного побережья п-ова Крильонский в теплый период года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Японское море. Гидрометеорологические условия. Вып. 1. Том VIII. Гидрометеорологи¬ческие условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. 398 с.

2. Лоция Татарского пролива, Амурского ли¬мана и пролива Лаперуза. СПб.: ГУНиО МО РФ, 2003. 425 с.

Динамика моря и вопросы изменения климата

К ВОПРОСУ О РАЙОНИРОВАНИИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА БЕРИНГОВА МОРЯ

ON THE REGIONALIZATION OF ICE COVER IN THE BERING SEA

И.В. Никулина[1], Д.А. Ващенко[2], И.В. Шумилов[1], В.М. Пищальник[1], В.А. Романюк[2]
I.V. Nikulina[1], D.A. Vashchenko[2], I.V. Shumilov[1], V.M. Pishchalnik[1], V.A. Romanyuk[2]

[1]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Institute of Marine Geology and Geophysics of FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
[2]Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
i.nikulina@imgg.ru

Берингово море является важным транспортным путем Дальневосточного региона, зоной интенсивного рыболовства и перспективным районом углеводородного освоения шельфа. Сезонное формирование ледяного покрова (до 11 месяцев в году) создаёт специфические условия для судоходства и проведения морских операций [Плотников и др., 2019]. В связи с этим особую практическую и научную значимость приобретает задача пространственной дифференциации ледовых условий Берингова моря. Одним из эффективных подходов к решению этой задачи является ледово-географическое районирование — иерархическое деление акватории на относительно однородные по ледовым характеристикам единицы [Минервин и др., 2015, Pishchalnik et al., 2013]. В качестве основных ледово-географических критериев в работе использовались: устойчивое положение границ распространения ледяного массива, зон различной толщины льда и степени его деформации (торосистости), дрейфа льда, а также ветровой режим, система течений, батиметрия, формирующие пространственную неоднородность ледяного покрова.

На основе методологии, ранее апробированной для Охотского и Японского морей [Минервин и др., 2015], предложен предварительный вариант районирования Берингова моря с использованием спутниковых, натурных наблюдений и модельных данных. Первый иерархический уровень включает четыре ледовые области: северная (мелководные заливы, раннее льдообразование до ноября), западная (Корякско-Камчатский шельф, активный вынос льда), восточная (заливы Аляски с более мягкими условиями) и южная глубоководная (зона дрейфующего льда и кромки). В пределах второго иерархического уровня выделено 12 районов (50–500 тыс. км²), включая Анадырский залив, залив Креста, Олюторский, Карагинский, Бристольский залив, Нортон и переходный район Берингова пролива.

Исследование выполнялось и финансировалось в рамках государственных заданий Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (FWWM-2024-0002) и Сахалинского государственного университета (FEFF-2024-0004).

ЛИТЕРАТУРА

1. Минервин И.Г., Романюк В.А., Пищальник В.М., Трусков П.А., Покрашенко С.А. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей // Вестник Российской академии наук. 2015. Т. 85, № 3. С. 132–139.

2. Плотников В.В., Вакульская Н.М., Дубина В.А. Изменчивость ледовых условий Берингова моря и оценка возможности их моделирования // Океанология. 2019. Т. 59, № 6. С. 920–927. DOI: 10.31857/S0030-1574596920-927.

3. Pishchalnik V.M., Tambovsky V.S., Truskov P.A., Minervin I.G., Melkiy V.A., Romanyuk V.A., Galtsev A.A. Okhotsk Sea ice cover zoning // Proceedings of the 28th International Symposium on Okhotsk Sea and sea ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 2013. P. 312–315.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ДИАТОМЕИ КАК ИНДИКАТОРЫ ПАЛЕООКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ–ГОЛОЦЕНЕ

DIATOMS AS INDICATORS OF PALEOCEANOGRAPHIC CHANGES IN THE NORTHWESTERN PACIFIC OCEAN IN THE LATE PLEISTOCENE–HOLOCENE

М.С. Обрезкова, А.В. Артемова, И.Б. Цой
M.S. Obrezkova, A.V. Artemova, I.B. Tsoy

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток, Россия
Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
obrezkova@poi.dvo.ru

На основе детального анализа диатомовых комплексов из осадков северо-западной части Тихого океана (СЗТО), Охотского и Берингова морей реконструированы изменения палеоокеанографических условий за последние 130 тыс. лет. Возрастная модель кернов построена по AMS-датированию, $\delta^{18}O$, магнитной восприимчивости, тефрохронологии и цветовым параметрам осадка. Для верификации результатов диатомового анализа были использованы данные изотопно-геохимических и литолого-геохимических исследований.

Диатомовые водоросли объединены в экологические группы, позволившие реконструировать периоды изменения ледовитости, циркуляции водных масс, поступления биогенов и продуктивности фотического слоя. Установлено, что в межледниковье (МИС 5.5) продуктивность диатомей быстрее возрастала в Охотском море раньше, а в голоцене - в Беринговом море, что связано с увеличением безледного сезона и усилением вертикального перемешивания, как и речного стока. В периоды похолоданий таксономический состав диатомей в окраинных морях сходен, но в теплые эпохи комплексы различаются по соотношению таксонов.

Наиболее суровые ледовые условия зафиксированы для интервала 35–14,7 тыс. л.н. во всех бассейнах. В СЗТО продуктивность была выше во время МИС 4 и МИС 3, вероятно, из-за добавочного поступления биогенов (особенно железа). Уникальный комплекс с доминированием вида *Rhabdonema arcuatum* (69–45 тыс. л.н.) указывает на распространение айсбергов и морских льдов в западной части Берингова моря и их вынос в Тихий океан.

Установлены два варианта развития диатомей во время потепления Бёллинг–Аллерёд: тихоокеанско-беринговоморский и охотоморский. В Беринговом море и СЗТО рост продуктивности начался около 14,7 тыс. л.н., тогда как в Охотском море благоприятные условия наступили позже (после 9,5 тыс. л.н.) из-за сложной ледовой обстановки. Морской диатомовый планктон стал основным источником органического углерода в осадках Охотского моря лишь после этого времени.

Работа выполнена в рамках госзадания ТОИ ДВО РАН (№ 124022100084-8)

Динамика моря и вопросы изменения климата

ДИНАМИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ В ОХОТСКОМ МОРЕ И УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПАСНЫХ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

DYNAMIC VARIABILITY OF ICE CONDITIONS IN THE SEA OF OKHOTSK AND CONDITIONS FOR THE OCCURRENCE OF DANGEROUS ICE PHENOMENA

Е.А. Павлова[1], Т.А. Алексеева[1,2], Е.И. Макаров[1], Е.У. Миронов[1]
E.A. Pavlova[1], T.A. Alekseeva[1,2], E.I. Makarov[1], E.U. Mironov[1]

[1] Арктический и антарктический НИИ, г. Санкт-Петербург, Россия
[1]Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia
[2]Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия
[2]Space Research Institute of RAS, Moscow, Russia
pavlova@aari.ru

Широтная протяжённость, влияние Сибирского антициклона и особенности рельефа берега и дна являются определяющими факторами в вариативности гидрометеорологических условий различных частей Охотского моря. В северо-западной части море имеет форму острого угла, что приводит к формированию сложных ледовых условий, в то время как центральная и южная части глубоководные и сообщаются с Тихим океаном, где на ледяной покров оказывают влияние процессы океанической динамики [Миневрин и др., 2015]. Климатические факторы наравне с воздействием крупномасштабных долгопериодных колебаний и приливных явлений способствуют формированию в Охотском море значительной динамической изменчивости ледовых условий.

Особенности динамических процессов в океане, атмосфере и ледяном покрове напрямую связаны с возникновением опасных ледовых явлений: сильных сжатий, интенсивного дрейфа льдов, аномально раннего ледообразования, облипания корпуса судна снежно-ледяной подушкой, обледенения судов, формирования зон сильно деформированного или наслоенного льда, сужения канала в припае, появления обширных полей торосистого льда [Опасные, 2010]. Кроме того, при обратных, отливных, явлениях в северо-западной части моря деформированный лёд не выносится обратно на глубоководную часть вместе с водными массами, а остаётся на мелководье, постепенно формируя малоподвижный ледяной массив, состоящий преимущественно из сильно деформированного льда, который в последствии спускается к северо-восточному побережью о. Сахалин [Павлова, 2026].

Долгосрочный прогноз динамики ледяного покрова, основанный на совместном использовании теории крупномасштабных долгопериодных волн и метода годов-гомологов позволяет оценить ожидаемую вероятность условий возникновения опасных ледовых явлений на акватории Охотского моря.

Финансирование: НИТР 5.1 Росгидромета на 2025–2029 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минервин И.Г., Романюк В.А., Пищальник В.М., Трусков П.А., Покрашенко С.А. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей. // Вестник РАН. 2015. Т. 85, № 3. С. 209-217. doi:10.7868/S0869587315010119

2. Опасные ледовые явления для судоходства в Арктике. / Под ред. Е.У. Миронова. СПб.: Изд. ААНИИ, 2010. 320 с.

3. Павлова Е. А., Алексеева Т. А., Макаров Е. И., Гуляев А. И., Саперштейн Е. Б., Бородкин В. А., Ершова А. А., Афанасьева Е. В., Котикова П. А., Юскаев Д. Ю., Вибе А. А. Первая зимняя навигация в северо-западной и западной частях Охотского моря: условия ледового плавания // Проблемы Арктики и Антарктики. 2026. Т. 72, № 2. С. 288-302.

Динамика моря и вопросы изменения климата

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПЛЮМА РЕКИ АМУР В РАЗЛИЧНЫЕ ПО ВОДНОСТИ ГОДЫ

MODELLING OF THE AMUR RIVER PLUME DYNAMICS DURING YEARS WITH DIFFERENT RIVER DISCHARGE

И.И. Панасенкова[1,2], Е.А. Коршенко[1], В.В. Фомин[1,2], В.К. Пономарев[1]
I.I. Panasenkova[1,2], E.A. Korshenko[1], V.V. Fomin[1,2], V.K. Ponomarev[1]

[1]Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, Росгидромет, г. Москва, Россия
[1]Zubov's State Oceanographic Institute, Roshydromet, Moscow, Russia

[2]Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, г. Москва, Россия
[2]Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation, Moscow, Russia
ipanasenkova@mail.ru

В работе проведен анализ особенностей распространения вод плюма реки Амур в Сахалинском заливе и вдоль восточного побережья о. Сахалин на основе лагранжева подхода в период с мая по октябрь в годы с низким (2008 г.), средним (2016 г.) и высоким речным стоком (2013 г.). Метод лагранжевых частиц реализован с помощью открытого программного комплекса OpenDrift. Скорости течений задавались на основе модели морской циркуляции INMOM с пространственным разрешением 0.5–1.5 км в рассматриваемой области. В расчетах отслеживалась динамика плюма реки Амур, которая формируется, преимущественно, под действием мусонных ветров, приливной динамики и региональной системы течений, её мезомасштабной и субмезомасштабной изменчивости. В качестве сценариев экспериментов были рассмотрены два сценария: двумерный (2D), в котором задавались только скорости течений на горизонте 5 м, и трехмерный случай (3D), когда учитывалась изменчивость течений по глубине.

По результатам расчетов летом под влиянием южных муссонных ветров Восточно-Сахалинское течение (ВСТ) ослабевает, плюм, в основном, локализуется в Сахалинском заливе и в окрестности северной оконечности о. Сахалин. Перестройка ветрового режима осенью приводит к интенсификации ВСТ, к быстрой трансформации формы плюма и усилению выноса распресненных вод вдоль восточного побережья о. Сахалин. В многоводные годы фронт плюма наблюдается значительно дальше на север и восток в Сахалинском заливе, а осенью зона опреснения вдоль восточного побережья о. Сахалин становится шире, обеспечивая вынос распресненных вод на значительно большие расстояния (на сотни километров дальше по сравнению с маловодными периодами). Учет вертикальных движений частиц существенно меняет общую картину их распространения. В 2D распресненные воды проникают далеко вглубь мористой части Охотского моря. В 3D отмечается более сложная структура переноса: распресненные воды распространяются, в основном, в пределах шельфовой зоны вдоль восточного побережья о. Сахалин и интенсивно проникают вглубь до глубин 100–150 м, а в заливе Терпения – до 30–60 м. Согласно натурным данным теплого периода [Шевченко и др., 2020] также отмечается распространение распресненных вод вдоль восточного берега о. Сахалин в южном направлении и их наличие в заливе Терпения на глубинах до 50 метров.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-27-00379.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко Г.В., Цхай Ж.Р., Частиков В.Н. Океанологические условия на юго-восточном шельфе о. Сахалин по данным съемок на стандартных разрезах и спутниковых наблюдений // Океанологические исследования. 2020. Т. 48, № 2. С. 51–68.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА-А В ЗАЛ. АНИВА НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

ASSESSMENT OF CHLOROPHYLL-A CONCENTRATIONS IN ANIVA BAY USING SATELLITE DATA AND IN SITU OBSERVATION

В.А. Романюк[1], Е.М. Латковская[1], Д.В. Зарубина[1], И.В. Шумилов[2], В.М. Пищальник[2,1], И.В. Никулина[2]
V.A. Romanyuk[1], E.M. Latkovskaya[1], D.V. Zarubina[1], I.V. Shumilov[2], V.M. Pishchalnik[2,1], I.V. Nikulina[2]

[1]Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
varomanyuk2020@gmail.com

Спутниковые наблюдения позволяют регулярно характеризовать распределение хлорофилла «а», однако в прибрежных водах соответствие данных зависит от оптических свойств среды и различия масштабов спутниковых и судовых измерений [1, 2]. Цель работы - оценить качество месячных спутниковых оценок хлорофилла «а» и их соответствие натурным наблюдениям в заливе Анива.

Проанализированы региональные ряды SeaWiFS, OC-CCI, MODISAqua, VIIRSSNPP и Sentinel-3 OLCI при покрытии не менее 10 % акватории. Для двух синхронных периодов рассчитаны корреляции логарифмов месячных медиан и аномалий после удаления сезонного хода. С натурными данными сопоставлены MODISAqua и OC-CCI, охватывавшие 2009 г. и имевшие шаг сетки около 4 км. Материал включал пять съёмок на 24 станциях; общую выборку составили 108 пар спутниковых и натурных оценок. Расхождение характеризовали медианой отношения спутниковой концентрации к натурной и медианным симметричным расхождением (MdSA) [3].

SeaWiFS, OC-CCI, MODISAqua и VIIRS воспроизводили сходную сезонную фазу с апрельским максимумом. В 2002-2010 гг. коэффициенты корреляции составляли 0,85-0,88 (n = 85 мес.), после удаления сезонного хода - 0,83-0,84; в 2019-2025 гг. - соответственно 0,72-0,83 (n = 70 мес.) и 0,53-0,69. По пяти съёмкам 2009 г. оба продукта систематически превышали натурные оценки. Медиана отношения спутниковой концентрации к натурной составила 2,54 для MODISAqua и 1,71 для OC-CCI, а MdSA - 155 и 87 %. Связь в объединённой пространственно-временной выборке оставалась слабой (r^2 = 0,09 и 0,12). Следовательно, OC-CCI лучше передавал общий уровень концентраций, но не обеспечивал надёжного воспроизведения локальных различий. Месячные продукты пригодны для оценки общего фона, сезонного хода и межгодовых изменений внутри одного согласованного ряда, однако не заменяют станционные наблюдения. Для строгой региональной проверки необходимы синхронные спутниковые, гидрохимические и оптические измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ващенко Д.А., Пищальник В.М., Латковская Е.М., Купцова О.В. Оценка пространственно-временной изменчивости концентрации хлорофилла-а в поверхностном слое залива Анива по данным дистанционного зондирования Земли // Мониторинг. Наука и технологии. 2024. № 2. С. 35-41. doi:10.25714/MNT.2024.60.004.

2. Remote Sensing of Ocean Colour in Coastal and Other Optically-Complex Waters. Reports of the International Ocean-Colour Coordinating Group, 2000. No. 3. IOCCG: Dartmouth, Canada.

3. Morley S.K., Brito T.V., Welling D.T. Measures of model performance based on the log accuracy ratio // Space Weather. 2018. Vol. 16. P. 69-88. doi:10.1002/2017SW001669.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ГИДРОЛОГО-ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОД ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ НА СТАНДАРТНОМ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОМ РАЗРЕЗЕ М. ЛЕВЕНОРНА-МОРЕ

HYDROLOGICAL AND HYDROACOUSTIC PROPERTIES OF WATERS BASED ON MEASUREMENTS AT THE STANDARD OCEANOGRAPHIC SECTION CAPE LEVENORNA–SEA

Е.А Тихончук[1], Г.В. Шевченко[2,1], В.Н. Частиков[2]
E.A. Tikhonchuk[1], G.V. Shevchenko[2,1], V.N. Chastikov[2]

[1]Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Special Research Bureau for Automation of Marine Researches FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
[2]Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Sakhalin branch of “VNIRO” (“SakhNIRO”), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
dozy-le@yandex.ru

На стандартном океанологическом разрезе м. Левенорна-море (юго-восточный Сахалин) накоплен значительный материал океанологических съемок, получены усредненные вертикальные распределения для различных месяцев года с июня по декабрь. В теплый период года (июнь-сентябрь) термические условия характеризуются наличием хорошо прогретого слоя толщиной около 15 м. Температура воды в нем возрастала от 6–7°C в июне до 14–15°C в период максимального прогрева в августе-сентябре. Соленость в этом слое достаточно низкая, от 32 до 32.5 psu, в июне вода с более низкой соленостью распространена по всему разрезу, а в сентябре сосредоточена в его западной части.

Осенью (октябрь–декабрь) океанологические условия существенно изменяются, в особенности в прибрежной части разреза. Эти изменения связаны с активизацией Восточно-Сахалинского течения, которое транспортирует вдоль восточного берега Сахалина модифицированную воду стока реки Амур, характеризующуюся низкими значениями солености. Эта вода заглубляется примерно до 100 м, при этом термоклин на этом участке разрушается, а на расположенных мористее станциях подобных изменений не наблюдается.

По данным температуры, солености и давления были рассчитаны вертикальные профили скорости звука. В результате летнего прогрева верхних слоев воды образуется сезонный термоклин и, соответственно, обусловленный им слой повышенных вертикальных градиентов скорости звука. В теплый период скорость звука резко уменьшается до глубины 50 м, далее постепенно достигает минимума в формирующемся холодном промежуточном слое и после снова повышается вследствие увеличения температуры и солености с глубиной в сочетании с увеличением гидростатического давления. Максимальная величина скорости звука наблюдается в августе на поверхности воды и достигает 1506 м/с, минимальная – 1441 м/с на глубине 75 м. Формирующиеся здесь волноводы являются термическими, ось звукового канала совпадает с зоной минимальной температуры холодного промежуточного слоя. С июня по сентябрь наибольшая скорость звука наблюдается на поверхности, в октябре максимум находится на глубине 20 м, в ноябре на 30 и в декабре на 50 м. В холодный период значения скорости звука на поверхности понижаются, а минимальные значения, наоборот, повышаются по сравнению с летними месяцами, при этом глубина расположения минимума скорости звука увеличивается от 100 м в сентябре до 150 м в декабре.

Пространственное распределение поля скорости звука имеет свои особенности для теплого и холодного периодов. В летние месяцы как максимальные, так и минимальные значения скорости звука наблюдаются в ближайших к берегу точках, а в холодный период, наоборот, в наиболее удаленных. В холодный период на рассматриваемом океанологическом разрезе поле скорости звука становится неоднородным, происходит разрушение звукового канала.

Динамика моря и вопросы изменения климата

АБРАЗИОННО-ДЕНУДАЦИОННЫЕ ЦИКЛОВЫЕ УРОВНИ В ЭСТУАРНОЙ ЗОНЕ (КАРБОНОВЫЙ ПОЛИГОН ПМВБУ)

CYCLIC ABRASION-DENUDATION SURFACES IN THE ESTUARINE ZONE (CARBON MONITORING SITE FOR COASTAL- MARINE WETLAND ECOSYSTEMS)

А.В. Уба
A.V. Uba

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
vvasand@mail.ru

Вниманию предлагается анализ проблемы морских цикловых уровней в областях эстуарно-лагунного осадконакопления. Впервые приведены результаты высокоточных измерений геопространственной позиции аккумулятивных отложений во взаимоотношениях с абразионно-денудационными цикловыми уровнями. Представлены наборы данных, учитывающие изменение основных морфометрических параметров погребенных и активных бенчей в зависимости от позиции к источникам поступления наносов. Вводится учет морозного выветривания как доминирующего специфического механизма разрушения береговых платформ для субарктических условий, не рассмотренный в классических работах по Новой Зеландии и Канаде. Эмпирическое подтверждение доминирования выветривания (конкретно — морозного) в разрушении береговых платформ холодных морей и дифференциация вкладов волн и выветривания через сравнение скоростей эрозии клифа (волны доминируют) и платформы (выветривание доминирует) было проанализировано нами ранее. На основе естественного эксперимента с косейсмическим поднятием и концепции контактных зон было получено объяснение особенностей разрушения коренных берегов Охотского моря в среднем позднем голоцене. Проанализированы морфометрические параметры погребенных и современных активных бенчей в контексте классической морфолитодинамики берегов с учетом морфоклиматических особенностей. Все измерения произведены GNSS приемниками SOUTH Galaxy G1 (GPS, GLONASS, BEIDOU, GALILEO). Пикеты на рабочих площадках сняты в режиме RTK (кинематика в реальном времени) от локальной базовой станции (БС) и при помощи тахеометра Topcon GTS236-N. Точность RTK при этом в пределах 1 см в плане и 2 см по высоте, статики не более 2 см в плане и 2 см по высоте.Результаты свидетельствуют о морфометрической дифференциации параметров бенча в зависимости от позиции относительно области поступления наносов. При этом, практически везде средний уровень поверхностей бенча на 30-50 см ниже среднего уровня моря. Механизмом разрушения является кристаллизационное давление льда в трещинах (до 200 МПа при -10°C). Максимальная эффективность абразионно-денудационного воздействия наблюдается при частой смене температур (Freeze-thaw cycles) в интервале -2...+2°C. Ледовый покров блокирует 40% приливных циклов в заливе Анива от абразионно-денудационного воздействия на бенч. Согласно SSP5-8.5, худшему из условных климатических сценариев МГЭИК (IPCC), который предполагает утроение выбросов CO2 и сильное потепление к 2075 году, холодный период уменьшится на 40 дней. Тем не менее несмотря на сокращение общего числа приливов в холодный период (н.п. Корсаков, залив Анива) с 278 до 204 (-27%), число приливов с абразионно-денудационных эффектом возрастает с 165 до 183(+11%). Объясняется это эффектом уменьшения блокировки поверхности припаем с 113 случаев до 21. Нетто-эффект +18 (+11%) эффективных приливов.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ГОДИЧНЫЙ ЦИКЛ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЧВЕННОГО ГАЗООБМЕНА ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ ОХОТСКОГО МОРЯ (КАРБОНОВЫЙ ПОЛИГОН САХГУ)

ANNUAL CYCLE OF SOIL GAS EXCHANGE STUDIES IN COASTAL MARINE WETLANDS OF THE SEA OF OKHOTSK (SAKHGU CARBON POLYGON)

А.В. Уба[1], А.Б. Фаустова[2]
A.V. Uba [1], A.B. Faustova [2]

[1]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
vvasand@mail.ru

Представлены результаты первого года исследований почвенного газообмена в прибрежно-морских биоморфолитосистемах субарктического моря, выполненных в целях уточнения оценок голубого углерода и совершенствования национальных и глобальных кадастров парниковых газов. Следует отметить отсутствие подобных данных для субарктических приливных маршей мира. Работы проведены на территории Сахалинского карбонового полигона площадью около 15,5 км² в эстуарно-лагунных системах, сформированных на аллювиальных и прибрежно-морских отложениях занятых галофитной растительностью с доминированием Triglochin и Carex. Маршевые почвы находятся на стадии синлитогенного почвообразования в условиях регулярного поступления морских наносов. В их строении (по данным 26 разрезов) сочетаются минеральный материал, автохтонное органическое вещество и аллохтонные органические включения. Современная скорость осадконакопления в маршах составляет в среднем 2,1 см/год, скорость аккумуляции углерода достигает 720 г $C \cdot м^{-2} \cdot год^{-1}$, что существенно превышает среднемировые значения для маршевых почв. Однако, климатический эффект прибрежных болот определяется не только захоронением углерода, но и в значительной степени возможной эмиссией ПГ. Особое значение имеет оценка потоков CH4, т.к. потенциал глобального потепления метана в 28–34 раза выше, чем у CO_2, в столетнем горизонте, и более чем в 80 раз выше в двадцатилетнем. При этом сведения о потоках метана в приливных болотах холодных морей крайне ограничены из-за дефицита высокочастотных наблюдений, отсутствия унифицированных методик и выраженной пространственно-временной неоднородности таких экосистем. Эмиссия CO2 и CH4 измерялась нами по изученным почвенным и геоботаническим профилям в период 2025-2026гг года камерным методом с использованием автоматической непрозрачной камеры Li-CorSmartChamber и газоанализатора LI-7810 на территории более 16 га. Данные скоррелированы с ключевыми прокси-переменными, которые управляют распределением органического углерода (Сорг): Растительность (корни, ветошь, зелень) - отражает продуктивность и поступление органики; Геохимия (соли, C/N, Sобщ) - отражает условия консервации/разложения; Гидродинамика (время затопления) и морфометрические градиенты затопления отражают режим увлажнения и окислительно-восстановительные условия.

Важно, что полученные результаты показали, эмиссия CH4 в приливных маршах на два порядка ниже, чем у торфяников на сопредельных более высоких морских террасовых уровнях. Уже на текущем этапе исследований можно сделать вывод о том, что, несмотря, на возможное неполное ингибирование метаногенеза соленостью исследованные прибрежно-морские биоморфолитосистемы сохраняют устойчивую функцию долговременного накопления углерода в почве и являются значимым резервуаром голубого углерода.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДРЕЙФА КАТАМАРАНА В ОХОТСКОМ МОРЕ

NUMERICAL MODELLING OF CATAMARAN DRIFT TRAJECTORY IN THE SEA OF OKHOTSK

В.В. Фомин[1,2], И.И. Панасенкова[1,2], Е.А. Коршенко[1], С.К. Попов[2], Н.А. Дианский[1,3,4]
V.V. Fomin[1,2], I.I. Panasenkova[1,2], E.A. Korshenko[1], S.K. Popov[2], N.A. Diansky[1,3,4]

[1]Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, Росгидромет, г. Москва, Россия
[1]Zubov's State Oceanographic Institute, Roshydromet, Moscow, Russia

[2]Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, г. Москва, Россия
[2]Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation, Moscow, Russia

[3]Институт вычислительной математики им. Г. И. Марчука РАН, г. Москва, Россия
[3]Marchuk Institute of Numerical Mathematics, Moscow, Russia

[4]МГУ имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия
[4]Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
fomin.v.vladimir@yandex.ru

В работе представлены результаты моделирования дрейфа катамарана на примере реального морского происшествия, случившегося в Охотском море в период с 9 августа по 14 октября 2024 года. Траектории дрейфа рассчитывались методом ансамблевого моделирования с использованием лагранжева подхода. В качестве гидрометеорологических данных использовались поля поверхностных течений, полученные с помощью модели морской циркуляции INMOM, реализованной с пространственным разрешением 3.5 км, и данные о скорости ветра на высоте 10 метров, полученные по модели атмосферной циркуляции WRF, реализованной с пространственным разрешением 10 км. Для моделирования траекторий лагранжевых частиц использовался фреймворк OpenDrift.

Расчеты проводились при различных коэффициентах ветрового дрейфа, а также с учетом бокового сноса объекта. Результаты расчетов показали, что в условиях неопределенности начального положения и времени начала дрейфа основная часть смоделированных траекторий не выходит за пределы Сахалинского залива, либо траектории проходят вдоль северной части восточного побережья о. Сахалин. Только 12% всех траекторий уходят в открытую часть Охотского моря, почти 40% из них проходят в 50-километровой зоне у поселка Усть-Хайрюзово, расположенного на Камчатском полуострове, т.е. вблизи места, где был обнаружен катамаран. Рассчитанная зона поиска охватывает на начальном этапе акваторию протяженностью около 100 км, включающую Сахалинский залив и северо-восточную часть о. Сахалин. В открытом море ансамбль траекторий разделяется на две ветви (северную и южную), а их поперечная ширина варьируется от 120 до 180 км.

Анализ отдельных траекторий показывает, что погрешность определения местоположения объекта возрастает по мере увеличения заблаговременности гидрометеорологического прогноза, достигая 6–7 км в первые сутки, 8–9 км — на вторые и 11–12 км — на третьи сутки.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-27-00379, https://rscf.ru/project/25-27-00379/.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ПОЛЯ МЕТАНА НА ШЕЛЬФЕ О. САХАЛИН. ИТОГИ ЭКСПЕДИЦИЙ 2023-2025

METHANE FIELDS ON THE SAKHALIN SHELF: RESULTS OF THE 2023-2025 EXPEDITIONS

А.О. Холмогоров, Н.С. Сырбу, В.Б. Лобанов
A.O. Kholmogorov, N.S. Syrbu, V.B. Lobanov

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия
V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia
kholmogorov.ao@poi.dvo.ru

Представлены результаты циркумсахалинской газогеохимической съемки на шельфе по итогам морских экспедиций на НИС «Академик Опарин» в 2023-2025гг. Представленное исследование заключалось в измерении растворенных газов: метана, гелия, водорода, сероводорода. Общее количество проб составило 2282 шт на 219 станциях (35 разрезов), общее количество определений газов составило 4007.

Полученные данные подтверждают, что распределение аномальных полей растворенных газов (CH_4, CO_2, He, H_2, H_2S) на сахалинском шельфе структурно унаследовано и контролируется разломной тектоникой Хоккайдо-Сахалинской складчатой области. Аномалии приурочены к зонам продолжения на шельф сухопутных разломов и концентрируются вдоль основных структурных элементов (восточного и западного крыльев складчатой области), что доказывает их глубинное, эндогенное происхождение.

Восточный шельф характеризуется масштабной, линейно-вытянутой вдоль изобат аномалией метана более 400 нмоль/л, совпадающей с зоной активных разломов. Это указывает на мощный и постоянный поток флюидов, вероятно, связанный с более молодыми и активными тектоническими процессами окраины Тихого океана. Впервые зафиксированы придонные очаги сероводорода (до 836 ppb) на восточном шельфе в диапазоне глубин 32-150м вплоть до кромки шельфа.

Западный шельф (Татарский пролив) демонстрирует очаговый, локальный характер дегазации с экстремально высокими концентрациями метана (>3000 нмоль/л) на мелководье. Это может свидетельствовать о наличии локальных, но очень активных придонных выходов (сипов), возможных грязевых вулканов или о разгрузке газа из неглубоких газонасыщенных осадков.

Сахалинский залив является зоной относительно слабой газовой разгрузки при абсолютном максимуме концентрации метана 83 нмоль/л, что согласуется с его палеогеографией и менее активной современной тектоникой.

В центральной части залива Терпения выявлена крупная область дегазации с концентрацией CH_4 до 76 нмоль/л, сравнимую с районами нефтедобычи на восточном шельфе о. Сахалин.

Обнаружена область выхода CH_4 из донных отложений в западной части пролива Лаперуза. Высокие значения мутности, а также снижение солености в области абсолютного максимума метана указывают на наличие здесь выхода газонасыщенного флюида. Сравнение компонентного состава свободного газа, а также результатов изотопного анализа, показало сходство грязевых вулканов южной части о. Сахалин и северной части о. Хоккайдо. Вероятно, что к меридионально ориентированной системе разломов Хоккайдо-Сахалинской складчатой области приурочена цепь Хоккайдо-Сахалинских грязевых вулканов. В 2025 г. эта аномалия была подтверждена.

Работы выполнены по теме «Изучение структуры физических и вещественных характеристик, геодинамики и палеогеографии южного сектора переходной зоны п-ов Камчатка-Тихий океан», науч. рук. Шакиров Р.Б. (2024-2026гг.), рег. номер: 124072000018-9.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ АККУМУЛЯТИВНЫХ БЕРЕГОВ КАМЧАТКИ И КУРИЛ ПОСЛЕ МЕГАЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2025 ГОДА

FORECASTING THE EVOLUTION OF ACCRETIONAL COASTS OF KAMCHATKA AND THE KURIL ISLANDS FOLLOWING THE 2025 MEGATHRUST EARTHQUAKE

А.Л. Хомчановский
A.L. Khomchanovsky

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
khomscience@mail.ru

30 июля 2025 года в Авачинском заливе у берегов полуострова Камчатка произошло мегаземлетрясение магнитудой M_w 8.8, которое вызвало цунами, зафиксированное более чем в 10 странах тихоокеанского региона. Инструментальные и дистанционные исследования были проведены вдоль тихоокеанского побережья Камчатки и северных Курильских островов, где заплеск цунами составил от 2 до 33 м [Pinegina at al., 2026]. Помимо цунами на побережье были зафиксированы косейсмические опускания поверхности. По различным данным вертикальные опускания берега достигали нескольких десятков сантиметров [Захарова, Захаров, 2025; Tang at al., 2026; Mikhailov at al., 2025; Himematsu, Munekane, 2026]. На аккумулятивных берегах Камчатки и Парамушира по модели Брууна-Зенковича [Bruun, 1988; Зенкович, 1962] было проведено моделирование их дальнейшего переформирования. Результаты показали, что на данных участках побережья в дальнейшем можно ожидать размыв порядка 30-40 метров. Очевидно, что для каждого конкретного участка необходимо проводить отдельные исследования, поскольку прогноз отступания берега, помимо изменения относительного уровня моря, зависит от многих гидро-, морфо- и литодинамических факторов. Работа выполнена в рамках темы НИР FWME-2024-0010 Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1 Захарова Л.Н., Захаров А.И. Динамика земных покровов полуострова Камчатка в ходе землетрясения М8.8 в 2025 году по данным интерферометрической съемки РСА Sentinel // Материалы 23-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2025. С. 321.

2. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.

3. Bruun P. The Bruun rule of erosion by sea-level rise: a discussion on large-scale two- and three-dimensional usage // Journal of Coastal Research. 1988. Vol. 4, N 4. P. 627-648.

4. Himematsu Y., Munekane H. Shallow segment rupture associated with the 2025 Kamchatka earthquake inferred from ALOS-2/PALSAR-2 InSAR // Earth, Planets and Space. 2026. Vol. 78, N 1. P. 66.

Динамика моря и вопросы изменения климата

СГОННО-НАГОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ В МОРЯХ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ В АВГУСТЕ – СЕНТЯБРЕ 1996–2025 ГГ. ПОРЕЗУЛЬТАТАМЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

STORM SURGES IN THE SEAS OF THE EASTERN ARCTIC IN AUGUST–SEPTEMBER 1996–2025 BASED ON NUMERICAL MODELING RESULTS

А.С. Хорошева[1,2], В.С. Архипкин[2]
A.S. Khorosheva[1,2], V.S. Arkhipkin[2]

[1]Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова, Росгидромет, г. Москва, Россия
[1]N.N.Zubov's State Oceanographic Institute, Roshydromet, Moscow, Russia

[2]Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия
[2]Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
horoschevaanfisa@yandex.ru

Исследование колебаний уровня моря имеет ключевое значение для решения фундаментальных и прикладных задач в морях восточной Арктики (море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря). Это окраинные шельфовые моря Северного Ледовитого океана, которые отличаются сильным влиянием ледового режима на гидрологические условия.Вычисление характеристик штормовых нагонов в восточной Арктике необходимо для прогнозирования уровня моря при проектировании инфраструктуры на шельфе и в прибрежных зонах, а также для обеспечения безопасности судоходства и разработки месторождений.

Цель исследования — выявить особенности сгонно-нагонных колебаний в морях восточной Арктикив августе – сентябре с 1996 по 2025 гг. по данным численного моделирования высокого разрешения.

В работе применялась двумерная версия гидродинамической модели ADCIRC(ADvancedCIRCulatio nfiniteelementmodel). Неструктурная триангуляционная расчетная сетка содержит 151800узлов (шаг сетки 38–19 000 м). Цифровая модель рельефа дна была создана на основе морских навигационных карт и базы батиметрических данных GEBCO 2025. На открытых границах для задания приливных колебаний уровня моря с дискретностью 1 час были использованы 11 гармонических постоянных (M_2, S_2, N_2, K_2, K_1, O_1, P_1, Q_1, MF, MM, SSA) из глобальной приливной модели FES2014.Моделирование колебаний уровня моря проводилось с использованием реанализа ERA5 (ветер, атмосферное давление и концентрация льда).

Для оценки качества полученных результатов моделирования было проведено сравнение с натурными данными на 7 станциях. В результате валидации были получены коэффициент корреляции 0,86–0,98 и среднеквадратическая ошибка 6,8–43,9 см.

По результатам численного моделирования былорассчитана максимальная величина нагонов и сгонов в каждой точке расчётной сетки за 30-летний период. Наибольшие нагоны за август – сентябрь 1996–2025 гг. наблюдались в Восточно-Сибирском море в Гусиной губе (величина до 2,7 м) и в Колымском заливе (до 2,2 м), в море Лаптевых — в Хатангском заливе (до 2,0 м), в Чукотском море — в Колючинской губе (до 1,4 м). Максимальные сгоны происходили в Селляхской и в Гусиной губах (величина до 1,7 м), а также в Колючинской губе (до 1,3 м).

Наибольшее количество нагонов и сгонов, величина которых была больше 0,5 м, за август – сентябрь 1996–2025 гг. произошло в Восточно-Сибирском море в Колымском заливе, в море Лаптевых — в Селляхской губеи Хатангском заливе, а в Чукотском море — в Колючинской губе. Наиболее продолжительные нагоны и сгоны наблюдаются в Колючинской губе.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ПРИЛИВНЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ В ЭСТУАРИИ РЕКИ БОЛЬШАЯ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА) ПО ДАННЫМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

TIDAL LEVEL FLUCTUATIONS IN THE BOLSHAYA RIVER ESTUARY (WESTERN KAMCHATKA) BASED ON INSTRUMENTAL MEASUREMENT DATA

Г.В. Шевченко[1,2], С.Л. Горин[3]
G.V. Shevchenko[1,2], S.L. Gorin[3]

[1]Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Sakhalin branch of “VNIRO” (“SakhNIRO”), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Institute of marine Geology and Geophysics FEB RAS Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[3]ГНЦ Всероссийский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, Россия
[3]SSC Russian Federal Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia
Shevchenko_zhora@mail.ru.

Эстуарии рек, отгороженные от моря вытянутыми песчано-галечными пересыпями (косами), характеризуются обычно сравнительно небольшими уклонами дна и умеренными скоростями водного потока. При таких условиях возможно значительное влияние вариаций уровня моря на прилегающем участке взморья на гидрологические процессы в нижней, а иногда и в средней части таких водоемов. Речь идет прежде всего о приливах и существенных подъемах уровня при штормовых нагонах, обусловленных прохождением глубоких циклонов. Определенным исключением является эстуарий реки Большая (протяженность косы около 35 км) на западном побережье реки Камчатка, скорость потока которой обычно не менее 1 м/с. Исследование приливного режима в этих условиях представляет особый интерес.

В 2003-2005 и 2011 гг. экспедиционной группой ВНИРО в данном водоеме был выполнен значительный объем инструментальных измерений колебаний уровня воды, наиболее подробные исследования были выполнены в 2003 г., кода измерители были установлены в пяти точках от устья эстуария до Микояновского лимана (расстояние между точками около 26 км). По результатам гармонического анализа, амплитуды главных приливных волн (суточной К1 и полусуточной М2) плавно убывали вверх по течению, в целом чуть более чем в 2 раза. Однако приливные колебания и в верхней части эстуария не малы, и оказывают существенное влияние на формирование гидрологического режима на всем протяжении водоема.

Важным результатом явилось то обстоятельство, что в одних и тех же точках по измерениям в 2004 и 2011 гг. амплитуды и фазы главных приливных волн имели близкие значения с полученными по измерениям в 2003 г. Это указывает на предсказуемость приливных колебаний и возможность предвычислять приливные колебания в любой точке эстуария на любой момент времени.

Однако по измерениям 2005 г. амплитуды главных приливных волн в тех же точках, в которых производились измерения в 2003 г., были заметно меньше полученных ранее оценок. Это обусловлено аномально большим стоком реки Большая, в особенности на начальном отрезке записи, в июне. Вода не успевала уходить из эстуария в море, уровень воды быстро возрастал. Этот пример показывает, что увеличение стока реки способно приводить к уменьшению величины приливов и их влияния на гидродинамический режим в эстуарии.

Непериодические вариации уровня (полученные путем вычитания прилива из измеренных величин) выявили значимый максимум в июне во все годы измерений, обусловленный весенним половодьем, а также вторичный, с интервалом 2-3 недели.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ

SPATIOTEMPORAL VARIABILITY OF SEA LEVEL FLUCTUATIONS IN THE NORTHWESTERN PART OF THE PACIFIC OCEAN BASED ON SATELLITE ALTIMETRY DATA

Г.В. Шевченко[1,2], Ж.Р. Цхай[1]
G.V. Shevchenko[1,2], Zh.R. Tskhay[1]

[1]Сахалинский филиал ГНЦ Всероссийский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Южно-Сахалинск, Россия

[1]Sakhalin branch of SSC Russian Federal Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
[2]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

[2]Institute of marine Geology and Geophysics FEB RAS Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
Shevchenko_zhora@mail.ru

В работе [Шевченко и др., 2023] было выявлено, что в массиве аномалий уровня моря, сформированного на основе альтиметрических наблюдений с группы искусственных спутников Земли, осуществлявших полеты начиная с 1992 года по одним и тем же орбитам и именуемом Integrated Multi-Mission Ocean Altimeter Datasets Sea Surface Anomalies (IMMOAD SSHA, далее SSHA), имеется остаточное влияние приливной компоненты. Это влияние выражалось в том, что при расчете амплитуд главных приливных волн были получены значения в несколько см, не только в прибрежных районах Дальнего Востока России, но также и открытом океане, несмотря на то, что из этих материалов, приливная компонента уже была ранее удалена.

В результате анализа массива альтиметрических данных с 1992 по 2021 гг. с дополнительной фильтрацией прилива, выполненного с применением метода ЕОФ, выявлено, что пространственная изменчивость трех главных мод сходна и характеризуется наиболее существенными отклонениями разных знаков от средней поверхности в прибрежных районах Охотского и Берингова морей, а также в зоне теплого течения Куросио. Можно сказать, что годовые вариации в изучаемой области носят характер стоячих колебаний с пучностями на ее северной и южной границах. Третья мода отражает межгодовые колебания с периодом 10–11 лет, коррелирующие с индексом PDO, и носящие противофазный характер в северной и южной частях изучаемой области. Четвертая составляющая описывает сложные трансформации уровня в зоне влияния теплого течения Куросио.

Полученные пространственные распределения главных мод разложения колебаний уровня по ЕОФ и их временные функции можно использовать как для восстановления пропусков данных, которые характерны на акваториях дальневосточного побережья России, покрытых в зимний период льдом, так и для прогнозирования движения мезомасштабных вихрей при оперативном регулировании промысла пелагических видов рыб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко Г. В., Романов А. А., Цой А. Т. О точности устранения приливной компоненты из данных спутниковой альтиметрии IMMOAD SSHA Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. // 2023. Т. 4. С. 20–29. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-4-20-29.

Динамика моря и вопросы изменения климата

ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИСЕЗОННОЙ И МЕЖСЕЗОННОЙ СОПРЯЖЕННОСТИ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ БЕРИНГОВА И ЧУКОТСКОГО МОРЕЙ

CHARACTERISTICS OF INTRASEASONAL AND INTERSEASONAL COHERENCE BETWEEN SEA ICE CONDITIONS IN THE BERING AND CHUKCHI SEAS

И.В. Шумилов[1], И.В. Никулина[1], Д.А. Ващенко[2], В.М. Пищальник[1], В.А. Романюк[2]
I.V. Shumilov[1], I.V. Nikulina[1], D.A. Vashchenko[2], V.M. Pishchalnik[1], V.A. Romanyuk[2]

[1]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
i.shumilov@imgg.ru

Берингово и Чукотское моря расположены на границе тихоокеанского и арктического бассейнов. Пространственно-временная сопряжённость ледовых условий этих акваторий отмечалась ранее [Вакульская и др., 2014], однако ее сезонная структура изучена недостаточно. Цель данной работы – оценка сопряжённости ледовых условий исследуемых морей и ее связи с температурой приземного воздуха (ТПВ) и поверхности моря (ТПМ).

Для анализа в качестве исходных данных использованы среднемесячные ряды площади ледяного покрова на основе данных Sea Ice Index за 1979/80–2023/24 гг. [Fetterer et al., 2017], ТПВ на высоте 2 м из реанализа ERA5 [Hersbach et al., 2020] и ТПМ OSTIA за 1982–2023 гг. [Donlon et al., 2012].

Наиболее выраженная внутрисезонная сопряжённость ледовитости исследуемых морей проявляется в периоды активного формирования и разрушения ледяного покрова. Частичная корреляция выявила сезонную асимметрию вклада температурного фактора: осенью и в начале зимы сопряжённость ледовых условий сильнее связана с ТПВ над Чукотским морем, а в конце весны и летом – с ТПВ над Беринговым морем. Выявлена межсезонная связь между ледовитостью Берингова моря в мае–июле на фазе разрушения ледяного покрова и формированием ледяного покрова в Чукотском море в начале следующего сезона (сентябрь–ноябрь). ТПМ северо-восточного шельфа Берингова моря в межсезонный период (июль–сентябрь) объясняет часть этой связи, отражая роль теплового состояния тихоокеанских вод, поступающих через Берингов пролив в Чукотское море осенью. Весенне-летняя ледовитость Берингова моря может рассматриваться как потенциальный предиктор условий начального ледообразования в Чукотском море.

Исследование выполнялось и финансировалось в рамках государственных заданий Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (FWWM-2024-0002) и Сахалинского государственного университета (FEFF-2024-0004).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вакульская Н.М., Плотников В.В., Пустошнова В.И. Сопряженность ледовых условий Берингова моря с ледовыми условиями в морях восточного сектора Арктики и тихоокеанского бассейна // Вестник ДВО РАН. 2014. № 5. С. 18-24.

2. Fetterer F., Knowles K., Meier W.N., Savoie M., Windnagel A.K. Sea Ice Index, Version 3 [Data set]. NSIDC, 2017.

3. Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2020. Vol. 146, N 730. P. 1999-2049.

4. Donlon C.J., Martin M., Stark J., Roberts-Jones J., Fiedler E., Wimmer W. The Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA) system // Remote Sensing of Environment. 2012. Vol. 116. P. 140-158.

Динамика моря и вопросы изменения климата

РОЛЬ ШТОРМОВОГО ВОЛНЕНИЯ В АБРАЗИОННО-ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССАХ НА ПОБЕРЕЖЬЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

THE ROLE OF STORM WAVES IN EROSION PROCESSES ON THE COAST OF THE SEA OF AZOV

Н.А. Яицкая, А.А. Магаева, С.А. Мисиров
N.A. Yaitskaya, A.A. Magaeva, S.A. Misirov

Субтропический научный центр РАН, г. Сочи, Россия
Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia
yaitskayan@mail.ru

Прибрежные зоны представляют собой активные и динамичные буферные районы между сушей и водным объектом. Геоморфологические, гидрометеорологические и геологические факторы, взаимодействующие между собой и часто усиливающиеся антропогенной деятельностью в прибрежной зоне, формируют береговую линию и являются причиной ее изменения с разной скоростью в пространстве и времени, которые с годами становятся всё более заметными. Высота берегов Азовского моря варьируется от нескольких метров до 25–30 и 40–50 м, крутизна склонов при этом — от 60 до 90 градусов. Это прежде всего обуславливает большую активность процессов абразии.

Пространственно-временной анализ полученных результатов показал, что наибольшие скорости абразии характерны для восточного побережья Азовского моря, для побережья Таганрогского залива и для участка между косой Бирючий остров и косой Обиточной со скоростями от 0.5 до 2.5 м/год. Наиболее интенсивно отступающие участки: в пределах Таганрогского залива, Весело-Вознесенский (1.5-2.2 м/год), Беглицкий (0.5-1.5 м/год), Глафировский (1.0-2.5 м/год), Должанский и Воронцовский (2.0-3.0 м/год); в пределах восточного побережья Азовского моря, участки Должанский западный (1.5-3.0 м/год), Шиловский (2.0-2.5 м/год), Морозовский (2.0-3.0 м/год). Максимальные значения береговой эрозии отмечены в 2014 году и достигали 6 м. В этот год 24-25 сентября произошел один из наиболее крупных за столетие штормов в Азовском море. Скорость ветра западной составляющей достигала 30 м/с. Максимальная высота волны составила 3.8 м в собственно море, в Таганрогском заливе – 1.0 м (Yaitskaya, 2022; Яицкая, 2017). Максимальная длина волны – 54.4 м, период – 7.3 сек. Продолжительность штормового события с высотой волны более 2.0 м составила 30 часов. За 2014 г. скорость отступания берега составила на северном побережье Таганрогского залива от 5.6 м до 6.2 м, а на южном – от 4.0 м до 5.2 м. В остальных случаях скорость разрушения берегов между районами не имеет синхронной динамики. Выполненный нами анализ массива данных не выявил прямой связи между скоростью разрушения берегов и гидрометеорологическими параметрами Азовского моря. В целом это согласуется с результатами, полученными для арктического региона. Взаимодействие береговой зоны и гидрометеорологических факторов, таких как гидродинамическое воздействие, штормовые нагоны, ледяной покров является сложным процессом, результат которого может проявляться спустя продолжительное время. Для каждого района важно определить ключевые особенности развития опасных геоморфологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yaitskaya N. The Wave Climate of the Sea of Azov // Water. 2022. Vol. 14. P. 555. DOI: 10.3390/w14040555.

2. Яицкая Н.А. Результаты ретроспективного анализа ветрового волнения в Азовском море (на примере зим 2015-2017 гг.) // Наука Юга России. 2017. Т. 13, № 4. С. 60-70. DOI: 10.23885/2500-0640-2017-3-4-60-70.

Живые системы и геологическая среда

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ БОЛЬШАЯ АЛЕКСАНДРОВКА (о. Сахалин)

MERCURY CONTENT IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE BOLSHAYA ALEKSANDROVKA RIVER (SAKHALIN ISLAND)

Ю.А. Антонов, Е.М. Латковская
Y.A. Antonov, E.M. Latkovskaya

Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
yuriy-antonov-2000@mail.ru

Ртуть — приоритетный экотоксикант, способный к дальнему переносу, связыванию с органическим веществом и взвешенными частицами, накоплению в донных отложениях и пищевых цепях и токсическому воздействию на биоту. О. Сахалин является частью Тихоокеанского рудного пояса; р. Большая Александровка протекает по Западной металлогенической зоне, где выявлены рудопроявления ртути и угольные месторождения [1, 2]. Повышенное содержание Hg в угленосных районах связывают с составом углей и эпигенетическим характером связи ртути и угля [3]. Цель работы — оценить пространственно-временную изменчивость содержания общей ртути в донных отложениях р. Большая Александровка и выявить связь с гранулометрическим составом, содержанием общего углерода и азота.

Исследованы донные отложения на трех станциях в ноябре 2021 г., апреле, июле и ноябре 2022 г. и апреле 2023 г. Станции расположены в черте г. Александровска-Сахалинского: ст. 1 (50.893466, 142.154771) — ближе к устью, песок с илом; ст. 2 (50.891006, 142.157268) — наиболее удаленный от устья участок, илистый материал; ст. 3 (50.890859, 142.156036) — промежуточный участок, ил с песком. Общую ртуть определяли атомно-абсорбционным методом на РА-915М с приставкой ПИРО-915+ по ПНД Ф 16.1:2:2.2.80-2013 [4], для анализа использовали фракцию<0,25 мм. C и N определяли в сухих пробах на VELPCN802; C/N рассчитывали по средним значениямC и N. Связи оценивали коэффициентом ранговой корреляции Спирмена.

Содержание Hg варьировало от 0,022 до 0,307 мг/кг сух. массы; среднее — 0,107±0,062 мг/кг, CV=58,3%. Наиболее высокое среднее содержание Hg отмечено на наиболее удаленном от устья участке. Содержание общего C составляло 0,400–4,510% (1,689±1,119%; CV=66,2%), N — 0,0985–0,5113% (0,215±0,113%; CV=52,5%), C/N — 3,09–17,71 (8,04±4,20; CV=52,2%). Среднее содержание ртути во взвешенных наносах рек мира — 0,077 мкг/г [5] или 0,077 мг/кг, что приблизительно в 1,4 раза ниже среднего содержания Hg в донных отложениях р. Большая Александровка.

Для Hg выявлены положительные корреляции с C (r=0,686; p=0,0048) и N (r=0,789; p=0,0005); статистически значимых связей с C/N, фракциями <0,25 мм и <0,1 мм не выявлено. Таким образом, распределение Hg характеризовалось пространственно-временной неоднородностью; наиболее высокие значения отмечены на наиболее удаленном от устья исследованном участке. Наиболее тесные статистические связи установлены с содержанием C и N, тогда как связи с долей мелких фракций не выявлены.

Работа выполнена в рамках Передовой инженерной школы СахГУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рождественский В. С. Ртутное оруденение о-ва Сахалин // Вопросы металлогении ртути (по материалам Сибири и Дальнего Востока). М.: Наука, 1968. С. 209–218.

2. Шило Н.А., Бабкин П.В., Копытин В.И. Металлогения ртути северного сегмента Тихоокеанского рудного пояса. М.: Наука, 1978. 236 с.

3. Arbuzov S.I. et al. Geochemistry and rare-metal potential of coals of the Sakhalin coal basin, Sakhalinisland, Russia // Int. J. Coal Geol. 2023. Vol. 268. 104197. DOI: 10.1016/j.coal.2023.104197.

4. ПНД Ф 16.1:2:2.2.80-2013 (ФР.1.31.2013.16370). Методика измерений массовой доли общей ртути атомно-абсорбционным методом на РА-915М. М., 2013. 21 с.

5. Савенко В.С. Химический состав взвешенных наносов рек мира. М.: ГЕОС, 2006. 174 с.

Живые системы и геологическая среда

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДДЗ В ИЗУЧЕНИИ ПОДВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИЛИВНЫХ ЭКОСИСТЕМ «ГОЛУБОГО УГЛЕРОДА»

EXPERIENCE OF USING REMOTE SENSING IN STUDYING UNDERWATER LANDSCAPES OF TIDAL 'BLUE CARBON' ECOSYSTEMS"

В.В. Афанасьев
V.V. Afanas'ev

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
vvasand@mail.ru

Прибрежные мелководья экологически и экономически значимые зоны, требующие детального изучения и эффективного мониторинга для управления ресурсами, оценки воздействия изменения климата и сохранения биоразнообразия. Рассматривая подводные ландшафты прибрежных зон как неотъемлемую и существенную часть прибрежно-морских биоморфолитосистем в данной работе принято их определение как пространственно ограниченных интегрированных эмерджентных систем, характеризующихся однородностью биотических и абиотических компонентов. Развитие подводных ландшафтов прибрежных зон понимается как последовательное наращивание адаптивных механизмов до предела устойчивости, после чего система либо переходит в иной режим функционирования, либо входит в фазу деградации. Интегрированная методология (UAV/Lowrance для + ROV для детализации и валидации) обеспечивает масштабируемость от 1 до 1000 км² без кратного роста стоимости, высокую точность батиметрии (±0,08 м), классификацию биотопов.Аппаратное обеспечение проведенных исследований, картплоттер, эхолот, гидролокатор бокового обзора (ГЛБО) Lowrance HDS 9 PRO в комплекте с встроенной 12-канальной GPS антенной и датчиком Active Imaging HD. Эхолотная съемка и съемка ГБО велась сеткой галсов вдоль береговой линии со средним межгалсовым расстоянием 50 м. Подводная видеосъемка выполнялась при помощи подводного дрона марки Chasing P200PRO с 2 камерами. Обработка данных – ПО ReefMaster и QuantumGIS. Выделенные по сонограмме типы ландшафтов уточнены подводной видеосъемкой от 21.08.2025 г.Район исследования расположен в акватории северной части залива Анива и по сути является подводным продолжением территории водно-болотного эксперимента Сахалинского университета. Участок находится в пределах изобат 2–6 м, в зоне дельты пролива криптолагуны, что определяет особенности осадконакопления, гидро- и морфолитодинамики. На данном этапе исследования тип ландшафтной зоны определялся, главным образом, по характеру субстрата, особенностями растительного покрова, а также глубиной и морфолитодинамическим режимом. Методология показала устойчивые перспективы использования для детальных ландшафтных исследований и возможности масштабирования. При этом ключевым фактором формирования и эволюции ландшафтов прибрежного мелководья представляетсяморфолитодинамика - система взаимосвязанных процессов формирования и изменения рельефа, перемещения и диагенеза осадков. Биогеоморфологическая интерпретация сезонности макрофитов, динамических свойств субстрата в различных гидродинамических условиях (сдвиг - движение-аккумуляция), расширенный анализ типов ландшафтов на других участках, а также изменения донных экосистем в результате техногенной и климатически обусловленной перестройки находятся в процессе подготовки к следующим публикациям.

Живые системы и геологическая среда

ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ БИОМОРФОЛИТОСИСТЕМ СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ И НОВОЕ ОКНО ВОЗМОЖНОСТЕЙ - СОВПАДЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО ТРЕНДА И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО СПРОСА

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF COASTAL-MARINE BIOMORPHOLITHOSYSTEMS OF THE NORTH PACIFIC AND A NEW WINDOW OF OPPORTUNITY: THE CONVERGENCE OF THE CLIMATIC TREND AND INSTITUTIONAL DEMAND

В.В. Афанасьев[1], А.Б. Фаустова[2]
V.V. Afanas'ev[1], A.B. Faustova[2]

[1]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Сахалинский государственный университет
[2]Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
vvasand@mail.ru

Климатические изменения и эволюционно-адаптивные тренды в Арктике и Субарктике проявляются не только в разрушении высокольдистых берегов, но и реализуются через новый цикл прибрежно-морской аккумуляции. Что выражается в росте бюджета наносов, включая поступление аллохтонной органики, образовании новых низких морских террас, расширении площади и повышении роли барьерных и иных аккумулятивных форм, а также в усложнении лагунных систем. Другими словами, климатическая и морфодинамическая перестройка создаёт не только риски, но и новые возможности. Возникают дополнительные пространства для накопления органического углерода и формируются новые наборы местообитаний, то есть новые «климатические ниши», структура которых определяется сочетанием лимитирующих факторов среды. Важно, что палинологические данные свидетельствуют о том, что часть «инвазивных» видов таковыми не являются. Это, своего рода репатрианты, возвращающиеся в восстановленные ниши, что соответствует эволюционной логике. Таким образом, прибрежно-морские геосистемы Арктики и Субарктики - самоорганизующиеся эволюционные системы, проходящие через закономерные фазы адаптации, кризиса и перестройки. Климатические и антропогенные изменения изменяют вероятности различных траекторий её развития. Управление должно быть направлено не на подавление природных трендов, а на выбор и поддержку наиболее устойчивых и социально приемлемых сценариев. Наиболее эффективным инструментом такого управления становятся природоподобные решения, в том числе сохранение, восстановление и направленное формирование прибрежно-морских биоморфолитосистем. Они одновременно выступают как средство стабилизации береговых геосистем, как механизм секвестрации углерода и как база для развития природно-климатической деятельности. Именно поэтому обоснованной выглядит перспектива управляемого формирования прибрежно-морских рефугиумов и создания «голубых карбоновых ферм». В логике эволюционно-адаптивного управления это не искусственная надстройка над природной системой, а способ использовать уже формирующиеся тенденции нового аккумулятивного цикла, усиливая их в нужном направлении. Совпадение климатического тренда и институционального спроса создает новое окно возможностей для развития потенциала Арктики и Субарктики, поддерживает переход от модели компенсации ущерба к модели управляемой коэволюции природных и антропогенных систем, где устойчивость достигается через точное понимание закономерностей морфодиагенеза, сценарное планирование и использование климатически эффективных природных механизмов.

Живые системы и геологическая среда

СИНТЕТИЧЕСКИЕ МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА (SynCom) КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО СТРЕССА

SYNTHETIC MICROBIAL COMMUNITIES (SynCom) AS A TOOL FOR INCREASING THE ADAPTIVE POTENTIAL OF PLANTS UNDER ANTHROPOGENIC STRESS

С.А. Бурсаков
S.A. Bursakov

Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ), г. Москва, Россия
All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology (ARRIAB), Moscow, Russia
sergeymoscu@gmail.com

Антропогенное воздействие на геологическую среду, выражающееся в изменении климата, в загрязнении почв, их засолении и иссушении создает серьезные стрессовые условия для живых организмов. В ответ на это у растений и почвенных микробиомов формируются сложные адаптивные стратегии. Однако, естественные механизмы адаптации часто недостаточны или слишком медленны в условиях быстро нарастающего антропогенного пресса.

Перспективным подходом для усиления адаптивного потенциала экосистем является использование синтетических микробных сообществ (SynCom), представляющих собой искусственно сконструированные консорциумы микроорганизмов, которые объединяют взаимодополняющие функции для решения конкретных экологических задач. Благодаря целенаправленному подбору функциональных признаков (продукции фитогормонов, растворении фосфатов, фиксации азота и др.), созданные SynCom способны к синергетическому взаимодействию, что повышает устойчивость всей ассоциации.

В рамках современных исследований разрабатываются подходы к конструированию SynCom, нацеленных на повышение продуктивности растений в стрессовых условиях (засуха, засоление), биоремедиацию загрязненных почв, в том числе через активацию циклов углерода и питательных веществ, а также подавление фитопатогенов, усиливающих стрессовое воздействие на растения в условиях геологической нестабильности. Для этих целей основным аспектом является изучение адаптивных стратегий, лежащих в основе эффективности SynCom, исследование того, как изменение состава сообщества и внешних условий (влажность, pH, наличие поллютантов) влияет на его функциональность и стабильность. Для этого применяются методы мульти-омиксного анализа и метаболического моделирования, позволяющие предсказывать взаимодействия между членами сообщества и оптимизировать его дизайн.

Таким образом, целенаправленное конструирование SynCom является эффективной стратегией не только для повышения устойчивости сельскохозяйственных культур, но и для восстановления нарушенных экосистем. Данный подход открывает новые возможности для управления адаптивными процессами в биосфере, смягчая негативные последствия антропогенного воздействия на геологическую среду.

Живые системы и геологическая среда

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ПОСТВУЛКАНИЧЕСКОМ ЛАНДШАФТЕ ТЯТЯ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК

ASSESSMENT OF SPATIO-TEMPORAL PATTERNS OF VEGETATION RECOVERY IN THE POST-VOLCANIC LANDSCAPE OF TYATYA FROM SATELLITE IMAGERY

А.А. Верхотуров
A.A. Verkhoturov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
ussr-91@mail.ru

Вулканические извержения вызывают кардинальные изменения экосистем, и понимание закономерностей их восстановления критически важно для оценки вулканических рисков и рационального природопользования [Мелкий, 2020]. Объектом исследования послужил юго-восточный склон вулкана Тятя (о. Кунашир, Курильские острова), где в 1973 г. произошло эксплозивное извержение. Методика включала отбор и подготовку спутниковых сцен, расчёт NDVI и геопространственный анализ [Мелкий и др., 2021]. Верификация выполнена по полевым геоботаническим и геоморфологическим данным, включая измерения мощности тефры [Белоусов и др., 2017].

Показано, что NDVI адекватно отражает проективное покрытие растительностью (граничные значения: >0,5 – сомкнутый покров; 0,1–0,5 – фрагментарный; <0,1 – лишённые растительности участки). Установлено, что восстановление проходило четыре стадии: 1) 1973–1982 гг. – незначительная динамика, средний NDVI около 0,24; 2) 1982–1986 гг. – резкий рост значений NDVI до 0,53; 3) 1986–2005 гг. – плавное повышение до 0,59–0,60; 4) с 2005 г. по 2024 – стабилизация средних значений NDVI в диапазоне 0,64–0,72, что свидетельствует о завершении активной колонизации на участках с мощностью тефры до 40 см. Пространственный анализ выявил зональность восстановления, обусловленную микрорельефом. Наиболее благоприятные условия отмечены на дне кратера Отважный и на пологих склонах (5–15°) – здесь формируются первичные почвы и появляется древесная растительность. На крутых южных склонах (20–35°) и в ложбинах временных водотоков процессы замедлены из-за эрозии, дефицита влаги и органики.

Работа демонстрирует высокую информативность данных ДЗЗ для мониторинга поствулканических сукцессий. Полученные результаты могут быть использованы для зонирования территорий по степени вулканической опасности, планирования восстановительных мероприятий и долгосрочного прогнозирования последствий извержений [Верхотуров, 2025].

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов А.Б., Белоусова М.Г., Козлов Д.Н. Распространение отложений тефры и реконструкция параметров эксплозивного извержения вулкана Тятя 1973 г. // Вулканология и сейсмология. 2017. № 4. С. 48-56.

2. Верхотуров А.А. Научные принципы зонирования и мониторинга земель в районах активного вулканизма // Природные процессы и катастрофы: изучение и адаптация: тез. докл. VII Молодежной науч. конф.-школы. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2025. С. 11-12.

3. Мелкий В.А., Братков В.В., Долгополов Д.В. Динамика вулканогенных ландшафтов острова Кунашир (Курильские острова) // Мониторинг. Наука и технологии. 2020. Т. 44, № 2. С. 31-41.

4. Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Братков В.В. Оценка воздействия эксплозивных извержений вулкана Тятя (о. Кунашир, Курильские острова) на растительный покров по данным дистанционного зондирования Земли // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2021. Т. 65, № 2. С. 184-193.

Живые системы и геологическая среда

ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА (О. МАТУА, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА) НА МАКРОПРИЗНАКИ СТВОЛОВ ОЛЬХИ КУСТАРНИКОВОЙ

INFLUENCE OF THE ACTIVITY OF THE SARYCHEV PEAK VOLCANO (MATUA ISLAND, KURIL ISLANDS) ON MACRO-SIGNS OF SHRUB ALDER TRUNKS

И.И. Власова, А.В. Копанина
I.I. Vlasova, A.V. Kopanina

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Цель исследования: оценить влияние извержения вулкана Пик Сарычева (2009 г.) на формирование годичных слоёв древесины Ольховника кустарникового (Alnusalnobetulasubsp. fruticosa) на острове Матуа и роль комплекса природных факторов (высота над уровнем моря, удалённость от моря, вулканическая активность) в изменении макропризнаков стволовой части растения.

Остров Матуа — природная экспериментальная лаборатория, позволяющая наблюдать процессы, моделирующие ранние этапы формирования планеты в условиях вулканической активности. В работе изучено влияние извержения вулкана Пик Сарычева на макропризнаки стволовой части Ольховника кустарникового. В работе исследованы последствия извержения вулкана Пик Сарычева и их воздействие на экологическую обстановку. В качестве модельного объекта использовано изменение макропризнаков стволовой части Ольховника кустарникового (*Alnusalnobetula*subsp. *fruticosa* = *Duschekiafruticosa* (Rupr.) Pouzar; *Alnusfruticosa*Rupr.), представителя рода *Alnus* семейства Betulaceae.

Полевой материал собран в июне 2017 года в приморских и вулканических ландшафтах острова; точки отбора учитывали влияние комплекса факторов (близость к морю, высота над уровнем моря и др.).

Анализ не выявил чёткой зависимости состояния растений от близости к вулкану — вероятно, из-за небольших размеров острова, где интенсивность факторов сопоставима в любой точке. Для выделения влияния вулканизма нужно увеличить число точек отбора по транссектам. Перспективно также изучение микроскопических признаков растения.

Вместе с тем удалось зафиксировать прямое влияние мощного извержения вулкана Пик Сарычева в 2009 году на формирование годичных слоёв в древесине стволов Ольховника — в частности, аномальные годичные приросты. Подобные изменения были отмечены во всех исследованных образцах, хотя выражались по-разному. Так, в образце из бухты Двойная наблюдалось формирование ложных колец и последующее сужение годичных колец. У образца с верхней точки лахара (675 м над уровнем моря) в течение нескольких лет после извержения формировались узкие годичные слои. В образцах с мыса Клюв зафиксировано чередование узких и широких колец: до извержения (в предшествующие годы) отмечались широкие годичные слои, а в период 2009–2017 годов — преимущественно узкие.

Выражаем благодарность научному сотруднику лаборатории вулканологии и вулканоопасности Института морской геологии и геофизики (ИМГиГ) ДВО РАН за предоставление собранных им образцов Ольховника.

ЛИТЕРАТУРА

1. База данных семенных растений, основанной Королевским ботаническим садом // URL: https://powo.science.kew.org/ (дата обращения: 15.02.2026).

Живые системы и геологическая среда

ВЛИЯНИЕ ОПОЛЗНЕПРОЯВЛЕНИЙ НА СИСТЕМУ РАССЕЛЕНИЯ В ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

IMPACT OF LANDSLIDES ON THE SETTLEMENT SYSTEM IN THE CHECHEN REPUBLIC

Р.А. Гакаев[1,2], А.Н. Гуня[2]
R.A. Gakaev[1,2], A.N. Gunya[2]

[1]Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, г. Грозный, Россия
[1]A.A. Kadyrov Chechen State University, Grozny, Russia

[2]Институт географии Российской академии наук, г. Москва, Россия
[2]Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
rustam.geofak@yandex.ru

Оползнепроявление в Чеченской Республике тесно связано с хозяйственной дея-тельностью человека. Однако и оползнепроявление играет большую роль в трансфор-мации землепользования и расселения. Отмечается несколько волн переселения ава-рийных хозяйств на равнину. В советское время это выполнялось по директивам, оценка оползнеопасных участков проходила детальную экспертизу. Переселение наблюдалось в период активизации оползневой опасности в 1970-е и, особенно, в 1980-гг., 2025 г. и в 2026 г. В период конца 1980-х гг., когда наблюдалось широкое распространение оползнепроявления на территории Чечни (Чечено-Ингушской АССР), возникла социаль-ная напряженность, в некоторых районах даже неконтролируемое переселение. Пересе-лением был затронут ряд населенных пунктов Ножай-Юртовского и Веденского районов. При катастрофической оползневой активизации в весенний и летний период 1989 г. в той или иной мере пострадало 85 населенных пунктов ЧИАССР, в том числе 47 населенных пунктов из Ножай-Юртовского района, 25 – из Веденского и 9 – из Шатойского. При этом было разрушено более 560 жилых строений, 37 зданий административного и социально-культурного назначения; значительное количество зданий оказалось в опасной зоне [Даукаев и др., 2025].

В 2000-е гг. были налажены контроль и система предупреждения стихийно-разрушительных процессов. Вследствие этого количественные характеристики и мас-штабы переселения стали известны для широкого круга экспертов. Так, в 2003 г. в селе-нии Зандак введен режим чрезвычайной ситуации. Оползни разрушили 50 домовладе-ний. В мае 2006 г. оползнепроявления затронули селение Малые Шуани, где было раз-рушено около 70 домов. В следующем 2007 г. произошла активизация оползней, в этом селении были затронуты почти все дома.

Оползни стали фиксироваться не только в низкогорьях, но и в среднегорной зоне. Так, в 2007 г. в селениях Бугарой и Кокадой оползнями были затронуты 26 домохозяйств. А в следующем 2008 г. сошли мощные оползни в селении Урдюхой (разрушено 5 домов и инфраструктура), Памятой (3 дома и инфраструктура). Верхний Дай (дорога), А. Шерипо-ва (дорога).

В 2026 оползневые явления коснулись Ножай-Юртовского, Веденского, Шатойско-го, Итум-Калинского и Курчалоевского районов в результате которых переселено более 150 семей. Оползнепроявления играет важную роль в трансформации землепользования и расселения. Отмечается несколько волн переселения на равнину, связанных с риска-ми оползнепроявлений: 1970-е, 1980-гг. и в настоящее время. На равнинах создан ряд селений-двойников, их численность уже намного превышает численность оставленных горных сел.

ЛИТЕРАТУРА

1. Урбанизация и геоэкологические проблемы: история и современность (на примере Че-ченской Республики) / А. А. Даукаев, Р. Х. Дадашев, Л. С. Гацаева, Р. А. Гакаев // Изве-стия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2025. – Т. 19, № 3. – С. 51-60. – DOI 10.31161/1995-0675-2025-19-3-51-60.

Живые системы и геологическая среда

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПОЛЗНЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ГОРНОЙ ЧАСТИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

DISTRIBUTION OF LANDSLIDES IN VARIOUS LAND COVER TYPES IN THE MOUNTAINS OF THE CHECHEN REPUBLIC

Р.А. Гакаев[1,2], А.Н. Гуня[2]
R.A. Gakaev[1,2], A.N. Gunya[2]

[1]Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, г. Грозный, Россия
[1]A.A. Kadyrov Chechen State University, Grozny, Russia

[2]Институт географии Российской академии наук, г. Москва, Россия
[2]Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
rustam.geofak@yandex.ru

Территория Чеченской Республики характеризуется сложной дифференциацией растительного покрова, имеющего высотно-зональный характер: растительность меняется от полупустынно-степных сообществ на севере к степным, лесостепным, горно-лесным и горно-луговым на юге. Используя карты растительности и ландшафтов, а также данных дистанционного зондирования и полевого ландшафтного профилирования, создана упрощенная схема основных типов растительного покрова, которая служит «подложкой» для анализа распространения оползней. Заметно, в первую очередь, крайне неравномерное распределение оползней по типам растительного покрова [Гакаев, 2024].

На территории Чеченской Республики наибольшее количество оползней приурочено к горной зоне. Это в основном вторичные послелесные сообщества, занятые лесолуговыми или окультуренными фитоценозами. На втором месте следуют лесные сообщества, близкие к естественным, и в меньшей степени – луговые, лугово-степные и степные.

Основное количество оползней приурочено к высокогорным, преимущественно мелколиственным лесам и лесолуговым участкам, а также горным лугам. Следует отметить, что в основном речь идет о вторичных лесах на месте хвойно-мелколиственных, которые были сведены в результате долговременной хозяйственной деятельности. Поэтому корреляция интенсивности оползневой деятельности с распространением высокогорных лесов и лугов представляется опосредствованной. Основную роль играет хозяйственная деятельность, спровоцировавшая оползневые процессы в результате сведения первичных лесов и деградации лугов в результате пастбищной нагрузки [Гуня и др., 2024].

На крупномасштабном уровне картина приуроченности оползней к разным растительным формациям более сложная.

Антропогенная деятельность приводит часто к нарушению и дефрагментации растительного покрова, что ведет к ослаблению устойчивости склонов. За счет вырубки лесов и кустарников почвенный покров подвергается эрозии, на нем нарушается водный режим. Вытаптывание и другие формы антропогенной деградации растительного покрова приводят к возникновению ареалов неустойчивости, нарушению сомкнутости почвенно-растительного покрова и возникновению оползневых очагов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гакаев Р.А. Горно-луговые ландшафты Чеченской Республики и особенности их распространения // Ландшафтная география в XXI веке : Материалы Международной научной конференции, Симферополь, 11–14 сентября 2018 года / Под редакцией Е.А. Позаченюк. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2018. – С. 149-151.

2. Гуня А. Н. Ландшафтный подход к изучению оползней (на примере горной территории Чеченской Республики) / А. Н. Гуня, Р. А. Гакаев // Проблемы региональной экологии. – 2024. – № 1. – С. 64-73. – DOI 10.24412/1728-323X-2024-1-64-73.

Живые системы и геологическая среда

ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES FOR RECOGNITION OF GRAPHIC IMAGES OF TECHNOGENICALLY DISTURBED LANDSCAPES

А.Ю. Гололобов[1], А.Г. Гололобова[2]
A.Yu. Gololobov[1], A.G. Gololobova[2]

[1]Институт космофизических исследований и аэрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН, г. Якутск, Россия
[1]Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy of SB RAS, Yakutsk, Russia

[2]Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, Россия
[2]Diamond and Precious Metal Geology Institute of RAS, Yakutsk, Russia
golart87@gmail.com, nuta0687@mail.ru

Горно-добывающая промышленность играет одну из ключевых ролей в развитии государства, воздействуя на экономические, экологические и социальные изменения. Крупномасштабные работы по добыче и переработке полезных ископаемых меняют рельеф местности с образованием техногенно-нарушенных земель, которые в результате деградации выходят из хозяйственного использования и оказывают негативное воздействие на компоненты окружающей среды [Петрова и др., 2021]. При добыче полезных ископаемых широко используется открытый способ, при котором осуществляется вынос на поверхность земли значительных объёмов вскрышных пород. В результате образуются значительные по объему отвалы горно-добывающей промышленности [Кулагин, 2010]. В связи с чем, возникает необходимость определения территорий техногенно-нарушенных земель, а также количества и площади созданных объектов горнопромышленных ландшафтов.

В работе представлены результаты численных экспериментов по решению задач идентификации техногенно-нарушенных земель на примере промышленных зон Тарынского рудно-россыпного узла. Исследование проводилось при помощи разработанной прикладной компьютерной программы, реализующей сверточную нейронную сеть, позволяющую с высоким уровнем точности выявить техногенно-нарушенные земели по спутниковым изображениям. Обучение нейронной сети осуществляется на основе подготовленного набора тренировочных данных. Обсуждаются возможности применения машинного обучения в задаче идентификации техногенно-нарушенных земель.

Работа выполнена в рамках выполнения проекта по гранту РНФ №26-17-20006.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрова Т.А., Рудзиш Э. Рекультивация техногенно-нарушенных земель с применением осадков сточных вод в качестве мелиорантов // Записки Горного института. 2021. Т. 251. С. 767-776.

2. Кулагин А.Ю. Техногенная трансформация ландшафтов при добыче полезных ископаемых и лесная рекультивация как способ оптимизации состояния окружающей среды // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 2(26). С. 219-220.

Живые системы и геологическая среда

ОЦЕНКА РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И РАСТЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В УСЛОВИЯХ РАЗРАБОТКИ КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ (ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ, РОССИЯ)

ASSESSMENT OF THE RISK OF SOIL AND PLANT CONTAMINATION BY POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN THE PRIMARY DIAMOND DEPOSIT DEVELOPMENT CONDITIONS (WESTERN YAKUTIA, RUSSIA)

А.Г. Гололобова
A.G. Gololobova

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, Россия
Diamond and precious metal geology institute of SB RAS, Yakutsk, Russia
nuta0687@mail.ru

Специфика промышленного производства способствует поступлению в окружающую среду широкого спектра химических веществ техногенного происхождения, в первую очередь, потенциально токсичных элементов, которые относятся к группам наиболее опасных загрязнителей, оказывающих необратимые последствия на состояние компонентов природной среды даже в низких концентрациях. Наиболее сильно техногенное воздействие на природную среду проявляется в зонах импактного воздействия, формирующихся на территориях около промышленных объектов, которые по интенсивности и площади загрязнения представляют техногенные педогеохимические и биогеохимические аномалии широкого круга химических элементов [Власов и др., 2016; Головатый и др., 2018].

Настоящее исследование направлено на комплексную оценку уровней загрязнения почв и растительного покрова ПТЭ в импактной зоне техногенного воздействия алмазодобывающей промышленности, а именно Удачнинского горно-обогатительного комбината (УГОК), расположенного на территории Далдынского кимберлитового поля (Западная Якутия, Россия). Для этого предлагается использовать следующие методы и подходы: анализ коэффициента загрязнения (*PI*), геоаккумуляционный индекс (I_{geo}), индекс нагрузки загрязнения (*PLI*), суммарный показатель загрязнения (Z_c), индекс Немерова (*INI*), индекс экологического риска (*ER*) и индекс потенциального экологического риска (*RI*).

В качестве объекта исследования выбраны доминирующие типы почв – криоземы, и листья *Betula middendorffii T.*, поскольку данный вид преобладает на всех участках исследования. Отбор проб листьев проводился параллельно в тех же точках наблюдения, что и почвы. Определение содержания подвижных форм ПТЭ (Pb, Ni, Mn, Cd, Co, Cr, Zn, Cu, и As) выполнено при кислотной экстракции смесью 1N HNO_3 методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе МГА-1000 ГК Люмэкс (Санкт-Петербург, Россия).

Проведенные исследования на территории промплощадки УГОКа выявили формирование устойчивых педо- и биогеохимических аномалий, которые отличаются полиэлементным составом и повышенным накоплением ПТЭ. Локальные ореолы загрязнения с более высоким содержанием и более широкой ассоциацией элементов отмечены на участках воздействия отвала трубки «Удачный» и «Зарница», хвостохранилища №2 и зоны выхода высокоминерализованных вод.

Работа выполнена в рамках проекта госзадания Минобразования РФ FUFG-2024-0007.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов Д.В., Касимов Н.С. Геохимические аномалии металлов и металлоидов в компонентах ландшафтов в Восточной части Москвы: парагенезисы элементов и типология // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2016. № 3. С. 50-57.

2. Головатый С.Е., Савченко С.В., Самусик Е.А. Формирование педогеохимических аномалий в зонах воздействия промышленных предприятий // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. 2018. № 3. С. 94-103.

Живые системы и геологическая среда

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПОЛУОСТРОВА КРИЛЬОН (О. САХАЛИН, РОССИЯ)

BIODIVERSITY OF EPIPHYTIC LICHENS OF SOUTHEASTERN PART OF KRILYON PENINSULA (SAKHALIN ISLAND, RUSSIA)

А.К. Ежкин
A.K. Ezhkin

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
a.ezhkin@imgg.ru

Юго-восточная часть полуострова Крильон является одной из наименее изученных территорий Сахалинской области в отношении эпифитных лишайников. По результатам исследований, проведенных в долинах рек Водопадная, Анастасия и ряда безымянных ручьев в районе мыса Анастасия в мае 2026 года, было собрано не менее 600 образцов и выявлено 94 вида, что составляет примерно половину от всего предполагаемого биоразнообразия лишайников лесных экосистем данного района. Ранее для этой территории уже было отмечено 58 видов лишайников, из них четыре вида, внесенные в Красную книгу Сахалинской области и четыре вида в Красную книгу Российской Федерации (Гордеев и др., 2024). В эпифитном покрове темнохвойных участков района исследования доминируют лишайники из родов *Brigantiaea*, *Cetrelia*, *Hypogymnia*, *Lecanora*, *Menegazzia*, *Parmelia*, *Pertusaria*, *Platismatia*, *Pyrenula*, *Thelotrema* и *Usnea*. В каменных березняках доминируют представители родов *Buellia*, *Lecanora* и *Parmelia*. В долинных лесах с участием лиственных видов деревьев – *Caloplaca*, *Collema*, *Leptogium, Nephroma*, *Parmelia*, *Phaeophyscia u Physconia.* В старовозрастных участках, обнаруженных в верховьях реки Водопадная, отмечена высокая концентрация охраняемых видов лишайников, включая ранее не отмеченный для данной территории вид, занесенный в Красную Книгу Сахалинской области – *Anzia japonica* (Tuck.) Müll. со статусом V(2) – уязвимый вид (Чабаненко, 2019). Здесь также отмечено значительное участие редких представителей из родов *Megalospora*, *Ricasolia*, *Heterodermia u Lobaria*, которые формируют эпифитный лишайниковый покров, характерный для Южных Курильских островов.

Работа выполнена в рамках госзадания ИМГиГ ДВО РАН по теме “Наземные растения Сахалина и Курильских островов: внутренняя структура, сообщества и биоразнообразие в условиях раз личной напряженности среды” и Сахалинского государственного университета (FEFF-2026-0010).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев И.И. и др. Комплексная научно-исследовательская экспедиция «Крильон 2023»: первые находки и предварительные результаты // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. 2024. Т. 79, № 1. С. 28-49.

2. Чабаненко С.И. Лишайники. В кн.: Красная книга Сахалинской области: Растения. Кемерово. 2019. С. 251-288.

Живые системы и геологическая среда

СУЛЬФАТРЕДУЦИРУЮЩИЕ БАКТЕРИИ ЯПОНСКОГО МОРЯ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АГЕНТЫ БИОРЕМЕДИАЦИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

SULFATE REDUCING BACTERIA FROM JAPAN SEA AS PROMISING AGENTS FOR BIO-REMEDIATION OF HYDROCARBON POLLUTION

А.И. Еськова
A.I. Eskova

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia
eskova@poi.dvo.ru

В анаэробных морских осадках сульфатредуцирующие бактерии (СРБ) обеспечивают до 50 % минерализации органического углерода и активно участвуют в трансформации углеводородов при разливах и природных просачиваниях [Kleindienst, Knittel, 2020]. СРБ разрушают широкий спектр углеводородов (алканы, непредельные и полициклические ароматические соединения); деструкция инициируется ферментами алкил- и бензилсукцинатсинтазами, гены которых служат молекулярными маркерами активности [Heider, Schühle, 2013]. В синтрофных консорциумах с археями СРБ окисляют короткоцепочечные газообразные алканы, снижая эмиссию метана из донных осадков [Murali и др., 2023]. Основные углеводородокисляющие СРБ относятся к Deltaproteobacteria, однако метагеномные исследования выявляют новые филогенетические линии, потенциально участвующие в деградации углеводородов в глубоководных экосистемах [Еськова и др., 2025]. Биоремедиация на основе СРБ реализуется через стимуляцию аборигенных сообществ или биоаугментацию, но её эффективность зависит от температуры, pH, окислительно-восстановительного потенциала, концентрации сульфатов и биогенных элементов. Дальнейший прогресс требует расширения коллекций культивируемых штаммов и применения методов системной биологии для моделирования процессов биодеградации [Wöhlbrand и др., 2025].

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 25-77-00059.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еськова А.И., Рыжманова Я.В., Трубицын В.Е., Полоник Н.С., Пономарёва А.Л., Щербакова В.А. Desulfosporosinus shakirovi sp. nov., a sulfate-reducing bacterium capable of degrading petroleum hydrocarbons // Microbiology. 2025. Т. 94, № 3. С. 374-383.

2. Kleindienst S., Knittel K. Anaerobic hydrocarbon-degrading sulfate-reducing bacteria at marine gas and oil seeps // Microbial Communities Utilizing Hydrocarbons and Lipids: Members, Metagenomics and Ecophysiology / Ed. T.J. McGenity. Cham: Springer, 2020. P. 21-41.

3. Murali R., Yu H., Speth D., Wu F., Metcalfe K.S., Cremiere A., et al. Physiological potential and evolutionary trajectories of syntrophic sulfate-reducing bacterial partners of anaerobic methanotrophic archaea // PLoS Biology. 2023. Vol. 21, N 9. e3002292.

4. Heider J., Schuhle K. Anaerobic biodegradation of hydrocarbons including methane // The Prokaryotes: Applied Bacteriology and Biotechnology / Ed. E. Rosenberg et al. Berlin: Springer, 2013. P. 605-634.

5. Wolbrand L., Dorries M., Siani R., Medrano-Soto A., Schnaars V., Schumacher J., et al. Key role of Desulfobacteraceae in C/S cycles of marine sediments is based on congeneric catabolic-regulatory networks // Science Advances. 2025. Vol. 11, N 12. eads5631.

Живые системы и геологическая среда

РОЛЬ АБСЦИЗОВОЙ КИСЛОТЫ В ЗАЩИТЕ ПЫЛЬЦЫ *PETUNIA HYBRIDA* E. VILM ОТ УФ-В

THE PROTECTION ROLE OF ABSCISIC ACID FROM UV-B IN *PETUNIA HYBRIDA* E. VILM POLLEN

Е.В. Захарова
E.V. Zakharova

Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, г. Москва, Россия
All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia
zakharova_ekater@mail.ru

Изучение механизмов, лежащих в основе полового размножения растений необходимо в агропромышленном производстве семенных культур, а также для раскрытия фундаментальных принципов межклеточной сигнализации у растений. Поскольку растения ведут прикреплённый образ жизни, они постоянно сталкиваются с различными неблагоприятными абиотическими факторами — засухой, высокими или низкими температурами, ультрафиолетовым излучением и другими стрессами, которые негативно сказываются на их росте, развитии и урожайности.

Абиотические стрессы оказывают влияние на все стадии развития пыльцы: от микроспорогенеза до прорастания и роста пыльцевой трубки. Несмотря на значимость этих процессов, механизмы развития пыльцы в условиях стресса остаются недостаточно изученными. В связи с этим целью настоящего исследования было изучение воздействия УФ-В излучения на прорастание пыльцевых зёрен и рост пыльцевых трубок *Petunia hybrida* и выявление роли АБК как основного стрессового фитогормона в защите от УФ-В.

Облучение пыльцы петунии проводили эритемными лампами ЛЭ-30 с интенсивностью УФ-В 5 Вт/м², варьируя дозу от 1,5 до 18 кДж/м² за счёт времени экспозиции. После облучения пыльцу инкубировали 3 часа при 25 °C в 15-миллилитровых сосудах с 2 мг пыльцы и 2 мл среды (0,3 М сахароза, 1,6 мМ H_3BO_3) или среды с добавление АБК в концентрации 10 мкМ. Оценку результатов проводили каждый час. Процент прорастания определяли по числу проросших зёрен на четырёх случайно выбранных полях микроскопа (*Zeiss Axioplan*, Carl Zeiss, Германия) (n = 200). Длину пыльцевых трубок измеряли с помощью программы *AxioVision 4.8*.

В ходе эксперимента было установлено, что УФ-В излучение оказывало влияние на прорастание пыльцы только при условии её равномерного распределения в один слой. В противном случае воздействию подвергались лишь зёрна, расположенные на поверхности. По мере увеличения экспозиции наблюдалось постепенное угнетение прорастания пальцы. Критической дозой облучения для монослоя пыльцы петунии оказалась доза 5 кДж (45 минут), после которой прорастания не наблюдалось. Обработка АБК в концентрации 10 мкМ снимала губительное действие ультрафиолета на всех исследуемых дозах облучения.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема FGUM-2025-0003.

Живые системы и геологическая среда

ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ПОЛУОСТРОВА КРИЛЬОН: КОМПЛЕКСНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ И АДАПТАЦИИ

FOREST ECOSYSTEMS OF THE CRILLON PENINSULA: INTEGRATED APPROACHES TO ASSESSING RESILIENCE AND ADAPTATION

А.В. Копанина
A.V. Kopanina

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск
Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
anna_kopanina@mail.ru

Полуостров Крильон представляет одну из наиболее интересных модельных территорий юга Сахалина для комплексного изучения лесных экосистем. Его положение в области перехода между бореальными и неморальными хвойно-широколиственными лесами сочетается с выраженной неоднородностью горного рельефа, океаническим влиянием и разнообразием растительных сообществ. Это определяет Крильон как перспективный полигон для изучения не только биоразнообразия, но и механизмов устойчивости островных лесных экосистем.

Предлагаемый подход основан на объединении нескольких уровней исследования – от растительного сообщества до отдельного дерева и его тканей. Флористическая и геоботаническая характеристика территории дополняется анализом лесообразующих видов, их индивидуального роста, структуры транспортных и покровных тканей, деятельности вторичных меристем, элементного состава и взаимодействия с эпифитными организмами. Особое значение имеет построение онтогенетических рядов, позволяющих разграничивать закономерные возрастные изменения и реакции растений на условия среды. Таким образом, устойчивость рассматривается не как отдельный признак, а как результат взаимодействия процессов, проявляющихся на разных уровнях организации лесной экосистемы.

Методической основой этого направления служат многолетние исследования древесных растений Сахалина, Курильских островов и Камчатки в вулканических и грязевулканических ландшафтах, развиваемых в лаборатории экологии растений и геоэкологии ИМГиГ ДВО РАН. Такие территории создают природные модельные системы длительного многофакторного воздействия, включающего геохимические аномалии, водный стресс, газогидротермальные, температурные и механические факторы. Исследования одного из лесообразователей Дальнего Востока – каменной березы и других древесных растений показали, что долговременная реакция затрагивает траектории роста, организацию транспорта углерода, деятельность камбия и феллогена, биоминерализацию и элементный состав древесины и коры.

Перенос разработанного подхода на лесные экосистемы Крильона позволит сопоставить структурно-функциональные характеристики основных лесообразующих видов с составом и структурой сообществ и локальными условиями среды. Особый интерес представляет выявление признаков, характеризующих диапазон пластичности древесных растений, и разграничение устойчивых адаптивных стратегий и структурных нарушений. Сочетание данных о биоразнообразии, индивидуальном росте и многолетней структуре деревьев создает основу для оценки устойчивости лесных экосистем юга Сахалина и их потенциальной уязвимости в условиях меняющейся среды.

Живые системы и геологическая среда

ТРАНСФОРМАЦИЯ КОРЫ И ЭПИФИТНЫЕ ЛИШАЙНИКИ: ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ И ЭКОСИСТЕМНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

BARK TRANSFORMATION AND EPIPHYTIC LICHENS:
FUNCTIONAL ASPECTS AND ECOSYSTEM SIGNIFICANCE

А.В. Копанина
A.V. Kopanina

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
anna_kopanina@mail.ru

Кора древесных растений – эволюционно сформированная и онтогенетически изменяющаяся многофункциональная система тканей, особенности которой определяются видоспецифичной программой развития, длительной адаптацией к условиям среды и фенотипической пластичностью. Деятельность феллогена, дилатация и склерификация периферических тканей, формирование перидермы и ритидома создают наружную поверхность с определенными микрорельефом, устойчивостью, характером слущивания и физико-химическими свойствами. В экологии эпифитных лишайников показана важная роль pH, влагоудержания, шероховатости, трещиноватости и стабильности коры. Однако эти характеристики обычно рассматриваются как самостоятельные свойства субстрата, без учета их структурно-функционального и онтогенетического происхождения у древесного растения. В результате остается недостаточно раскрытым, как конкретная организация периферии коры формирует свойства поверхности, значимые для заселения и существования лишайников.

Онтогенез дерева сопровождается последовательной трансформацией коры и, следовательно, изменением свойств эпифитного субстрата. Поэтому связь возраста с богатством лишайников нельзя объяснять только продолжительностью колонизации: с возрастом меняются строение перидермы и/или ритидома и следовательно трещиноватость, стабильность поверхности и пространственная неоднородность поверхности коры. Еще менее изучена обратная связь между эпифитом и корой. Гифы и метаболиты лишайников способны вызывать дезинтеграцию наружных слоев, что ставит вопрос о возможном участии эпифитов в дальнейшей трансформации коры, включая формирование и отторжение фрагментов ритидома. Таким образом, систему «дерево–эпифит» следует рассматривать как потенциально двустороннее структурно-функциональное взаимодействие, механизмы которого остаются практически не раскрытыми.

Перспективен переход от оценки видового богатства к анализу функциональной структуры лихенобиоты. Различия по форме таллома, типу фотобионта и стратегиям размножения определяют неодинаковые требования к стабильности, влажности и микрорельефу коры; следовательно, ее структура и трансформация могут выступать фактором функционального отбора эпифитов.

Для Сахалина и Курильских островов эта проблематика особенно значима благодаря разнообразию лесных формаций и контрастных горных, долинных, пойменных, вулканических и грязевулканических ландшафтов. При наличии значительного массива данных по анатомии коры и эпифитной лихенобиоте их интеграция практически не проводилась. Предлагаемый нами подход позволяет перейти от описания форофитных предпочтений к выяснению механизмов формирования эпифитных микроместообитаний и роли разнообразия коровых субстратов в поддержании биоразнообразия лесных экосистем региона.

Живые системы и геологическая среда

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ОПАСНЫХ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОЛИНАХ РЕК ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ РЕК ГЕЙЗЕРНОЙ И ШУМНОЙ, ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

GEOMORPHOLOGICAL FORECAST OF DANGEROUS SLOPE PROCESSES IN THE RIVER VALLEYS OF VOLCANIC REGIONS (THE SHUMNAYA AND GEYSERNAYA RIVER VALLEYS ARE CASE STUDIES)

А.В. Котенков[1,2], С.В. Харченко[1,2], Е.В. Лебедева[1]
A.V. Kotenkov[1,2], S.V. Kharchenko[1,2], E.V. Lebedeva[1]

[1]Институт географии РАН, г. Москва, Россия,
[1]Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

[2]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
[2]Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
avkotenkov@yandex.ru

На востоке Узон-Гейзерной депрессии в долине р. Гейзерной за последние 40 лет произошло три крупных склоновых события (>10 тыс. м^2), изменивших облик долины и угрожавших инфраструктуре Кроноцкого заповедника [Сугробов и др., 2009]. В долине р. Шумной со схожим строением, но без газогидротерм следов крупных смещений не выявлено [Lebedevaetal., 2025]. Для количественного прогноза склоновых явлений и оценки влияния гидротермального фактора нами использован подход landslidesusceptibilitymodeling (LSM) [Reichenbachetal., 2018] на базе алгоритма RandomForest [Breimanetal., 2001]. Для обучения модели проведена инвентаризация очагов зарождения оползней: 44 в долине р. Гейзерной и 7 в долине р. Шумной. Предикторы разделены на три группы: эндогенные, морфологические и гидролого-морфологические. Моделирование велось в программе RStudio 2026.08.0-187. Точность прогноза составила 88,5% для р. Гейзерной и 95,9% для р. Шумной. С наиболее высокой вероятностью крупные оползни глубокого заложения (>20 м) произойдут в прибровочной части левого борта долины р. Гейзерной на контакте экструзивных пород и вулканогенно-озёрных отложений вдоль кольцевого разлома края депрессии и на участках температурных аномалий > 5˚С. Приповерхностные небольшие оползни (<20 м) сойдут на правом борту внутри вулканогенно-озёрных толщ при значительном влиянии экзогенных факторов, а также положительных температурных аномалий > 1−2˚С. В долине р. Шумной склоновые события наиболее вероятны лишь в прибровочной части обоих бортов между плато Круглым и Широким.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сугробов В.М., Сугробова Н.Г., Дрознин В.А. и др. Жемчужина Камчатки - Долина Гейзеров. Научно-популярный очерк, путеводитель. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2009. 108 с.

2. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. 2001. Vol. 45, N 1. P. 5-32.

3. Lebedeva E.V., Baldina E.A., Chernomorets S.S. et al. Slope mass movements and debris flow formation in the Geysernaya River valley (Kamchatka, Russia) // Geomorphology. 2025. Vol. 491. P. 110029.

4. Reichenbach P., Rossi M., Malamud B.D., et al. A review of statistically-based landslide susceptibility models // Earth-Science Reviews. 2018. N 180. P. 60-91.

Живые системы и геологическая среда

СИНТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГОРНО-ТАЕЖНОГО ВЫСОТНО-ПОЯСНОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОГО МАКРОСКЛОНА ИКАТСКОГО ХРЕБТА (БАЙКАЛЬСКИЙ РЕГИОН)

SYNTAXONOMIC DIVERSITY OF THE MOUNTAIN-TAIGA ALTITUDINAL-BELT COMPLEX OF THE WESTERN MACROSLOPE OF THE IKATSKY RIDGE (BAIKAL REGION)

Л.В. Кривобоков
L.V. Krivobokov

Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия
Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia
leo_kr@mail.ru

Икатский хребет располагается в Западном Забайкалье, в условиях «дождевой тени» со стороны расположенного западнее Баргузинского хребта. Как следствие, высокая континентальность регионального климата обусловила широкое распространение здесь светлохвойных и смешанных (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr., *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth) лесов, формирующих преобладающий на территории горно-таежный пояс. Вследствие суровых и контрастных климатических условий, а также сложного рельефа, с диапазоном высот (600–1500 м над ур.м.), таежная растительность изучаемого района очень разнообразна, особенно на уровне крупных экологических единиц. Поэтому изучение разнообразия светлохвойных горно-таежных лесов класса *Vaccinio–Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl.et al. 1939 в Западном Забайкалье и построение их классификации представляет значительный научный интерес и является целью данной работы.

Лиственничные леса на суглинистых почвах вошли в состав восточносибирско-монгольского порядка *Lathyro humilis–Laricetalia gmelinii* Ermakov, Cherosov et Gogoleva 2002 corr., забайкальского союза *Rhododendro daurici–Laricion gmelinii* Ermakov in Krestov et al. 2009. Они представляют собой разнотравно-кустарничково-зеленомошные, флористически относительно богатые сообщества отрицательных форм мезорельефа (днища и теневые склоны котловин) в нижней и средней частях горно-таежного пояса. Порядок представлен в регионе исследований 3 ассоциациями и 1 вариантом.

Сосновые и лиственнично-сосновые олиготрофные горно-таежные леса вошли в состав порядка *Pinetalia sylvestris* Oberdorfer 1957, союза *Hieracio umbellati–Pinion sylvestris* Anenkhonov et Chytrý 1998. Они занимают местообитания с супесчаными и каменистыми почвами положительных форм мезорельефа (выпуклые склоны и вершины отрогов) в средней и нижней частях горно-таежного пояса. Представлены 1 ассоциацией и 2 динамическими вариантами в зависимости от давности последнего пирогенного воздействия.

Лиственничные криофитные леса на мерзлотных почвах занимают верхнюю часть горно-таежного пояса, входят в состав порядка *Rhododendro tomentosi-Laricetalia gmelinii* Ermakov et Alsynbayev 2004 nom. corr. et mut., а внутри него в восточносибирский союз *Cladonio stellaris–Laricion gmelinii* Anenkhonov et Chytry 1998, представляют собой лиственничные кустарничково-зеленомошные фитоценозы с бедным флористическим составом. В регионе исследований порядок представлен 1 ассоциацией и 1 вариантом ее.

В изучаемом регионе, в пределах ультра континентального климатического сектора Евразии, горно-таежный пояс можно разделить на две высотных полосы. Верхнюю часть пояса занимают мерзлотные лиственничные леса порядка *Rhododendro-Laricetalia*. Нижняя часть пояса представлена двумя крупными экологическими типами лесов в ранге порядков эколого-флористической классификации, отличающимися положением в рельефе и функционирующими на почвах разного гранулометрического состава.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научной темы FWES-2024-0028 (Регистрационный номер 124012900557-0).

Живые системы и геологическая среда

РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ОСТРОВЕ САХАЛИН

DISTRIBUTION OF CERTAIN ALIEN PLANT SPECIES ON SAKHALIN ISLAND

О.О. Ложникова
O.O. Lozhnikova

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics of FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk Russia
o.lozhnikova@imgg.ru

Проникновение чужеродных видов растений и процессы биологических инвазий на острове Сахалин тесно связаны с активизацией экономической деятельности, вследствие которой происходит развитие транспортной сети, рост грузоперевозок и трансформация природных ландшафтов в целом. В настоящее время на острове произрастает более 370 чужеродных видов, из которых 133 (или 36 %) появились за последние 30 лет. Часть из них (26 %) являются неустойчивыми и не способными к возобновлению в местах своего появления. В условиях продолжающегося антропогенного пресса без повторного заноса они зачастую исчезают. Прежде всего, к таковым относятся однолетние травы, занесенные случайно: *Anthemis ruthenica*, *Bidens maximowicziana*, *Helianthus annuus*, *Lipandra polysperma*, *Oxybasis rubra*, *Papaver rhoeas*, *Silene coronaria* и т. д. Наряду с этим, другие таксоны весьма успешно расселяются на новых территориях, занимая свободные экологические ниши и тем самым расширяя свой вторичный ареал.

На Сахалине довольно активно проявляет себя ряд одно- и двулетних растений. Так, *Erodium cicutarium* впервые был установлен на зарастающих сельскохозяйственных полях Углегорского р-на [Ложникова и др., 2023], а позднее выявлен в Долинском и Анивском районах, в г. Южно-Сахалинске и его окрестностях, часто как сорное. Другой вид (*Medicago lupulina),* впервые обнаруженный в Долинском районе по обочине грунтовой дороги на полосе отвода нефтегазопровода [Виноградова и др., 2021], уже выступает повсеместным эксплерентом во многих нарушенных субстратах в девяти районах острова. А *Pastinaca sativa*, отмеченный изначально в Анивском районе, в настоящее время активно колонизирует железнодорожные насыпи, обочины дорог, пустыри в южных районах острова [Сабирова, Сабиров, 2018]. Рудеральные местообитания занимает *Myosotis arvensis*, обнаруженный у обочины дороги в окр. Южно-Сахалинска [Ложникова и др., 2023]. Впоследствии этот вид расширил свой вторичный ареал в Долинском, Анивском, Корсаковском и других районах юга Сахалина.

Ряд чужеродных видов распространились далеко за пределы южной части Сахалина. Их локалитеты и весьма устойчивые ценопопуляции выявлены в северных районах острова, где они успешно натурализовались, активно цветут, плодоносят и произрастают массово. Произрастание целого ряда видов, таких как *Centaurea jacea, Symphytum caucasicum, Mentha longifolia* и других, в северной части Сахалина, отличающейся довольно неблагоприятными природными условиями, свидетельствует об их экологической пластичности и значительном инвазионном потенциале.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Ю.К. и др. Черная книга флоры Дальнего Востока: инвазионные виды растений в экосистемах Дальневосточного федерального округа. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 510 с.

2. Ложникова О.О., Сабирова Н.Д., Сабиров Р.Н. Новые виды чужеродных растений во флоре острова Сахалин // Ботанический журнал. 2023. Т. 108, № 4. С. 383–387.

3. Сабирова Н.Д., Сабиров Р.Н. Новые адвентивные виды во флоре Сахалина // Ботанический журнал. 2018. Т. 103, № 7. С. 930–933.

Живые системы и геологическая среда

РТУТЬ В КОМПОНЕНТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЮЖНОЙ СИБИРИ

MERCURY IN ENVIRONMENTAL COMPONENTS OF SOUTHERN SIBERIA

Е.Е. Ляпина
E.E. Lyapina

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия
Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of SB RAS, Tomsk, Russia
eeldv@mail.ru

Ртуть (Hg) признана глобальным загрязнителем, обладает чрезвычайно высокой биотоксичностью, способностью к дальнему переносу и устойчивостью в окружающей среде. Это единственный тяжелый металл, содержание которого регулируется на основе юридически обязательной международной Минаматской конвенции о Hg [Amos et al., 2015; Sonke et al., 2023]. Фиксируемые в настоящее время концентрации Hg в компонентах окружающей среде являются результатом современных выбросов и исторической Hg [Sonke et al., 2023; UNEP. Global Mercury Assessment 2013].

Ретроспективная оценка ртутной нагрузки проводилась на территории Томской области, северо-запада Алтайского края и юго-западного Прибайкалья (Республика Бурятия). Содержание ртути оценивали в пробах почвы, торфа, древесине хвойных пород деревьев, хвое.

Содержание Hg в пробах определяли на базе Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета методом атомной абсорбции на анализаторе Hg РА-915+ с помощью приставки ПИРО-915 [Shuvaeva et al., 2008]. Предел обнаружения Hg - 5 нг/г, концентрации элемента рассчитаны на 1 г сухого вещества.

Методика обработки результатов включала расчет эколого-геохимических показателей: коэффициента концентрации относительно фона (4 нг/г) [Янин, 1992], временно-допустимой концентрации (8 нг/г), Кларка живого вещества (50 нг/г) [Касимов и др., 2005], ноосферы (180 нг/г) [Глазовская, 1988], среднего содержания в сухом веществе наземных растений (15 нг/г) [Ковальский, 1974], кларка в верхнем слое континентальной земной коры (65 нг/г) [Григорьев, 2009].

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 327 с.

2. Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2009. 383 с.

3. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2015. № 2. С. 7-17.

4. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 303 с.

5. Янин Е.П. Hg в окружающей среде промышленного города. М.: ИМГРЭ, 1992. 53 с.

6. Amos H.M., Sonke J.E., Obrist D. Observational and modeling constraints on global anthropogenic enrichment of mercury // Environmental Science&Technology. 2015. Vol. 49, N 7. P. 4036-4047.

7. Shuvaeva O.V., Gustaytis M.A., Anoshin G.N. Mercury speciation in environmental solid samples using thermal release technique with atomic absorption detection // Analytica Chimica Acta. 2008. Vol. 621. P. 148-154.

8. Sonke J.E., Angot H., Zhang Y. Global change effects on biogeochemical mercury cycling // Ambio. 2023. Vol. 52, N 5. P. 853-876.

Живые системы и геологическая среда

СОЕДИНЕНИЕ КЛЕТОК В КОЛОНИИ – АДАПТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ ВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ ПЛАНКТОННОГО И БЕНТОСНОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ

CELL CONNECTION IN A COLONY AS AN ADAPTIVE STRATEGY OF ALGAE FOR PLANKTONIC AND BENTHIC LIFESTYLES

Е.Ю. Митрофанова
E.Yu. Mitrofanova

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия
Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia
mitelena-09@mail.ru

Водоросли – микроскопические организмы, способные к фотосинтезу и обитающие в водной среде при различных условиях от Северного полюса до Антарктиды [Водоросли.., 1989]. Они существуют в виде отдельных клеток, образуют ценобии (фиксированное число клеток, рост осуществляется только за счёт роста самих клеток) или колонии (рост за счет деления клеток). Эволюционно при колониальном образе жизни у водорослей повышается эффективность фотосинтеза, снижается выедание. При изучении фитопланктона и фитоперифитона в разнотипных водных объектах Алтая с помощью СЭМ Hitachi S-3400N (ЦКП ИВЭП СО РАН) были выявлены и проиллюстрированы различные способы соединения клеток в колонии.

Для обитателей планктона главная задача – как можно дольше по времени находиться в трофогенном слое водоема для поддержания процессов фотосинтеза. Для планктёров характерно соединение клеток в колонии посредством слизи (*Cyclotella*), при помощи шипиков (*Aulacoseira*), щетинок (*Stephanodiscus*) или рогов и трубковидных выростов (в основном у морских обитателей). Для обеспечения большей плавучести колонии могут иметь звездчатый (*Asterionella*), веерный или дисковый (*Pediastrum*) вид, причем клетки в дисковидной колонии могут быть соединены плотно или иметь отверстия между собой. Некоторые виды *Pediastrum* при плотном прилегании клеток имеют соединения на их концах подобные замку-фермуару, перекрестной защелке на кошельке или сумке, украшенной двумя бусинами. В звездчатой колонии клетки соединяются только одним из концов створки, веерной – всей поверхностью створки (*Meridion*). Кроме этого, в планктоне обитает *Dinobryon*, отдельные бокаловидные кремнистые домики которого вставлены в друг друга. Если из одного бокальчика вырастает два, то происходит разрастание колонии в виде дендрита. У золотистых водорослей рода *Synura* отдельные клетки соединены в колонию своим удлиненными концами в центре, образуя конгломерат из шаров, который перемещается в пространстве с помощью жгутиков у каждой клетки. Задача обитателей дна и обрастаний состоит в лучшем закреплении колоний на субстрате. В озерах заселение субстратов происходит в литорали, куда проникает солнечный свет, на глубину утроенной величины прозрачности воды. В водотоках водоросли прикрепляются к субстрату слизистыми тяжами (*Didymoshenia, Gomphonema*) или образуют лентовидные колонии, которые задерживаются в обрастаниях (*Fragilaria, Staurosira*). Наиболее вероятная причина образования длинных цепочек в колонии является разница скоростей роста биомассы, деления клеток и их разделения [Лифанчук, 2017]. При высоких скоростях роста, превосходящих скорости разделения клеток, формируется цепочка. Работа выполнена в рамках госбюджетного проекта № FUFZ-2026-0005 с использованием научного оборудования ЦКП научно-исслед. судами и электронной микроскопии ИВЭП СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водоросли. Справочник / Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Киев: Наук. Думка, 1989. 608 с.

2. Лифанчук А.В. Эколого-физиологические характеристики доминирующих видов фитопланктона северо-восточной части Черного моря. Автореф. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. Геленджик, 2017. 24 с.

Живые системы и геологическая среда

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРА НА ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТАХ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ТУНГУССКИЙ»

FIRE IMPACT ON CARBON STOCKS IN THE MAIN COMPONENTS OF LARCH FORESTS OF THE TUNGUSSKY STATE NATURE RESERVE

Л.В. Мухортова, Л.В. Кривобоков
L.V. Mukhortova, L.V. Krivobokov

Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия
Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia
biosoil@ksc.krasn.ru

Пожары представляют собой один из основных факторов нарушения функционирования лесных экосистем Сибири. В условиях наблюдаемых климатических изменений прогнозируется увеличение продолжительности пожароопасного сезона и частоты лесных пожаров. Получение объективных оценок воздействия пожаров на компоненты экосистем необходимы для решения проблемы прогнозирования последствий усиливающегося пожарного режима для экологических функций лесных сообществ. На территории Государственного природного заповедника “Тунгусский» было проведено определение запасов углерода в основных компонентах лесных экосистем: в живой фитомассе, в растительном детрите и в органическом веществе почвы. Исследования проводили в ненарушенном лиственничнике бруснично-зеленомошном 170 летнего возраста, и в лиственничнике, пройденном пожаром высокой интенсивности 12 лет назад.

На контрольном, ненарушенном пожаром участке, общие запасы углерода в живой древесной фитомассе составляли 78.98 т/га, в сухостойной древесине – 3.38 т/га. Общие запасы углерода, аккумулированного в составе крупных древесных остатков на поверхности почвы составляли около 11.9 т/га. Дополнительно около 0.9 тС/га здесь находится в составе веточного опада. В составе подстилки заключено в среднем 14.6±0,7 тС/га. Запасы углерода в органическом веществе минерального слоя почвы составляли 58.8 т/га. На участке, пройденном пожаром 12 лет назад, запасы живой древесной фитомассы существенно снизились – до 9.8±2.9 тС/га. Отмирание большей части древостоя привело к увеличению пула сухостоя, запасы углерода в котором достигают 55.7±6.1 т/га. Запасы крупных древесных остатков на поверхности почвы также увеличились более чем в 4 раза и достигли 48.6 тС/га. Запасы подстилки на 12 летней гари, напротив, несколько снижаются и составляют в среднем 12.3±0.18 тС/га. Запасы углерода в органическом веществе минерального слоя почвы (0-30см) значимо не отличаются и составляют 57.2 т/га. Существенным отличием данной пробной площади от контрольного участка с ненарушенным пожаром древостоем является присутствие большого количества подроста – до 150 тыс. шт/га, который в сумме дает фитомассу около 7 тС/га. Более 90% этой фитомассы формируется за счет подроста осины.

Таким образом, после пожара высокой интенсивности происходит отмирание большей части древостоя. Через 12 лет после пожара запасы живой древесной фитомассы в 8-10 раз ниже, по сравнению с ненарушенным лиственничником. Восстановление происходит в этот период в основном за счет подроста осины, фитомасса которого может составлять до 70% от запаса оставшегося живого древостоя. На 12-летней гари на долю пула древесного детрита приходится более 80% общих запасов углерода в экосистеме, в то время как в ненарушенном лиственничнике вклад этого компонента составляет не более 15%.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научной темы FWES-2024-0023 (Регистрационный номер 124012900558-7).

Живые системы и геологическая среда

НОВЫЕ ДАННЫЕ О *SPHAEROMYXAELEGINI* DOGIEL, 1948 У ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ НАВАГИ (*ELEGINUSGRACILIS* TILESIUS, 1810) В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ О. САХАЛИН

NEW DATA ON SPHAEROMYXA ELEGINI DOGIEL, 1948 IN THE FAR EASTERN SAFFRON COD (ELEGINUS GRACILIS TILESIUS, 1810) IN THE COASTAL WATERS OF SAKHALIN ISLAND

С.В. Новокрещенных, М.А. Табакова
S.V. Novokreshchennykh, M.A.Tabakova

Сахалинский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Южно-Сахалинск, Россия
Sakhalin Branch of the Russian Federal State Research Center VNIRO, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
novokreshennihsv@sakhniro.vniro.ru

*Sphaeromyxaeleginі*Dogiel, 1948 представитель паразитических простейших из класса Myxozoa. Локализуется в желчном пузыре у дальневосточной наваги (*Eleginusgracilis*Tilesius, 1810). Морфологические особенности данного вида миксоспордий описаны подробно [Догель, 1948; Асеева, 2002; Фролова, 2011].

Согласно литературным данным, в настоящее время *S. elegini*отмечены в водах Японского (от зал. Петра Великого до Татарского пролива) и Охотского морей (зал. Мордвинова) [Асеева, 2002; Фролова, 2011; Асеева и др., 2022].

В ходе паразитологических исследований 112 экземпляров наваги, выловленной в прибрежных водах о. Сахалин, *S. elegini*отмечены у рыб, выловленных в прибрежной акватории трех населенных пунктов: с. Трамбаус, г. Поронайск, с. Стародубское и в реке Найба в феврале 2025 г.

Наибольшая инвазированность миксоспоридиями отмечена у наваги, выловленной в районе с. Трамбаус (65,5 %). Наименьшая в районе г. Поронайск (8,3%). Показатели экстенсивности инвазии *S. elegini* у рыб, выловленных в прибрежье с. Стародубское и р. Найба, сходны (30 и 31% соответственно), что, вероятно, обусловлено принадлежностью обследованных рыб к единой популяции (по представлениям С.Н. Сафронова [1986]).

Выявленная значительная вариабельность экстенсивности инвазии *S.elegini* (8,3–65,5%) у дальневосточной наваги в прибрежных водах о. Сахалин указывает на необходимость дальнейших исследований для установления факторов, определяющих пространственное распределение и интенсивность паразитарной нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асеева Н.Л. Фауна миксоспоридий рыб семейства тресковых дальневосточных морей // Паразитология. 2002. Т. 36, № 2. С. 167-174.

2. Асеева Н.Л., Ермоленко А.В., Шедько М.Б. Миксоспоридии (Myxozoa, Myxosporea) морских и проходных рыб бассейна Японского моря. Владивосток: ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, 2022. 229 с.

3. Догель В.А. Паразитические простейшие рыб залива Петра Великого // Известия Всесоюзного НИИ озерного и речного хозяйства. 1948. Т. 27. С. 29.

4. Сафронов С.Н. Экология дальневосточной наваги Eleginus gracilis (Gadidae) шельфа Сахалина и Южных Курильских островов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 1986. 23 с.

5. Фролова С.Е. Регистрация слизистого споровика Sphaeromyxa elegini (Myxosporea) у наваги дальневосточной (Eleginus gracilis) прибрежных вод юго-востока о. Сахалин // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2011. № 20. С. 72-74.

Живые системы и геологическая среда

РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА КЛАССА *JUNCETEA MARITIMI* НА ПРИБРЕЖНЫХ МАРШАХ БУХТЫ ЛОСОСЕЙ

PHYTOCOENOSES OF THE CLASS *JUNCETEA MARITIMI* ON THE SALT MARSCH OF THE SALMON BAY

И.О. Рожкова-Тимина
I.O. Rozhkova-Timina

Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
inna.timina@mail.ru

Растительные сообщества прибрежных маршей образованы настоящими галофитами или галотолерантными видами [Бабина, 2002]. Изучение маршевой растительности проводилось в южной части о. Сахалин: бухта Лососей в верховьях залива Анива. В основу классификации легли 90 геоботанических описаний, выполненных в 2023-2025 гг.

Класс *Juncetea maritimi* объединяет растительность маршей низкого уровня умеренных и арктических широт Атлантического и Северного Ледовитого океанов [Database…, 2026]. В районе исследования выделено 4 ассоциации, принадлежащих к союзу *Puccinellion phryganodis* порядка *Puccinellietalia phryganodis* данного класса.

Acc. *Triglochino maritimae–Caricetum subspathaceae* Molenaar 1974. Сообщества маловидовые (2–5 видов), часто в них отмечены лишь диагностические виды *Carex subspathacea* и *Triglochin maritimum* с равным проективным покрытием, значительно реже встречаются *Stellaria humifusa* и *Bolboschoenus planiculmis*. Сообщества этой ассоциации представляют собой первичную стадию зарастания маршевых осушек. Эта ассоциация широко распространена на российских побережьях морей Северного Ледовитого и Тихого океанов, и на арктических и субарктических побережьях севера Норвегии и Гренландии.

Acc. *Caricetum subspathaceae* Hadač 1946, субасс. *Caricetum subspathaceae potentilletosum egedii* Korchagin ex Thannheiser 1975. Сообщества маловидовые и включают 2–7 видов. Доминируют диагностические *Carex subspathacea* и *Potentilla egedii*. Высокое постоянство имеет *Triglochin maritimum*, встречаются *Stellaria humifusa* и *Chrysanthemum arcticum*. На локальных повышениях микрорельефа появляется *Leymus mollis*. Сообщества занимают промежуточное положение при переходе от низких маршей к средним. Находятся в пределах непосредственного влияния приливно-отливной деятельности. Маршевые почвы отличаются высокой илистостью, формируясь в условиях постоянного привноса морских осадков.

Acc. *Triglochino maritimae–Stellarietum humifusae* Rozhkova-Timina et Lysenko 2026. Сообщества флористически бедные – 2–7 видов. Диагностические виды *Triglochin maritimum* и *Stellaria humifusa* представлены с высоким постоянством. Реже встречаются *Arctopoa eminens*, *Atriplex* sp., *Bolboschoenus planiculmis*, *Carex subspathacea*, *Chrysanthemum arcticum*, *Festuca rubra*, *Glaux maritima*, *Iris laevigata*, *Juncus bufonius*, *J. haenkei*, *Leymus mollis*, *Moehringia lateriflora*, *Potentilla egedii*, *Triglochin palustris*. Средняя высота травостоя 50 см. Сообщества приурочены к косам рек, местам, где в половодье оседает больше песчаных наносов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабина Н.В. Галофитная растительность западного побережья Белого моря // Растительность России. 2002. № 3. С. 3-21.

2.Database of European Vegetation, Habitats and Flora - https://floraveg.eu/vegetation/distribution/Juncetea%20maritimi (дата обращения: 19.08.2026).

Живые системы и геологическая среда

ЛЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БАССЕЙНА РЕКИ АНАСТАСИЯ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ОСТРОВА САХАЛИН

FOREST VEGETATION OF THE ANASTASIA RIVER BASIN ON THE SOUTHEAST OF SAKHALIN ISLAND

Р.Н. Сабиров
R.N. Sabirov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
r.sabirov@imgg.ru

Река Анастасия протекает на юго-востоке полуострова Крильон, берет свое начало со склонов Камышового хребта и впадает в залив Анива. Длина водотока составляет 16 км, а площадь водосборного бассейна - 24,1 кв. км. Исследование лесов бассейна проводилось в 2022 и 2025 гг. известными методами [Сукачев, Зонн, 1961; Методы…, 2002]. Исходную естественную растительность полуострова Крильон представляли темнохвойные леса с доминированием пихты сахалинской (*Abies sachalinensis*) [Толмачев, 1955]. Между тем многолетние промышленные рубки и другие преобразования природных ландшафтов привели к значительной трансформации зональных лесов [Sabirov, 2021]. В настоящее время структуру растительного покрова бассейна р. Анастасия составляют обширные заросли сазы курильской (*Sasa kurilensis*), луга и вновь восстанавливающиеся вторичные лесные сообщества. Старовозрастные коренные темнохвойные леса сохранились в виде небольших фрагментов в верховьях реки и других труднодоступных участках. В составе указанных лесов доминирует пихта сахалинская, ей содоминирует ель аянская (*Picea ajanensis*), заметное участие, особенно на верхней границе распространения темнохвойных лесов, принимает береза каменная (*Betula ermanii*), реже рябина смешанная (*Sorbus commixta*) и ряд других видов. Эпизодически, в основном на южных и западных склонах, встречаются лесные сообщества с участием широколиственных пород: диморфанта (*Kalopanax septemlobus*), клена (*Acer mayrii*), бархата (*Phellodendron sachalinense*), ясеня *(Fraxinus mandshurica*), ильмов (*Ulmus laciniata*, *U. japonica*) и др. Порой указанные широколиственные породы произрастают здесь лишь в виде небольших разреженных групп из 3-5 особей или единично, в основном в долинных комплексах.

Каменноберезовые леса представлены коренными, занимающими свой высотный пояс, и производными вариантами сообществ, с господством среди них бамбучниковой группы типов леса. Последние распространены очень широко, встречаются на горных склонах всех экспозиций, по хребтам и холмам. Во влажных экотопах, в основном вдоль горных речек и ручьев, формируются каменноберезняки травяной группы типов леса.

По низким заливаемым террасам, берегам и пойме реки Анастасия развиваются ивовые (*Salix udensis, S. schwerinii* и др.) и ольховые (*Alnus hirsuta*) леса или их смешанные варианты, нередко с участием темнохвойных пород. Наиболее часто в этой формации встречаются высокотравные типы леса, с заметным присутствием редких видов.

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. Vol. 946.

Живые системы и геологическая среда

О ВСПЫШКЕ ЧИСЛЕННОСТИ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА В ЛЕСАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН

SIBERIAN SILK MOTH POPULATION OUTBREAK IN THE FORESTS OF SOUTHERN SAKHALIN ISLAND

Р.Н. Сабиров
R.N. Sabirov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
r.sabirov@imgg.ru

Сибирский шелкопряд (*Dendrolimus sibiricum* Tschetw.) является одним из самых опасных вредителей леса. Гусеницы шелкопряда питаются хвоей практически всех хвойных пород, при этом предпочитают больше всего лиственницу, пихту, затем кедр, сосну и ель. Цикл развития сибирского шелкопряда обычно длится два года, однако в южных районах нашей страны развитие их происходит за один год. В образовании одногодовой или двухгодовой генерации решающую роль играет тепло, обусловленное погодными условиями года и климатом в целом, а также своевременное прохождение гусеницами диапаузы. В период вспышки массового размножения чаще всего происходит переход с двухгодовой генерации на однолетний цикл развития. В этот период они съедают 95% пищи, необходимой для полного развития [Воронцов, 1975; Исаев и др., 2001 и др.].

Безусловно, вспышки массового размножения шелкопряда возникают после теплых, засушливых вегетационных периодов. Летний сезон 2025 г. на острове Сахалин был аномально теплым и благоприятным для размножения сибирского шелкопряда. Вследствие этого гусеницы шелкопряда уже в мае месяце 2026 г. в лесах южной части Сахалина начали активно питаться, целиком поедая хвою, Наибольшая вспышка численности сибирского шелкопряда произошла в лесах Корсаковского лесничества Сахалина. Здесь в начале лета 2026 г. леса на площади 40 га были поражены сибирским шелкопрядом. В очаге поражения ассимиляционный аппарат всех взрослых хвойных деревьев - пихты сахалинской, лиственницы Каяндера, ели аянской - был полностью объеден. Численность шелкопряда в этом лесу достигла максимума, гусеницы встречались на всех растениях, а также на поверхности почвы. Кроме этого, на других лесных участках района также были обнаружены гусеницы сибирского шелкопряда, при этом численность их на период обследования была не столь высока, следовательно, дефолиация растений не превышала 30%, в основном были объедены нижние ветки деревьев. Однако к концу лета 2026 г. площадь пораженных участков леса на юге острова уже достигла более 3 тыс. га.

Если вспышки массового размножения сибирского шелкопряда в лесах Сибири происходят довольно регулярно и наносят им огромный ущерб, то на Сахалине, в силу климатических особенностей, численность этого вредителя находится на фоновом уровне. И лишь в аномально теплые и засушливые годы наблюдается массовое размножение шелкопряда. Так, в 1919-1921 гг., когда были теплые и сухие летние сезоны, произошло катастрофическое поражение лесов в южных районах Сахалина на площади около 220 тыс. га, на которых впоследствии было вырублено 2,6 млн. куб.м. древесины. Небывалые теплые 2025 и 2026 годы также способствовали вспышке численности сибирского шелкопряда на юге Сахалина, и если наступающий зимний период будет благоприятствовать диапаузе вредителя, то на будущий год можно ожидать еще большее его размножение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов А.И. Лесная энтомология. М.: Высшая школа, 1975. 368 с.

2. Исаев А.С., Хлебопрос Р.Г., Недорезов Л.В. и др. Популяционная динамика лесных насекомых. М.: Наука, 2001. 374 с.

Живые системы и геологическая среда

РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ БАССЕЙНА РЕКИ АНАСТАСИЯ НА ЮГЕ ОСТРОВА САХАЛИН

RARE PLANT SPECIES OF THE ANASTASIA RIVER BASIN ON THE SOUTH OF SAKHALIN ISLAND

Н.Д. Сабирова, Р.Н. Сабиров, О.О. Ложникова
N.D. Sabirova, R.N. Sabirov, O.O. Lozhnikova

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
n.sabirova@imgg.ru

Река Анастасия длиной 16 км и площадью водосборного бассейна 24,1 кв. км находится в юго-восточной части полуострова Крильон. Современный растительный покров бассейна реки слагается из обширных зарослей сазы курильской (*Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino et Shibata), луговых сообществ и вторичных лесов, возникших после масштабных рубок и пожаров. Несмотря на существенную трансформацию, леса в целом доминируют в растительном покрове бассейна реки и представлены елово-пихтовыми, смешанными, ивово-ольховыми и каменноберезовыми формациями, а также небольшими фрагментами сохранившихся коренных сообществ с примесью широколиственных пород.

В растительных сообществах бассейна реки Анастасия выявлено 21 редких и исчезающих видов сосудистых растений, включенных в Красную книгу Сахалинской области [Красная…, 2019]: *Aralia cordata* Thunb., *A. elata* (Miq.) Seem., *Brylkinia caudata* (Munro) Fr. Schmidt, *Cardiocrinum cordatum* (Thunb.) Makino, *Cerasus sargentii* (Rehd.) Pojark., *Cremastra variabilis* (Blume) Nakai, *Diphylleia grayi* F. Schmidt, *Heloniopsis orientalis* (Thunb.) C. Tanaka, *Hydrangea petiolaris* Siebold et Zucc., *Ilex crenata* Thunb., *Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz., *Neottianthe cucullata* (L.) Schlechter, *Padus ssiori* (Fr. Schmidt) C. K. Schneid., *Paeonia obovata* Maxim., *P. oreogeton* S. Moore, *Phellodendron sachalinense* (Fr. Schmidt) Sarg., *Phyllitis japonica* Kom. *Platanthera camtschatica* (Cham. et Schltr.) Makino, *Taxus cuspidata* Siebold. et Zucc. ex Endl., *Trillium smallii* Maxim., *Viburnum wrightii* Miq.

Большинство указанных редких видов растений является мезофитами и мезогигрофитами, произрастает преимущественно среди высокотравья и в пойменных ивово-ольховых лесах. В частности, *Cardiocrinum cordatum* формирует здесь довольно многочисленные ценопопуляции, количество разновозрастных особей которых нередко достигает более 20 шт. на 1 кв. м. Светолюбивый вид *Aralia cordata* образует весьма крупные и монодоминантные группировки не только в открытых и полуоткрытых участках, но также среди зарослей сазы. В разнотравных сообществах долины реки встречаются *Heloniopsis orientalis, Cremastra variabilis, Platanthera camtschatica, Paeonia obovata, Trillium smallii, Neottianthe cucullata, Padus ssiori, Hydrangea petiolaris, Viburnum wrightii* и др.

Древесные виды, как диморфант *(Kalopanax septemlobus),* вишня (*Cerasus sargentii*), бархат *(Phellodendron sachalinense),* произрастают в долинных комплексах, в основном единично или малыми группами, а также изредка участвуют в составе других лесов. Тис (*Taxus cuspidata*) предпочитает теневые участки, вследствие этого чаще всего появляется в составе темнохвойных лесов. *Aralia elata, Ilex crenata, Viburnum wrightii* и некоторые другие кустарники регулярно встречаются не только в лесных сообществах, но также и в зарослях сазы курильской. Выявленные редкие виды растений являются представителями различных эколого-ценотических групп, кроме древесных пород, они произрастают в нижних ярусах сообществ, а отдельные виды - во влажных и тенистых каменистых склонах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красная книга Сахалинской области: Растения и грибы. Кемерово: ООО «Технопринт», 2019. 352 с.

Живые системы и геологическая среда

РЕАКЦИЯ БЕРЕЗЫ КАМЕННОЙ НА СТРЕССОВЫЕ УСЛОВИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОЗЕЛЕНЕНИИ ГОРОДОВ САХАЛИСКОЙ ОБЛАСТИ

THE RESPONSE OF THE BETULA ERMANII TO STRESSFUL CONDITIONS OF THE URBAN ENVIRONMENT AND PROSPECTS FOR ITS USE IN URBAN LANDSCAPING IN THE SAKHALIN REGION

А.И. Тальских, А.В. Копанина, И.И. Власова
A.I. Talskikh, A.V. Kopanina, I.I. Vlasova

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
Anastasiya_talsk@mail.ru

Древесные зеленые насаждения – неотъемлемый элемент архитектурного ландшафта любого города. В пределах городских зеленых насаждений, включая парковые зоны, скверы и придорожные полосы, древесные растения сталкиваются с комплексом стрессовых факторов: уплотнением почв, засолением грунтов в зимний период, а также повышенной запыленностью и колебаниями температур [Сидорин, 2008]. Цель – исследование структурной реакции и адаптивных возможностей каменной березы, используемой в формировании зеленых насаждений различных зон города Южно-Сахалинска. Исследование проводилось на деревьях, произрастающих в различных по загрязнённости зонах города Южно-Сахалинска (от наиболее загруженных улиц города к рекреационным зонам). В каждом местообитании с деревьев были измерены возраст и высота деревьев, макро- и микропризнаки коры и древесины стволов по сколам, кернам и спилам. Оценивались такие параметры, как толщина коры и величина годичного прироста коры и древесины. В ходе исследования березы каменной в условиях городской среды выявлены: уменьшение высоты, деформация кроны, повреждения стволов, плодовые тела грибов и каппы. Годичные приросты коры и древесины незначительно отличаются от естественных условий, что указывает на устойчивость вида и перспективность для озеленения. Средний возраст особей 80–100 лет. Прогноз долговечности: 120–130 лет в зонах с наибольшим негативным воздействием, 130–140 лет в скверах, 140–150 лет в парковых зонах. Ослабленные старовозрастные деревья становятся опасными объектами. Разработан малоинвазивный методический подход для мониторинга макро- и микропризнаков стволов, рекомендованный для всех насаждений, включая особо ценные. Старовозрастные деревья требуют особого ухода и регулярного мониторинга состояния. Для сохранения долговечности насаждений целесообразно использовать виды арборифлоры южного Сахалина и южных Курильских островов с высокими адаптивными и декоративными свойствами. При восстановлении зеленых зон целесообразно придерживаться подхода, который предполагает формирование растительных группировок, по своей фитоценотической структуре максимально приближенных к естественным растительным сообществам.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (121022500177-6).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидорин А.М. Живая среда и качество жизни: основные факторы влияния и степень их значимости // Архитектура и градостроительство России. 2008. № 9. С. 4-11.

Живые системы и геологическая среда

ОЦЕНКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЮЖНОГО КРИЛЬОНА ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

PRELIMINARY ASSESSMENT OF VEGETATION COVER IN SOUTHERN KRILYON USING SATELLITE DATA

К.А. Швидская[1,2], А.В. Копанина[1]
K.A. Shvidskaya[1,2], A.V. Kopnina[1]

[1]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
qetrin@mail.ru

Растительный покров о-ва Сахалин отличается высокой пространственной неоднородностью и мозаичностью, что определено разнообразием природно-климатических условий и антропогенной нагрузкой, в особенности на юге. Это затрудняет картографирование растительности наземными методами, особенно в труднодоступных районах. П-ов Крильон остается малоизученной территорией, для которой отсутствуют актуальные карты растительности. Спутниковые данные позволяют оперативно оценить состояние и общую структуру растительного покрова, а подбор разносезонных снимков – классифицировать отдельные растительные сообщества с различающимися пиками вегетации.

Цель работы – оценить структуру растительного покрова юго-восточной части п-ова Крильон по спутниковым снимкам Sentinel-2 на основе расчета вегетационного индекса NDVI и выделить основные классы растительных сообществ территории. Район исследования – юго-восточная часть полуострова Крильон (22,5 км²). С севера он ограничен г. Булат (121 м) и р. Птичьей, с востока и юга – побережьем зал. Анива, с запада – устьем р. Атласовка. С запада в границы района попадают вершины г. Крутой (236 м) и г. Сторожевой (335 м). Согласно геоботаническому районированию А.И. Толмачева [1] и П.В. Крестова с соавторами [2], район относится к подзоне темнохвойных лесов с примесью широколиственных пород.

Для оценки растительного покрова отобраны 45 снимков Sentinel-2 за разные сезоны 2023–2025 гг. с минимальной облачностью. Большинство малооблачных снимков приходились на март–апрель и сентябрь–октябрь; зимних и летних снимков немного. По анализу выборки установлено, что снежный покров устанавливается в конец ноября – начале декабря и держится до последней декады марта, а концу апреля сходит. По всем снимкам рассчитан индекс NDVI, на основе которого выделены 4 класса растительных сообществ. Темнохвойные и смешанные леса (NDVI 0,18–0,40) занимают обширные площади до высот 200 м, преимущественно по северным склонам. Сообщества с доминированием бамбучника курильского (NDVI 0,53–0,73) приурочены к побережью, вершинам и южным склонам сопок, а также к нижнему ярусу разреженных лесов; для их классификации наиболее информативны апрельские и октябрьские снимки. Крупнотравные сообщества (NDVI 0,58–0,72) распространены вдоль побережья, в долинах рек и в нижнем ярусе долинных лесов. Остальные незначительные площади заняты листопадными лесами с разными вариантами подлеска на различных высотах, вегетация которых длится с середины апреля до середины октября.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толмачев А.И. Геоботаническое районирование острова Сахалина. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 80 с.

2. Крестов П.В., Баркалов В.Ю., Таран А.А. Ботанико-географическое районирование острова Сахалин. Владивосток: Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы международного сахалинского проекта). 2004. Ч. 1. С. 69-92.

Живые системы и геологическая среда

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ КАНДАЛАКШСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА

TRANSFORMATION OF THE SPATIAL STRUCTURE OF POLLUTION IN THE EMISSION ZONE OF THE KANDALAKSHA ALUMINUM PLANT

В.И. Шпанько
V.I. Shpanko

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, Россия
Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of RAS, Moscow, Russia
shpanko@geokhi.ru

Кандалакшский алюминиевый завод (КАЗ) расположен на Кольском полуострове, где из-за суровых климатических условий экосистемы характеризуются уязвимостью, медленной восстанавливаемостью и низким потенциалом самоочищения. Территория богата малыми озерами, большинство из которых питается за счет атмосферных осадков. Такие озера служат хорошими индикаторами атмосферных изменений [Моисеенко Т.И., Базова М.М., 2026]. После установки системы сухой газоочистки на КАЗе в 2005 г. значительно сократились выбросы фторидов, смолистых веществ, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и неорганической пыли, что значительно улучшило экологическую ситуацию в зоне воздействия завода [Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П., 2015]. Однако, после модернизации КАЗа анализ вод малых озер, расположенных дальше 5 км от загрязнителя, выявил значительные превышения концентрации $Al_{общ}$ в 2009 г. по сравнению с 2000 г. Например, в озере 112 произошло его увеличение с 81,0 до 354,0 мкг/л. При этом наблюдается снижение pH водоемов, которое, по-видимому, связано с поступлением аллохтонного органического вещества с водосборов, на что указывают данные увеличения цветности воды. Это связано с восстановлением растительного покрова и ростом гумификации почв благодаря сокращению выбросов фтора. Термодинамический расчет растворимых форм Al при уменьшении pH в малых озерах показал увеличение наиболее токсичных для живых организмов форм Al^{3+} в 2009 г. по сравнению с 2000 и 2005 гг.

После модернизации производства КАЗа повышение концентрации $Al_{общ}$ в воде малых озер согласуется с другими работами исследователей, которые выявили увеличение содержания Al в подстилке на расстоянии дальше 5 км от загрязнителя, при этом в пределах зоны 5 км его содержание уменьшилось [Евдокимова Г.А. и др., 2013]. Также, наблюдается смена этиологии заболевания населения, что, вероятно, обусловлено влиянием Al вместо ранее предполагаемого воздействия F [Мартынова А.А., 2023].

Таким образом, после установки газоочистного оборудования на КАЗе трансформировалась пространственная структура выбросов загрязняющих веществ, что привело к распространению Al на более дальние расстояния.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ГЕОХИ РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1 Евдокимова Г.А., Корнейкова М.В., Мозгова Н.П. Изменения свойств почв и почвенной биоты в зоне воздействия аэротехногенных выбросов Кандалакшского алюминиевого завода // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1274-1280.

2. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П. Оценка загрязнения почв и растений в зоне воздействия газовоздушных выбросов алюминиевого завода // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 4. С. 64-68.

3. Мартынова А.А. Территориальное зонирование Мурманской области по основным, эколого-зависимым заболеваниям среди населения Мурманской области // Российская Арктика. 2023. Т. 5, № 3. С. 26-39.

4. Моисеенко Т.И., Базова М.М. Озера Кольского Севера в условиях снижения антропогенных выбросов и потепления климата // Арктика: экология и экономика. 2026. Т. 16, № 2.

Шаг в науку: технологии и практика

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ ПРЕОБРАЗОВАНИИ ГРУНТОВЫХ МАССИВОВ

GEOPHYSICAL METHODS FOR SOIL MASS TRANSFORMATION

Т.Т. Абрамова
T.T. Abramova

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
attoma@mail.ru

Современное развитие геофизических методов дает возможность использовать их для исследования процесса преобразования искусственно закрепленных дисперсных грунтов. С этой целью в работе рассмотрены следующие волновые методы: ультразвук, сейсмоакустика, сейсморазведка.

Показано, что ультразвуковой метод, обладая высокой резрешающей способностью, позволяет выявлять при инъецировании слабых грунтов основные закономерности процесса структурообразования искусственно закрепленного массива. Скорость продольных волн зависит от свойств грунта, типа вяжущего, времени твердения и при прочих равных условиях тем выше, чем больше процент заполнения пор грунта искусственным цементом. Характер изменения скорости продольных волн во времени дает возможность установить продолжительность процесса упрочнения грунтов.

Для контроля грунтовых массивов, закрепленных сложными инновационными технологиями (разрывной, струйной и электроразрядной), наиболее эффективно использовать сейсмоакустические методы с использованием технологических скважин, что обуславливает возможность максимально приблизиться к объекту исследований и исключить потерю информации в поверхностном слое земли. Контроль прочности модуля деформации грунтоцемента осуществляется на основе градуировочных зависимостей «скорость упругой волны –прочность на одноосное сжатие» и «скорость упругой волны – модуль деформации (упругости)».

Сейсморазведочный метод поверхностных волн позволяет на разных этапах проведения работ наблюдать динамику изменения физико-механических свойств (модуль Юнга, модуль деформации преобразованного грунтового массива).

А.В. Черняков, О.В. Богомолова, В.В. Капустин и др. [1]считают, что для большей достоверности и полноты получаемой информации необходимо использовать комплекс методов, включающий: скважинную акустику, скважинную георадиолокацию, радиоволновое просвечивание, скважинную электротомографию, гамма-каротаж, радиоволновое профилирование скважины, индукционный каротаж. Особенностью данного комплекса является то, что при проведении работ могут быть использованы одни и те же наблюдательные скважины. Такие исследования позволяют на разных этапах проведения работ наблюдать динамику изменения удельного сопротивления по мере набора прочности грунтоцементного массива. Достигнутый эффект инъекционных работ можно оценить сравнением показателей физико-механических свойств массива, соответствующих его начальному и конечному состояниям. Измеренные величины скоростей упругих волн в соответствии с рекомендациями переводятся в показатели деформируемости, прочности и производится сравнительная оценка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черняков А.В., Богомолова О.В., Капустин В.В., Истратов В.А., Бобачев А.А. Применение комплексных геофизических и геотехнических методов для организации контроля качества «скрытых» работ и мониторинга при крупном городском строительстве// Геотехника, 2013. № 1. С. 4-21.

Шаг в науку: технологии и практика

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ РАЗНЕСЕННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ ДЛЯ ГЕОДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

DEVELOPMENT OF SPACED LASER INTERFEROMETER SYSTEMS FOR GEODEFORMATION MONITORING

Д.В. Александров[1], Р.Н. Денисюк[1], М.Н. Дубров[1], И.С. Еремин[1], Д.С. Каленов[1], В.А. Волков[2], М.А. Мищенко[3], В.А. Васькин[3]

D.V. Aleksandrov[1], R.N. Denisiuk[1], M.N. Dubrov[1], I.S. Eremin[1], D.S. Kalenov[1], V.A. Volkov[2], M.A. Mishchenko[3], V.A. Vaskin[3]

[1]Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Московская обл., г. Фрязино, Россия

[1]Fryazino Branch of Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics of RAS, Moscow oblast, Fryazino, Russia

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

[2]Schmidt Institute of Physics of the Earth of RAS, Moscow, Russia

[3]Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Камчатский край, с. Паратунка, Россия

[3]Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of FEB RAS, Kamchatsky Kray, Paratunka, Russia

mnd139@fireras.su

Приводятся результаты многолетних разработок и испытаний систем разнесенных в пространстве лазерных интерферометров-деформографов для применения в инструментальной геофизике, сейсмологии, геоэкологии. Измерительные системы включают в себя лазерные интерферометры, регистрирующие деформации земной поверхности типа сжатие-растяжение и сдвига. Базовыми элементами являются неравноплечий интерферометр Майкельсона, линейный трехзеркальный интерферометр и классический равноплечий интерферометр. Источником когерентного излучения являются частотно-стабилизированные, термостатированные или термоуправляемые лазеры [1]. Лазерные интерферометры-деформографы устанавливаются на земной поверхности, в подземных помещениях, шахтах, штольнях. Измерения осуществляются однокомпонентными или многокомпонентными инструментами, включая интерферометры с вертикальным измерительным плечом. Длина интерферометра L определяет минимальный характерный масштаб неоднородности регистрируемых деформаций и в наших экспериментах изменяется от 0,7 м до 500 м. Точность измерения смещений dL интерферограммы определяет точность измерения деформаций dL/L. Разработанные и применяемые нами системы интерференционной регистрации обеспечивают предельную разрешающую способность от $dL/L=10^{-12}$ при L~1-10 м и до $dL/L=10^{-13}$-10^{-14} при L~100-500 м (для равноплечих схем интерферометров). Расстояния D между пунктами размещения интерферометров изменяются от $D \sim L$<500 м для локальных установок, D~15-140 км для региональных систем Фрязино - Обнинск (Подмосковье), Карымшина - Паратунка (Камчатка) и до максимальной величины D~7 тыс. км для системы Подмосковье - Камчатка, сравнимой с размерами тектонических плит. Представлены результаты наблюдений, параметры инструментов иллюстрируются примерами регистрации реальных геодеформационных и сейсмических явлений. Приводится сравнение с другими лазерными измерительными системами. Обсуждаются перспективы применения развиваемых методов для мониторинга опасных природных процессов и предупреждения их последствий.

Работа выполнена в рамках реализации государственных заданий № 125072409029-1 и № 124012300245-2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларионов И.А., Александров Д.В., Дубров М.Н., Еремин И.С., Каленов Д.С. Применение пространственно разнесенных лазерных интерферометров-деформографов для регистрации сейсмо-деформационных колебаний земной поверхности // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2025. Т. 51, № 2. С. 102-121.

Шаг в науку: технологии и практика

ПРОЯВЛЕНИЕ РЕАКЦИИ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА НА ЧЕРВНОСЛОБОДСКО-МАЛОДУШИНСКОМ РАЗЛОМЕ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

MANIFESTATION OF THE RADON VOLUMETRIC ACTIVITY REACTION ON THE CHERVONOSLOBODSKO-MALODUSHINSKY FAULT OF THE STAROBINSKOYE POTASH SALT DEPOSIT

Г.А. Аронов[1], С.Г. Котов[1], А.Г. Аронов[1], Д.В. Костылев[2]

G.A. Aronov[1], S.G. Kotov[1], A.G. Aronov[1], D.V. Kostylev[2]

[1]Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

[1]Centre of geophysical monitoring of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

[2]Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск, Россия

[2]Sakhalin Branch of the Federal Research Center of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

director@cgm.by

Изложены результаты предварительных экспериментальных работ по проявлению признаков реакции объемной активности радона при циклических наблюдениях на Червонослободско-Малодушинском разломе Старобинского месторождения калийных в солей в связи с проявлением сейсмических событий. Для циклических измерений объемной активности радона использовался измерительный комплекс «Альфарад плюс», с встроенной системой передачи данных. При экспериментальных измерениях отбор проб воздуха проводился согласно схеме перевода пробы в блок измерения объемной активности радона без пробоотборника.

Старобинское месторождение калийных солей – крупнейшее в Европе, было открыто в 1949 г., разрабатывается с начала 1960-ых гг. и является центром Солигорского горнопромышленного региона (СГПР). Этот регион расположен в Старобинской центриклинали северо-западной части Припятского прогиба, характеризуется аномально высоким уровнем техногенной нагрузки на недра, связанной с подземной разработкой калийных горизонтов. Проблема повышенной геодинамической активности приобрела исключительную актуальность для территории Солигорского горнопромышленного региона с конца 1970-х гг., когда здесь произошло первое ощутимое землетрясение (10 мая 1978 г. с магнитудой 3,5) [Аронов и др., 2013].

По результатам проведенного анализа выявлены признаки реакции объемной активности радона, предшествующей местным сейсмическим событиям на Червнослободско-Малодушинском разломе Старобинского месторождения калийных солей [Аронов и др., 2026].

ЛИТЕРАТУРА

1. Аронов А.Г. Беларусь / А.Г. Аронов, Р.Р. Сероглазов, Т.И. Аронова // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году: сб. науч. тр. / редкол.: О.Е. Старовойт (отв. ред.) [и др.]. Обнинск, 2003. С. 172-180.

2. Аронов Г.А., Аронов А.Г., Котов С.Г. Экспериментальные наблюдения за эмиссией радона на Червнослободско-Малодушинском разломе в связи с наведенной сейсмичностью в Солигорском горнопромышленном районе // Вестник геонаук. 2026. № 4. С. 20-24.

Шаг в науку: технологии и практика

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ О НЕЗАКОННОЙ ПАРКОВКЕ В ПОЖАРНЫХ ВЫЕЗДАХ НА БАЗЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ESP32-CAM

GUARDIANS OF LIFE PASSAGE — INTELLIGENT MONITORING AND EARLY WARNING SYSTEM FOR ILLEGAL PARKING IN FIRE EXITS BASED ON ESP32-CAM PHOTOELECTRIC MODULE

Ван Сяньфа
Xianfa Wang

Факультет электронной инженерии, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, Китай
Faculty of Electronic Engineering, Heihe University, Heihe, China
2730918227@qq.com

In response to the persistent problem of illegal parking of vehicles in fire lanes and the low efficiency of manual management, this project, based on the ESP32-CAM photoelectric module, integrates infrared sensing, deep learning and edge computing technologies to build an intelligent monitoring and early warning system. The system can identify illegally parked vehicles around the clock and issue dual warnings through voice and phone calls. It has low hardware costs and high recognition accuracy, effectively ensuring the smoothness of lifesaving passages and meeting the development needs of smart fire protection. Fire escape routes are the lifeline for fire rescue. Nowadays, the phenomenon of private cars illegally occupying them occurs frequently. Problems such as low efficiency of manual inspections, lagging early warnings, and difficult handling are prominent, and public fire safety hazards are severe. In line with the development trend of smart fire protection, this project has developed the “Life Passage Guardian” intelligent monitoring and early warning system. Relying on the ESP32-CAM photoelectric module, it realizes all-weather automatic monitoring, identification and early warning of illegal parking in fire passages. The system adopts a modular hierarchical architecture, uses PIR infrared sensors to complete regional perception, and distinguishes temporary passage from illegal parking through a spatio-temporal dual threshold algorithm, effectively reducing the false alarm rate. When a vehicle is found to be illegally parked, the ESP32-CAM is paired with the OV2640 camera to complete image acquisition. Combined with a photosensitive sensor and adaptive LED supplementary lighting, it ensures the shooting effect in complex environments such as day and night, rain and snow. The system uses the improved YOLOv5 and Attention-OCR deep learning algorithm for license plate recognition, and the overall recognition accuracy rate reaches 97.5%. The communication level adopts dual-channel transmission of WiFi/4G, combined with encryption protocols to ensure stable and secure data. Even when the network is interrupted, local alerts can still be triggered, making the system highly stable. The device is equipped with dual early warning functions of voice broadcast and intelligent outbound calling. It can automatically contact the car owner. If the early warning is ineffective, it will simultaneously push the information to the property management and the management department, forming a complete supervision loop. The cost of a single set of hardware for this product is only 300 yuan, with a significant advantage in cost performance. The device has IP66 water and dust resistance and is compact and easy to install. This system is in line with the policy direction of “Internet + fire Supervision” and can be widely applied in residential communities, campuses, parks and other scenarios. It makes up for the shortcomings of traditional management with low-cost intelligent means and fully safeguards the smoothness of fire safety passages.

REFERENCES

1. Bahrepour M., Meratnia N., Havinga P.J. Automatic fire detection: A survey from wireless sensor network perspective // Pervasive System Group, University of Twente, 2008.

2. Hamins A.P., Averill J.D., Gann R.G. et al. Strategic roadmap for fire risk reduction in buildings and communities, 2012.

Шаг в науку: технологии и практика

МЕТОДИКА КОГЕРЕНТНОЙ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ ДЛЯ ЗОНДИРУЮЩИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ДВУХКАНАЛЬНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

COHERENT SIGNAL ACQUISITION METHOD FOR SOUNDING SYSTEMS BASED ON TWO-CHANNEL SYNCHRONIZATION

Г.П. Гаревских, А.В. Буланов
G.P. Garevskikh, A.V. Bulanov

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia
garevskikh_georgy@mail.ru

Переход от дискретных измерений к непрерывному дистанционному зондированию морской среды требует систем, сохраняющих исходные волновые формы сигналов, поскольку коммерческие АЦП-комплексы часто выдают лишь конечный продукт обработки [Буланов и др., 2020]. Предлагается программно-аппаратный комплекс на микросервисной архитектуре [Артамонов, Востокин, 2016; Донцов, Суторихин, 2021], включающий три независимых модуля: обработки АЦП (непрерывный двухканальный захват с адаптивным пороговым детектированием фреймов по правилу трёх сигм и распараллеливанием процессов считывания, распознавания и отправки), хранения (InfluxDB и FastAPI, архивирование временных рядов с наносекундным разрешением) и анализа (БПФ, спектральная обработка, визуализация). Двухканальная схема с опорным каналом, на который подаётся электрическая копия зондирующего импульса, обеспечивает аппаратную синхронизацию и разметку фреймов [Harris и др., 2011]. Методика инвариантна к физической природе сигнала и применима как в акустике, так и в оптике, а потоковая архитектура «захват — буферизация — анализ» минимизирует латентность и делает комплекс эффективным инструментом мониторинга динамических неоднородностей in situ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонов Ю.С., Востокин С.В. Разработка распределенных приложений сбора и анализа данных на базе микросервисной архитектуры // Вестник Самарского университета. 2016. С. 1-6.

2. Буланов В.А., Корсков И.В., Соседко С.Н., Стороженко А.В. Система многочастотного акустического зондирования для исследования акустических характеристик верхнего слоя моря // Приборы и техника эксперимента. 2020. № 3. С. 131-136.

3. Донцов А.А., Суторихин И.А. Разработка геоинформационной системы на базе микросервисной архитектуры // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2021. Т. 4, № 1. С. 41-44.

4. Harris F., Chen X., Venosa E., Palmieri F.A.N. Two channel TI-ADC for communication signals // 2011 IEEE 12th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications. 2011. P. 1-5.

Шаг в науку: технологии и практика

АППАРАТУРНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПОЛИГОНА «ПЕТРОПАВЛОВСКОЕ»

INSTRUMENTATION UPGRADE OF THE PETROPAVLOVSKOYE EXPERIMENTAL TEST SITE

С.А. Гуляков[1], М.А. Мищенко[2], Н.С. Стовбун[1], Л.М.Богомолов[1], М.И.Гапеев[2], П.А. Каменев[1], В.А. Васькин[2], И.П. Дудченко[1]

S.A. Gulyakov[1], M.A. Mishchenko[2], N.S. Stovbun[1], L.M. Bogomolov[1], M.I. Gapeev[2], P.A. Kamenev[1], V.A. Vaskin[2], I.P. Dudchenko[1]

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

[1]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка, Россия

[2]Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation, FEB RAS, Paratunka, Russia

gulyakov_97@mail.ru

Геофизический полигон «Петропавловское» расположен в южной части о. Сахалин, в зоне Центрально-Сахалинской разломной системы. Одной из его ключевых особенностей является возможность проведения натурных испытаний опытных образцов оригинальной геофизической аппаратуры в сейсмоактивных условиях. Пункт начал работу 10 июня 2018 г. с установки по проекту РФФИ молекулярно-электронного широкополосного сейсмометра CME-6111 с регистратором NDAS-8226. 24 октября того же года комплекс дополнен экспериментальным молекулярно-электронным гидрофоном разработки МФТИ и компании «Р-Сенсорс»[1]. На полигоне также проводились мониторинг объёмной активности подпочвенного радона радиометром RADEX MR107, геоэлектрические измерения многоэлектродной системой «Косметекор» и электрозондирование земной коры контролируемыми электрическими источниками [2]. В 2026 г. экспериментальный гидрофон заменён промышленным прибором того же типа и дополнительно установлен пьезокерамический гидрофон ИКИР ДВО РАН с диапазоном регистрации геоакустической эмиссии 0,1 Гц–10 кГц [3]. Оба датчика размещены в искусственном водоёме для синхронных наблюдений в близких условиях и снижения помех. Сигнал пьезокерамического гидрофона оцифровывается с частотой 40 кГц, данные передаются по мобильной связи в ИМГиГ для частотно-временного анализа. Сопоставление записей датчиков с разными принципами преобразования позволит оценить их характеристики и устойчивость эффектов, отделить особенности измерительных каналов от сигналов геосреды. Это повысит достоверность выделения сейсмоакустического отклика разломной зоны на импульсное электрическое воздействие при электрозондировании. Работа выполнена в рамках государственных заданий № 075-00465-26-00 и № 124012300245-2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменев П.А., Костылев Д.В., Богинская Н.В., Закупин А.С. Геофизические исследования в южной части Центрально-Сахалинского разлома с использованием нового комплекса оборудования // Геосистемы переходных зон. 2019. Т. 3, № 4. С. 390–402.

2. 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 электрозондированиях в районе Центрально-Сахалинского разлома // Геосистемы переходных зон. 2023. Т. 7, № 2. С. 115–131. DOI: 10.30730/gtrz.2023.7.2.115-131.

3. Купцов А.В., Ларионов И.А., Шевцов Б.М. Особенности геоакустической эмиссии при подготовке камчатских землетрясений // Вулканология и сейсмология. 2005. № 5. С. 45–59.

Шаг в науку: технологии и практика

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЛАБОРАТОРИИ НА БАЗЕ STM32

A SMART LABORATORY ENVIRONMENT MONITORING AND EARLY WARNING SYSTEM BASED ON STM32

Гэ Яньюй
Yanyu Ge

Факультет электронной инженерии, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, Китай
Faculty of Electronic Engineering, Heihe University, Heihe, China
geeyannian@qq.com

At present, laboratory environment monitoring schemes are mainly divided into two types. The first type adopts industrial-grade integrated monitoring equipment, which features high measurement accuracy and complete functions [Zhang, 2021, c. 41]. However, such equipment has high hardware cost, large power consumption and complex deployment, and is not suitable for large-scale popularization in ordinary teaching and research laboratories. The second type uses simple single-point monitoring modules, which have low cost and easy deployment, but usually only collect a single environmental parameter, lack linkage alarm and remote transmission functions, and cannot meet the comprehensive management requirements of modern laboratories [Wang and Liu, 2019].

To solve the above problems, this design takes STM32 series microcontroller as the core to build a multi-parameter environment monitoring and early warning system. The system realizes synchronous collection of temperature, humidity and harmful gas concentration through matching sensors, judges whether the parameters exceed the preset threshold by program logic, and triggers sound and light alarm when abnormal conditions occur. Meanwhile, the system supports local real-time data display and short-distance wireless data uploading. In the same test environment, this paper compares the comprehensive performance of the designed system with traditional single-function monitoring modules in terms of monitoring accuracy, response speed, power consumption and functional integrity. The response time of the traditional single-function module is 52.3 ms, while the STM32-based system shortens the response time to 41.5 ms, with faster data processing speed. In terms of power consumption, the designed system operates at 12.3 mA, which is significantly lower than the traditional module, meeting the low-power operation demand of long-term on-site deployment.

The monitoring accuracy of the traditional module is only 92.15%, and its alarm response rate is 82.22%, which means it is prone to measurement deviation and delayed alarm for abnormal environment. In contrast, the STM32-based system achieves 98.72% monitoring accuracy and 100% alarm response rate, with no missed alarms in the test. From the perspective of functional completeness, the designed system integrates multi-parameter collection, local display, sound and light alarm and wireless transmission, and the score is far higher than that of the single-function module.

This paper completes the hardware circuit design and software program development of the intelligent laboratory environment monitoring and early warning system based on STM32. A large number of field tests verify that the system has high monitoring precision, rapid abnormal response, low operating power consumption and complete functions, and effectively makes up for the deficiencies of traditional monitoring equipment.

REFERENCES

1. Zhang L. Design and Implementation of Industrial Environmental Monitoring System Based on Single-chip Microcontroller: dis. … Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2021.

2. Wang H., Liu Y. Low-power Design of Indoor Multi-parameter Environmental Monitoring Terminal // Journal of Electronic Measurement and Instrument. 2019. Vol. 33, N 6. P. 112–118.

Шаг в науку: технологии и практика

АНАЛИЗ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ANALYSIS OF GEOECOLOGICAL DATA ON SURFACE WATERS OF THE KURIL-KAMCHATKA REGION USING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES

А.А. Долгая, Е.Г. Калачева
A.A. Dolgaya, E.G. Kalacheva

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
adolgaya@kscnet.ru

Вода – важнейший ресурс, от качества которого зависят здоровье населения, устойчивость экосистем и продуктивность биоресурсов. Особую актуальность мониторинг качества поверхностных вод приобретает в регионах с высокой вулканической активностью, таких как Камчатка и Курильские острова, где природные факторы могут маскировать техногенное воздействие, а гидрологический режим отличается экстремальной изменчивостью. Традиционные методы отбора проб и лабораторного анализа зачастую не позволяют в полной мере оценить динамику гидрохимических показателей. Внедрение геоинформационных технологий открывает новые возможности для интеграции разнородных данных, визуализации пространственных закономерностей и моделирования процессов переноса веществ.

Для анализа данных гидрохимического и геоэкологического мониторинга поверхностных вод полуострова Камчатка и Курильских островов, полученных сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в ходе многолетних полевых исследований, создана геоинформационная система (ГИС) «Эколого-геохимическая характеристика поверхностных вод Курило-Камчатского региона» [Калачева и др., 2026]. ГИС размещена в сети Интернет и доступна широкому кругу пользователей по адресу https://kamkursprings.nextgis.com/. Помимо общегеографической информации в системе приведены данные о пунктах мониторинга поверхностных вод региона, сопровождаемые большим количеством фотографического материала, классификация поверхностных вод по различным геохимическим параметрам (температура, pH, минерализация, тип вод), а также данные экологического мониторинга. Так, на карте можно отобразить все пункты мониторинга, в которых все показатели находятся в пределах нормы, а также пробы воды, в которых было зафиксировано превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ. Нормы ПДК приведены для вод, используемых в рыбохозяйственной деятельности, а также для вод, используемых в народном хозяйстве. Для удобства анализа все макрокомпоненты и микроэлементы, для которых проводится анализ, сгруппированы по классам опасности.

Созданная ГИС представляет интерес как для ученых в области наук о Земле, в качестве инструмента выявления скрытых геохимических трендов, так и для любых заинтересованных лиц, получающих наглядную информацию о безопасности воды в популярных туристических и рыбохозяйственных зонах.

Работа проведена в рамках государственного задания ИВиС ДВО РАН по теме «Мониторинг влияния вулканической и гидротермальной активности на химический состав рек Камчатки» (FWME-2024-0014), выполняемой по «Межведомственной программе комплексных научных исследований Камчатского полуострова и сопредельных акваторий в 2024-2026 гг.».

ЛИТЕРАТУРА

1. Калачева Е.Г., Волошина Е.В., Долгая А.А. Геопространственная база данных «Эколого-геохимическая характеристика поверхностных вод Курило-Камчатского региона». Св-во о регистрации базы данных № 2026623087 от 10.07.2026 г.

Шаг в науку: технологии и практика

ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА МЕТАНА, ТРАНСПОРТИРУЕМОГО ВСПЛЫВАЮЩИМИ ПУЗЫРЬКАМИ ИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ВОДНУЮ ТОЛЩУ И АТМОСФЕРУ НА МЕЛКОВОДНОМ ШЕЛЬФЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ (ЗАЛИВ БУОР-ХАЯ)

ESTIMATION OF METHANE TRANSPORTED BY RISING UP BUBBLES FROM BOTTOM SEDIMENTS THROUGH THE WATER COLUMN TO ATMOSPHERE AT THE SHALLOW-WATER LAPTEV SEA SHELF (BUOR-KHAYA BAY)

А.В. Доманюк[1,2,3], Н.Е. Шахова[2], А.С. Саломатин[1,3], Р.А. Ананьев[4], Е.М. Латковская[2,3], Э.А. Спивак[1,2], Д.Д. Ковика[1,3,5], А.Н. Салюк[1], О.В. Дударев[1,2], С.Л. Бедрина[5], И.П. Семилетов[1,2], Д.В. Черных[1,2,3]

A.V. Domaniuk[1,2,3], N.E. Shakhova[2], A.S. Salomatin[1,3], R.A. Ananiev[4], E.M. Latkovskaya[2,3], E.A.Spivak[1,2], D.D. Kovika[1,3,5], A.N. Saluk[1], O.V. Dudarev[1,2], S.L. Bedrina[5], I.P. Semiletov[1,2], D.V. Chernykh[1,2,3]

[1]Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
[1]V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Vladivostok, Russia

[2]Томский государственный университет, г. Томск, Россия
[2]Tomsk State University, Tomsk, Russia

[3]Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
[3]Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[4]Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия
[4]Shirshov institute of oceanology, Moscow, Russia

[5]Дальневосточный Федеральный университет, г. Владивосток, Россия
[5]Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

domaniuk.av@poi.dvo.ru

Участки водной толщи, в которую из донных отложений непрерывно поступают пузырьки,называются сипами. Прямые измерения состава газовой смеси, переносимой всплывающими пузырьками, показали, что в ней преобладает метан [SuessE., 2020]. Непрерывные измерения атмосферной концентрации метана, проводимые с 1983 года, иллюстрируют наличие планетарного максимума в северном полушарии Земли. При этом региональный прогноз ее динамики предсказывает дальнейший ежегодный рост с возможностью крупномасштабных единовременных выбросов, что подразумевает наличие региональных источников, одним из которых являются мелководные арктические сипы, приуроченные к районам с деградирующей подводной мерзлотой. Из-за слабой изученности региона вызванный ими эффект приведет к необратимым экологическим, природным, техногенным и социальным катастрофам [ShakhovaN.et.al., 2015; WittigS. et.al., 2024].

В 2018 г в мелководной части моря Лаптевых, в заливе Буор-Хая, на глубинах от 20 до 25 метров, было зарегистрировано более 100 ранее неизвестных сипов. Данные области были подтверждены дважды в 2019 и 2020 гг. В работе представлены первые результаты гидроакустических исследований данных мелководных сипов. Определена их пространственная изменчивость и получена оценка количества метана, транспортируемого данными областями из донных отложений в воду и атмосферу.

Работа выполнена в рамках проектов: FEFF-2026-0007, FEFF-2024-0004, Приоритет-2030 ТГУ, №124022100074-9 и №124022100083-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Suess E. Marine Cold Seeps: Background and Recent Advances // Hydrocarbons, Oils and Lipids: Diversity, Origin, Chemistry and Fate / Wilkes H. Cham: Springer International Publishing, 2020. P. 747-767.

2. Shakhova N. et al. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice // Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences. 2015. Vol. 373. 20140451.

3. Wittig S. et al. Surface networks in the Arctic may miss a future methane bomb // Atmospheric Chem. Phys. 2024. P. 6359-6373.

Шаг в науку: технологии и практика

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ПОРОД ВОКРУГ СКВАЖИН ПРИ БУРЕНИИ УГОЛЬНЫХ ПРОПЛАСТКОВ

MATHEMATICAL MODELING OF ROCK FAILURE DURING DRILLING OF COAL SUBFORMATIONS

М.О. Еремин, А.О. Чирков, А. Пажин
M.O. Eremin, A.O. Chirkov, A. Pazhin

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия
Institute of strength physics and materials science SB RAS, Tomsk, Russia
eremin@ispms.ru

При бурении скважин для добычи углеводородов на глубоких горизонтах, на траекториях бурения зачастую встречаются угольные пропластки, представляющие собой ослабленную породу, обрушение которой приводит к возможным осыпаниям, зацепам буровой головки, необходимости перебуривания неустойчивых зон. Подобные проявления неустойчивого поведения горных пород являются катастрофами сравнительно малых масштабов, приводящих к простоям и существенному удорожанию процесса подготовки месторождения к добыче. В докладе представлены результаты лабораторных исследований образцов керна, отобранных из угольных пропластков нефтяных месторождений Западной Сибири. Глубина отбора образцов керна составляет около 3000 м. Проведены комплексные исследования геомеханических свойств угольных отложений в пластовых условиях. Эксперименты на керне моделировали вскрытие угольных пластов буровой колонной под разными углами, осыпание стенок скважины при механическом воздействии. В результате исследований определены корреляционные зависимости прочностных свойств углей с содержанием глин. В докладе также представлены результаты математического моделирования процесса бурения скважин при проходке угольных пропластков для различных значений коэффициента Пуассона. Выполнен учет колебаний эквивалентной циркуляционной плотности, а также истории нагружения пород, находящихся на фронте бурения. За основу математической модели принята упругопластическая модель Друккера-Прагера с неассоциированным законом пластического течения и упрочнением/разупрочнением породы в процессе деформирования. Дополнительно учтена возможность поглощения бурового раствора в формирующиеся трещины в процессе бурения на основе метода клеточных автоматов. Получены закономерности разрушения угольных пропластков вокруг скважин и формирования трещин автоГРП. Пример разрушения представлен на рис. 1.

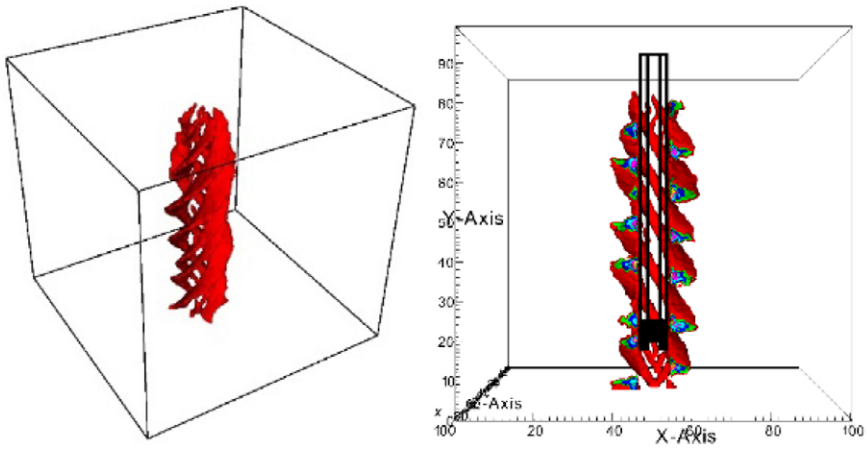


Рисунок 1. Распределение разрушения вокруг вертикальной скважины.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 25-21-00599.

Шаг в науку: технологии и практика

БАЗА ДАННЫХ КАК ИНСТРУМЕНТ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ О ГАЗОВЫХ ФАКЕЛАХ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ В ОХОТСКОМ МОРЕ С 1993 ПО 2019

THE DATABASE AS TOOL OF GEOPHYSICS ANALYSIS OF COLD SEEPS DETECTED IN OKHOTSK SEA SINCE 1993

Д.Д. Ковика[1,2,3], А.С. Саломатин[1,3], А.В. Доманюк[1,3,4], Н.Е. Шахова[4],Е.М. Латковская[3,4] А.Н. Салюк[1], С.Л. Бедрина[2], Р.А. Ананьев[5],И.П. Семилетов[1,4], Д.В. Черных[1,3,4]

D.D. Kovika[1,2,3], A.S. Salomatin[1,3], A.V. Domaniuk[1,3,4], N.E. Shakhova[4], E.M. Latkovskaya[3,4],A.N. Salyuk[1], S.L. Bedrina[2], R.A. Ananyev[5], I.P. Semiletov[1,4], D.V. Chernykh[1,3,4]

[1]Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
[1]V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

[2]Дальневосточный Федеральный университет, г. Владивосток, Россия
[2]Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

[3]Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
[3]Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[4]Томский государственный университет, г. Томск, Россия
[4]Tomsk State University, Tomsk, Russia

[5]Институтокеанологииим. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия
[5]Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia
kovikadasha@yandex.ru

Анализ гидроакустических данных, собираемых эхолотами необходим при проведении научно-исследовательских работ в экономической, экологической, климатической и геоинженерной сферах деятельности человека. Одним из факторов подобных исследований является поиск участков морского дна, из донных отложений которых в водную толщу непрерывно поступают метановые пузырьки. Подобные объекты называются газовыми факелами или сипами.

В период с 1993 по 2019 гг., в Охотском море, авторским коллективом был собран обширный плохо систематизированный массив акустической и сопутствующей ей информации о газовых факелах, зарегистрированных на глубинах от 30 до 3330 метров. Установлено, что газовые факела, обнаруженные в Охотском море приурочены к участкам морского дна со сосредоточением газовых гидратов – потенциального топлива будущего. Имеющаяся у научного коллектива информация, в случае ее структуризации, будет полезна в рамках геоинженерного и экологического мониторинга подобных районов.

В работе представленабаза данных, которая была реализована на стеке PostgreSQL + Python + Djangoc иерархической организацией данных: год экспедиции → номер рейса → уникальный номер газового факела → количество измерений в области его обнаружения.

Работа выполнена в рамках проектов: FEFF-2026-0007, FEFF-2024-0004, Приоритет-2030 ТГУ, №124022100074-9 и №124022100083-1.

Шаг в науку: технологии и практика

НЕФТЕРАЗЛИВЫ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА С ПРИМЕНЕНИЕМ QGIS (НА ПРИМЕРЕ О. САХАЛИН)

OIL SPILLS ON TRUNK PIPELINES: MODELING AND ENVIRONMENTAL DAMAGE ASSESSMENT USING QGIS (A CASE STUDY OF SAKHALIN ISLAND)

Н.А. Ковтонюк, Я.П. Попова
N.A. Kovtonyuk, Y.P. Popova

Сахалинский Государственный Университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
nikolay.kvt@yandex.ru; yana-b@inbox.ru

В современной нефтегазовой отрасли аварии на магистральных нефтепроводах являются одной из наиболее острых проблем, последствия которых наносят значительный экологический и экономический ущерб. Ежегодно многочисленные инциденты, связанные с разливами нефти и нефтепродуктов, приводят к загрязнению почв и водоемов, нанося тем самым зачастую непоправимыйурон экосистемам. Особую опасностьпредставляют аварии в чувствительных природных зонах — на шельфе, вприбрежной полосе, в водоохранных зонах рек, вблизи ООПТ, что актуально для Сахалинской области, учитывая интенсивнуюдобычу и транспортировку углеводородов в регионе. В целях расчета объёмов и визуализации последствий аварийных разливов нефти на магистральных нефтепроводах был разработан плагин для ГИС-платформы QGIS. Плагин реализован с использованием языкаPython и обеспечивает расчёт ключевых параметров разлива (объём, площадь пятна) и его пространственную визуализацию на спутниковых снимкахс учётом цифровой модели рельефа (ЦМР)[1].

Разработанный плагин позволяет автоматизировать процесс моделирования нескольких сценариевнефтеразлива на магистральном нефтепроводе (наземный и подземный), позволяет рассчитать ключевые параметры разлива, такие как объем выброса нефти и геометриюпятна загрязнения.Визуализация результатов осуществляется в рамках одного интерфейса с наложением на актуальные спутниковые снимки, что существенно упрощает мониторинг и оценку ущерба. Проведенное тестирование показало корректность работы алгоритмов и адекватность полученных данных по прогнозу распространения нефтяного пятна. Предполагается расширение функционала программы за счет учета дополнительных факторов, влияющих на распространение загрязнения и характер его воздействия на состояние окружающей среды [2,3]. Использование платформы QGIS для решения задачи моделирования нефтеразлива на магистральных нефтепроводах является перспективным и эффективным подходом, обеспечивающим доступность, высокую гибкость и адаптивность инструментария. Разработанный плагин демонстрирует возможность автоматизации и повышения точности оценки экологических последствий аварий, что важно для принятия оперативных решенийпо предотвращению и ликвидации нефтяных разливов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко А.В., Татаринов В.В. Применение ГИС-технологий для анализа риска в случае разлива нефти при аварии на нефтепроводе // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Естественные науки». 2021. № 44865288. С. 1–7.

2. Лохов А.С. Районирование территорий Заполярной тундры по степени негативного воздействия на природную среду от разливов нефти на основе разработки гидродинамической модели и экспертных технологий :автореф. дис. … канд. геогр. наук : 25.00.36 / Российский государственный гидрометеорологический университет. Санкт-Петербург, 2021. 24 с.

3. Разработка алгоритма прогнозирования аварийных разливов нефти в ГИС-системе методами математического моделирования // Электронный научный журнал «ОГБУС». 2019. №1. С. 6–12. URL: https://ogbus.ru/files/ogbus/issues/1_2019/ogbus_1_2019_p6-12.pdf (дата обращения: 12.08.2026).

Шаг в науку: технологии и практика

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И СХЕМА КОРРЕЛЯЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ БОЛЬШОЙ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ

STRATIGRAPHIC SCHEME OF NEOGENE-QUATERNARY DEPOSITS AND CORRELATION SCHEME OF IGNEOUS ROCKS OF THE GREAT KURIL RIDGE

П.Ю. Ковтунович, А.В. Дегтерев, М.В. Чибисова
P.Yu. Kovtunovich, A.V. Degterev, M.V. Chibisova

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB of the RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
p.kovtunovich@imgg.ru

Стратиграфия Южного района БКГ. В основании разреза выделяется рыбаковский андезитовый вулканический комплекс (ВК) (поздний миоцен – ранний плиоцен, 9.5–3.8 млн лет) с диатомовыми зонами *Thalassionema schraderi* и *Neodenticula kamtschatica* [Ковтунович и др. 2002, 2004]. Выше залегает камуйский дацитовый ВК (плиоцен-гелазий), затем фрегатский андезибазальтовый ВК (поздний плиоцен – ранний неоплейстоцен), головнинский дацитовый ВК (гелазий-средний неоплейстоцен), роковский дацитовый ВК (поздний неоплейстоцен) и богатырский андезитовый ВК (средний неоплейстоцен – голоцен). Выделены также плутонические комплексы: прасоловский плагиогранит-диоритовый и докучаевский гранодиоритовый.

Стратиграфия Северного района БКГ. Разрез начинается с васильевского андезитового ВК и шумновской свиты (поздний миоцен) [Атлас, 2009], вверх по разрезу сменяющихся округловским андезитовым ВК (поздний миоцен – гелазий, 5.7–2.6 млн лет) [Атлас, 2009]. Выше выделяются левашовский андезибазальтовый ВК (гелазий-ранний неоплейстоцен, 2.62–1.02 млн лет) [Атлас, 2009, Дегтерев и др. 2025, Рыбин и др., 2026а, 2026б], головнинский дацитовый ВК (гелазий-средний неоплейстоцен) [Рыбин и др., 2026б], озерновский дацитовый ВК (поздний неоплейстоцен) и вернадсковский андезитовый ВК (средний неоплейстоцен – голоцен) [Атлас, 2009]. В составе Северного района также выделен парамуширский габбро-плагиогранитовый плутонический комплекс [Атлас, 2009].

На основе диатомового анализа, радиологического датирования и геологической корреляции разработаны новые унифицированная стратиграфическая схема неоген-четвертичных отложений и схема внутрирегиональной корреляции магматических образований БКГ. Подтверждено отсутствие палеоген-раннемиоценового «зеленотуфового» комплекса в основании разреза. Формирование ВК БКГ началось с тортонского века (поздний миоцен).

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Курильских островов / ред. кол.: В.М. Котляков [и др.]; Институт географии РАН, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН. М.; Владивосток: ИПЦ «ДИК», 2009. 514 с.

2. Дегтерев А.В. [и др.] Новые данные о возрасте вулканических образований о. Матуа по результатам K-Ar-датирования // Докл. РАН. 2025. Т. 525, № 1. С. 29-35.

3. Ковтунович П.Ю. [и др.] Гос. геол. карта РФ м-ба 1:200 000. Изд. 2-е. Сер. Курильская. Листы L-55-XXIII, XXIX, L-55-XXXIII, K-55-II, L-55-XXXII. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2002. 269 с.

4. Ковтунович П.Ю. [и др.] Хронология и эволюция магматизма острова Уруп по данным K-Ar изотопного датирования и диатомового анализа // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23, № 6. С. 32-44.

5. Рыбин А.В. [и др.] Новые данные о геологическом строении островов Онекотан и Шиашкотан по результатам изотопного датирования // Тихоокеанская геология. 2026. Т. 45, № 3. С. 97-104.

6. Рыбин А.В. [и др.] Геологическое строение и возраст Центральной группы островов Большой Курильской гряды по данным K-Ar-датирования // Докл. РАН. 2026. Т. 528, № 2. С. 46-56.

Шаг в науку: технологии и практика

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ СЕЙСМОПРИЁМНИКИ В РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СЕТИ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

BROADBAND SEISMOMETERS IN THE REGIONAL SEISMIC NETWORK OF RUSSIA: PROBLEMS AND PROSPECTS

Д.В. Костылев[1,2], Н.В. Костылева[1,2] А.Г. Гоев[3]

D.V. Kostylev[1,2], N.V. Kostyleva[1,2] A.G. Goev[3]

[1]Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск, Россия

[1]Sakhalin Branch of the Federal Research Center of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

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

[2]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB of the RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[3]Институт динамики геосфер им. М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия

[3]Institute of Geosphere Dynamics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

n.kostyleva@imgg.ru

Широкополосные сейсмоприемники остаются важнейшим, но дефицитным элементом региональных сейсмических сетей в России. Современные зарубежные широкополосные сейсмоприемники Guralp серий CMG-6 и CMG-40 при заявленных характеристиках 30 с на практике надежно работают лишь в диапазоне до 10–20 с, что усиливает актуальность импортозамещения в этом сегменте. При этом модернизация отечественных короткопериодных сейсмометров СМ-3 не привела к массовому внедрению современных решений, а компактный трехкомпонентный электромеханический широкополосный сейсмоприемник в одном корпусе в России до сих пор не доведен до промышленного производства [Башилов и др., 2013]. В настоящее время фактически доступными широкополосными сейсмоприемниками являются лишь молекулярно-электронные приборы ООО «Р-Сенсорс», но их применение осложняется работой в районах с длительными низкими температурами [Агафонов и др., 2013].

Сравнение регистрационных возможностей сетей различных регионов РФ показывает, что плотная сеть короткопериодных станций обеспечивает уверенное обнаружение слабых событий, тогда как разреженная сеть не соответствует требованиям регионального мониторинга и начинает устойчиво регистрировать землетрясения только с более высоких магнитуд. На Дальнем Востоке РФ, в условиях удаленности населенных пунктов, расширение сети короткопериодных станций затруднено, поэтому оптимальным решением является развитие сети широкополосных станций регионального уровня. Широкополосные приборы необходимы не только для мониторинга сейсмичности, но и для решения научных и прикладных задач: сейсмотомографии, изучения глубинного строения коры и мантии, а также анализа анизотропии и расчета тензора момента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов В.М., Егоров И.В., Шабалина А.С. Принципы работы и технические характеристики малогабаритного молекулярно-электронного сейсмодатчика с отрицательной обратной связью // Сейсмические приборы. 2013. Т. 49, № 1. С. 5-18.

2. Башилов И.П., Волосов С.Г., Королёв С.А., Косарев Г.Л., Ризниченко О.Ю., Санина И.А. Широкополосная автономная цифровая сейсмическая станция АЦСС-3 // Сейсмические приборы. 2013. Т. 49, № 4. С. 5-25. EDN RZFJBH.

Шаг в науку: технологии и практика

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА Г. СЕВЕРО-КУРИЛЬСК

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE ENGINEERING SEISMOMETRIC STATION FOR MONITORING SEISMIC IMPACTS ON SEVERO-KURILSK

Н.В. Костылева[1,2], Д.В. Костылев[1,2]
N.V. Kostyleva[1,2], D.V. Kostylev[1,2]

[1]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB of the RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск, Россия
[2]Sakhalin Branch of the Federal Research Center of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
n.kostyleva@imgg.ru

Представлены результаты работы инженерно-сейсмометрической станции, установленной в здании городской постройки в г. Северо-Курильск (о. Парамушир) Сахалинской области. Инженерно-сейсмометрическая станция установлена в рамках наблюдений, проводимых Сахалинским филиалом Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», с целью получения информации о колебаниях сооружений и прилегающих участков грунта в условиях постоянных интенсивных сейсмических воздействий. Оперативные значения интенсивности колебаний объекта определяются по максимальным значениям пиковых ускорений на объекте мониторинга при землетрясении на основании инструментальных методов, согласно [Дрознин и др., 2017]. Проведен анализ собственных колебаний для объекта мониторинга в г. Северо-Курильск (о. Парамушир) на примере сильнейших сейсмических воздействий в 2024-2026 гг. Анализ полученных данных показал незначительные изменения частот собственных колебаний зданий, которые после сильных землетрясениях остаются в пределах расчетных величин для сооружений подобного типа. Результаты исследования также демонстрируют, что интеграция инженерных систем контроля в городскую среду является базовым элементом стратегии снижения сейсмического риска и принятия оперативных решений по ликвидации последствий землетрясений, обеспечивая службы оперативного управления точными данными для минимизации ущерба после мощных сейсмических ударов [Kostyleva, Kostylev, 2026].

ЛИТЕРАТУРА

1. Дрознин Д.В., Чебров Д.В., Дрознина С.Я. и др. Автоматизированная оценка интенсивности сейсмических сотрясений по инструментальным данным в режиме квазиреального времени и ее использование в рамках Службы срочных сейсмических донесений на Камчатке // Сейсмические приборы. 2017. Т. 53, № 3. С. 5-19.

2. Kostyleva N.V., Kostylev D.V. Seismic Monitoring in Severo-Kurilsk Before and After the July 29 (30), 2025 Earthquake Based on Data from an Engineering Seismometric Station // Russian Journal of Earth Sciences. 2026. Vol. 26. ES2016. https://doi.org/10.2205/2026es001126

Шаг в науку: технологии и практика

СИСТЕМА ЛОКАЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ГРАНИЦ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ В MATLAB

A LICENSE PLATE LOCALIZATION SYSTEM BASED ON EDGE DETECTION AND MORPHOLOGICAL FEATURES AND ITS MATLAB IMPLEMENTATION

Лю Е
Ye Liu

Факультет электронной инженерии, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, Китай
Faculty of Electronic Engineering, Heihe University, Heihe, China
1746635804@qq.com

License plate localization directly affects the overall performance of license plate recognition systems [Wang and Pei, 2016]. Deep learning methods achieve high accuracy but require heavy computation, making them unsuitable for rapid prototyping in Matlab. Traditional image processing methods are lightweight and need no training, making them ideal for teaching and validation [Li et al., 2004]. This paper follows the traditional vision approach and designs a fast localization algorithm based on vertical edge projection. The grayscale contrast between license plate characters and the background produces dense vertical edges, whose horizontal projection exhibits a distinct peak [Gonzalez, 2011]. By extracting vertical edges and computing their projection, the horizontal position of the plate can be determined. Then, the vertical boundaries are obtained by analyzing edge transitions row by row.

The specific algorithm flow is as follows. The method uses the Sobel vertical operator to enhance the edges of license plate characters. First, the color image is read and converted to grayscale. Next, the Sobel vertical operator is applied to the grayscale image to obtain the vertical edge response map, which effectively highlights character edges [Liu et al., 2004].Then Otsu adaptive thresholding is used to binarize the response map, followed by an opening operation with a 3×3 structuring element to remove isolated noise. Afterwards, the horizontal projection (summing along each column) of the binary edge map is computed. A dynamic threshold set at 30% of the maximum projection value is used, and the left and right boundaries are found by searching inward from both sides for the first columns where the projection exceeds the threshold. Within the located horizontal interval, the number of edge pixels per row is counted, and the upper and lower boundaries are determined based on abrupt changes in the row projection curve. Finally, the aspect ratio of the candidate bounding box is calculated. Boxes with aspect ratios between 2.0 and 5.0 are retained, and the one whose aspect ratio is closest to 3.14 is selected as the final result. Tests on 120 real-world images show that the proposed method achieves a localization accuracy of 91.7%.

In summary, the method presented in this paper is simple to implement in Matlab and is suitable for license plate recognition teaching and lightweight system development. Readers can insert their own images to observe the localization result.

REFERENCES

1. Wang Y.J., Pei M.T. Research on license plate localization in complex scenes // Computer Engineering and Applications. 2016.

2. Li W.J., Liang D.Q., Cui L.Y. et al. A new license plate localization method based on edge-color pair // Chinese Journal of Computers. 2004.

3. Gonzalez R.C. Edge detection techniques in digital image processing // Acta Electronica Sinica. 2011.

4. Liu Z.F., Wang Y.Q., You Z.S. License plate location method based on edge and projection // Journal of Sichuan University (Natural Science Edition). 2004.

Шаг в науку: технологии и практика

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОРМЛЕНИЯ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ НА БАЗЕ STM32

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT PET FEEDING SYSTEM BASED ON STM32

Лю Сыюй
Siyu Liu

Факультет электронной инженерии, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, Китай
Faculty of Electronic Engineering, Heihe University, Heihe, China
2831716797@qq.com

At present, pet feeders on the market are mainly divided into mechanical timing type and simple electronic type. The former relies on spring or gravity mechanism, and the amount of food delivery is difficult to control accurately. The latter has timing function, but most of them lack remote interaction and remaining amount detection ability, so it is difficult to meet the demand of intelligence in modern families [Zhang et al., 2021]. With the development of Internet of Things technology, intelligent feeding system based on embedded platform has gradually become a research hotspot. However, there is still room for improvement in terms of cost, power consumption or food delivery precision in existing schemes. This paper designs an intelligent pet feeding system based on STM32. The system uses STM32C8T6 as the main control, integrates DS1302 real-time clock module, HX711 weighing sensor, 28BYJ-48 stepping motor and ESP8266 Wi-Fi module. Users can set the feeding time, check the remaining amount and manually deliver food remotely through mobile phone APP. The system can still run automatically according to the preset time when there is no network, ensuring the continuity of pet feeding [Liu, 2023].

In terms of food delivery control, this system adopts closed-loop weighing feedback mechanism. Every time the stepping motor rotates one step, the weighing sensor detects the amount of food falling from the food outlet in real time. When the accumulated amount of food delivery reaches the set value, the motor is stopped immediately. This method effectively avoids the food delivery error caused by the change of food density or humidity in traditional open-loop control. In the actual test, the system has been running continuously for 5 days and delivered food 45 times in total. Among them, the number of times when the food delivery error is within ± 5% is 43 times, and the compliance rate is 95.6%. The average response time of remote control instruction is 0.86 seconds. After the Wi-Fi is disconnected, the system can still execute the feeding task according to the preset time. The success rate of task execution during the network outage is 100%.

This paper realizes an intelligent pet feeding system based on STM32, which has the functions of timed feeding, remote control, remaining amount detection and closed-loop control of food delivery. The experimental results show that the system performs well in food delivery precision and interaction stability, and can meet the intelligent pet feeding needs of ordinary families. The main limitation of the current system is that the weighing sensor is easily affected by vibration, which may cause instantaneous reading fluctuation. In the future work, a sliding filtering algorithm and an acceleration compensation mechanism will be introduced to further improve the accuracy of food delivery control.

REFERENCES

1. Zhang Shiqing, Zhong Lin, Wang Xupeng et al. Pet Feeding System Based on STM32 // Wireless Internet Technology. 2021. N 1. P. 64–66.

2. Liu Qiang. Design and Implementation of Intelligent Pet Feeding System Based on STM32: dis. … Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2023

Шаг в науку: технологии и практика

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ШЛЕМА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32

DESIGN OF AN INTELLIGENT HELMET SYSTEM BASED ON STM32 MICROCONTROLLER

Лю Цзябинь
Jiabin Liu

Факультет электронной инженерии, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, Китай
Faculty of Electronic Engineering, Heihe University, Heihe, China
2312779672@qq.com

As the popularity of electric bicycle commuting increases year by year, road cycling safety accidents have become more frequent. Traditional safety helmets rely solely on physical structures for passive protection and lack features such as wear detection, status monitoring, and hazard warning[Song et al., 2025]. Their level of intelligence is relatively low, making them inadequate for the current needs of cycling safety protection. This system adopts a modular design approach, featuring a simple overall structure, high integration, and low power consumption. It mainly consists of a main control module, sensor detection module, sound alarm module, OLED display module, and WiFi transmission module. The system uses the STM32F103C8T6 microcontroller as its control core, making it suitable for use in small, portable intelligent protective devices.

In terms of hardware circuit design, this paper completed the planning, design, and debugging of the overall system circuit. The sensor detection unit is primarily used to collect real-time information on helmet wear status, identifying whether the user is in a safe position through distance sensors, providing data for the system's warning logic. The alarm circuit consists of a buzzer that emits a sound alert promptly when the system detects an unsafe condition (below a set threshold), reminding the user to maintain a safe position. The display circuit, equipped with an OLED screen, can show the system's operational status in real-time, making the device's working conditions clearly visible. The wireless transmission module uses WiFi communication to upload device monitoring data to a mobile device in real-time, enabling visual data management.

The software system is programmed in C language using the Keil development environment. The main program employs a loop detection mechanism; after the device is powered on and initialized, it continuously reads data collected by the sensors and uses internal algorithms to process and identify the status. When an abnormal condition is detected, the system immediately triggers the alarm program, activates the sound warning function, refreshes the current abnormal status on the screen, and synchronizes data transmission via WiFi. In normal wear conditions, the system maintains a low-power monitoring mode, updating interface data in real-time to ensure long-term stable operation. The overall circuit diagram is shown in Figure 1-1.

After the system was built, this paper conducted multiple debugging and functional tests on each module and the entire system, verifying functions such as wear recognition, alarm response, data display, and Bluetooth transmission. The test results showed that the hardware circuit of this intelligent helmet system operates stably, the software program runs reliably, it can accurately identify helmet wear status, respond quickly to abnormal conditions, display data clearly, and transmit data stably. The overall functionality fully meets the design objectives.

REFERENCES

1. Yu Shuaiwu, Ding Hao, Wei Yuanhua et al. Design of an Intelligent Helmet System Based on STM32 // Electronics Production. 2024. Vol. 32, N 1. P. 48–51.

2. Song Huazhuo, Wang Jianping, Huo Shaojie et al. Design of an Intelligent Navigation Helmet System for the Blind Based on STM32F103RCT6 // Neijiang Science and Technology. 2025. Vol. 46, N 5. P. 42–44.

Шаг в науку: технологии и практика

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В СИСТЕМЕ ИОНОСФЕРА-ПЛАЗМОСФЕРА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ВИСТЛЕРОВ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ НА КАМЧАТКЕ

FEATURES OF DETERMINING THE ELECTRON CONCENTRATION IN THE IONOSPHERE-PLASMASPHERE SYSTEM BASED ON THE ANALYSIS OF DYNAMIC SPECTRA OF WHISTLERS RECORDED IN KAMCHATKA

Л.С. Марченко[1], Р.И. Паровик[2]
L.S. Marchenko[1], R.I. Parovik[2]

[1]Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
с. Паратунка, Камчатский край, Россия
[1]Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS,
Paratunka, Kamchatka region, Russia
marchenko@ikir.ru

В работе применён метод линейной экстраполяции динамических спектров вистлеров, зарегистрированных на Камчатке, для расчёта носовой частоты по методике работы [1]. Зная носовую частоту, можно дать оценку электронной концентрации плазмосферы с помощью методики Парка, например, в рамках модели диффузионного равновесия DE1 [2]. Разработан пакет программ, реализующих описанные выше алгоритмы [3,4]. Концентрация электронов на высоте 1000 км, полученная указанным методом, близка к значению концентрации электронов, полученной с использованием Международной эталонной модели ионосферы (IRI) [5]. Координаты для IRI выбирались таким образом, чтобы они были как можно ближе к наблюдательной станции Карымшина на Камчатке [6]. Осуществлена классификация вистлеров, зарегистрированных на Камчатке.

Работа выполнена за счет Государственного задания ИКИР ДВО РАН (рег. № темы 124012300245-2). Данные, использованные в данной работе, были получены из Центра Коллективного Пользования «Северо-восточный гелиогеофизический центр» (ЦКП СВГЦ) СКР_558279.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dowden B.L., Allcock G.McK. Determination of nose frequency of non-nose whistlers // Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics. 1971. Vol. 33. P. 1125-1129.

2. Park C.G. Methods of determining electron concentrations in the magnetosphere from nose whistlers. 1972. NASA-CR-130353.

3. Марченко Л.С. Алгоритм выделения следа искусственного сигнала вистлера в спектрограмме с помощью интегрированной среды разработки приложений PyCharm // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2024. Т. 49, № 4. С. 99-111.

4. Марченко Л.С., Паровик Р.И. Исследование дисперсии вистлеров, зарегистрированных на Камчатке // Автометрия. 2026. Т. 62, № 2. С. 101-109.

5. Forsythe V.V., Bilitza D., Burrell A.G., Dymond K.F., Fritz B.A., McDonald S.E. PyIRI: Whole-globe approach to the International Reference Ionosphere modeling implemented in Python // Space Weather. 2024. Vol. 22. e2023SW003739.

6. Marchenko L.S., Parovik R.I. Linear extrapolation method for dynamic spectra of whistlers recorded in Kamchatka to calculate nose Frequency // Proceedings of the XIV International Conference Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors. Springer Cham, 2026. P. 177-188.

Шаг в науку: технологии и практика

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ САХАЛИНСКОГО РЕГИОНА

MODERN GEODYNAMIC MOVEMENTS IN THE SAKHALIN REGION

А.А. Панжин, Н.А. Панжина
A.A. Panzhin, N.A. Panzhina

Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
Institute of Mining UB RAS, Ekaterinburg, Russia
panzhin@igduran.ru

На основе экспериментальных данных определены скорости современных геодинамических движений в Международной земной системе координат ITRF2014 станций GNSS, расположенных на территории острова Сахалин и прилегающих к нему территорий. Для определения скоростей вычислялись цикловые координаты GNSS станций международных, государственных и корпоративных геодезических сетей. Выполнено детрендирование полученных временных рядов скоростей геодинамических движений и исключена их региональная составляющая. В результате определены векторное поле скоростей горизонтальных движений и напряженно-деформированное состояние верхней части земной коры острова Сахалин и прилегающих к нему территорий.

Завершен первый этап эксперимента, проведенный на 38 станциях GNSS, для которых определены дискретные (раз в квартал и чаще) значения скоростей современных геодинамических движений. Получено свидетельство о государственной регистрации базы данных «Современные геодинамические движения территории Сахалина» (№ 2026624180). Проводится периодический мониторинг с целью актуализации базы данных с уточнением исследуемых параметров.

В базе данных представлена информация о скоростях современных геодинамических движений, по которым выявляются области высоко-градиентных движений и концентрации деформаций верхней части земной коры острова Сахалин и прилегающих к нему территорий. База данных может использоваться для получения информации о геодинамической активности массива горных пород, предназначенного для расположения сложных и ответственных объектов промышленной инфраструктуры с целью обеспечения их устойчивости и безопасности. Информация, представленная в базе данных, может быть использована для выявления и идентификации активных тектонических структур региона и геодинамического районирования территории острова Сахалин и прилегающих к нему территорий.

Областью применения разработки являются все виды недропользования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений. База данных предназначена для работников проектных и научных институтов, может быть использована для получения информации о геодинамической активности территории острова Сахалин, на которой находятся крупные действующие горнодобывающие предприятия, для выбора расположения сложных объектов промышленной и транспортной инфраструктуры с целью обеспечения их долговременной устойчивости и безопасности.

Шаг в науку: технологии и практика

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ПОТОКОВОГО РАСЧЕТА ТСМ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА БАЗЕ BAYESISOLA

DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS SYSTEM FOR STREAM-BASED SEISMIC MOMENT TENSOR INVERSION OF FAR EASTERN EARTHQUAKES USING BAYESISOLA

Д.А. Сафонов
D.A. Safonov

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
Russia d.safonov@imgg.ru

Определение тензора сейсмического момента (ТСМ) центроида по региональным волновым формам является важной задачей для оценки динамических параметров очагов сильных землетрясений. Среди существующего программного обеспечения комплекс BayesISOLA [Vackář et al., 2017] обладает рядом преимуществ перед аналогами. Алгоритм рассчитывает полную матрицу ковариации каналов данных во временной и частотной областях, что позволяет определить степень доверия к каждому прибору, оптимально фильтровать сигналы, прецизионно вычислять неопределенность центроида в пространстве и минимизировать субъективный фактор при инверсии. Однако базовая архитектура пакета ориентирована на автоматический расчет в условиях компактной региональной сети и умеренно-сильной сейсмичности, что затрудняет его прямое использование в задачах непрерывного потокового мониторинга дальневосточных сейсмических событий. В оригинальном программном пакете отсутствуют конфигурационные файлы, базовое управление процессом инверсии осуществляется отдельным структурированным скриптом, а глубокая настройка параметров требует внесения изменений напрямую в основной программный код.

В настоящей работе представлен промежуточный опыт построения автономной системы на основе BayesISOLA, учитывающей региональную специфику дальневосточных сетей. Разрабатываемый комплекс на языке Python осуществляет фоновый опрос оперативной буферной петли данных, пакетную агрегацию на базе библиотеки ObsPy [Beyreuther et al. 2010] и каскадный дозапрос из дисковых сетевых архивов при дефиците записей. Для управления разработана иерархическая структура конфигурации, позволяющая динамически переопределять расчетные параметры для каждого уникального события. Добавлена возможность проверки получаемых результатов и интерактивный режим ручного поиска лучших решений. При разработке использовалась большая языковая модель Gemini (Google) в качестве интерактивного ассистента для написания скриптов и оперативного поиска логических ошибок в модулях программы. Для подбора стартовой конфигурации параметров и независимой проверки полученных решений ТСМ использовался параллельный ручной расчет в среде ISOLA-GUI [Sokos, Zahradník, 2013].

Несмотря на то, что комплекс находится в стадии доработки и требует дальнейшей оптимизации алгоритмов, текущая версия уже демонстрирует устойчивое определение физически правдоподобных механизмов Курило-Камчатских землетрясений с высокой сходимостью реальных и теоретических сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vackář J., Burjánek J., Gallovič F., Zahradník J., Clinton J. Bayesian ISOLA: new tool for automated centroid moment tensor inversion // Geophysical Journal International. 2017. Vol. 210, N. 2. P. 693–705.

2. Beyreuther M., Barsch R., Krischer L., Megies T., Behr Y., Wassermann J. ObsPy: A Python toolbox for seismology // Seismological Research Letters. 2010. Vol. 81, N. 3. P. 530–533.

3. Sokos E., Zahradník J. Evaluating centroid-moment-tensor uncertainty in the new version of ISOLA software // Seismological Research Letters. 2013. Vol. 84, N. 4. P. 656–665.

Шаг в науку: технологии и практика

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НИЗОВОГО СНЕГОПЕРЕНОСА В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО КЛИМАТА И РАЗРЕЖЕННОЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СЕТИ

SPATIO-TEMPORAL MODELLING OF BLOWING SNOW PARAMETERS UNDER NON-STATIONARY CLIMATE AND SPARSE OBSERVATION NETWORK

М.С. Сергеев
M.S. Sergeev

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН,
г. Южно-Сахалинск, Россия
Special Research Bureau for Automation of Marine Researches FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
sergeevsnow@mail.ru

Пространственно-временное моделирование низового снегопереноса на равнинных территориях сопряжено с рядом методических ограничений, среди которых ключевыми являются разреженность метеорологической сети и низкая временная дискретность архивных данных. Развитие современных цифровых инструментов и методов пространственного анализа создаёт условия для перехода от усреднённых оценок к высокодетальному динамическому моделированию, способному учитывать локальную аэродинамику и изменчивость климатических условий.

В настоящей работе выполнено пространственно-временное моделирование параметров низового снегопереноса для территории Сусунайской низменности (о. Сахалин) на основе разработанной автором методики. Методическая база включает объективные физические критерии выделения метелевых эпизодови их основных параметров, эмпирическую коррекцию данных ГМС, обоснованную кросс-валидацией с высокочастотными измерениями, выделение периода возможного снегопереноса [1], а также интеграцию диагностического ГИС-моделирования ветрового поля WindNinja [3] с физической параметризацией переноса и данными классификации земного покрова ESA WorldCover [2]. Расчётным параметром выступает характерная интенсивность снегопереноса при низовых метелях (т/м*ч), оцениваемая по двухсценарному подходу.

В рамках работы выполнено ретроспективное моделирование за два десятилетних периода, позволившее выявить пространственно-времнную неоднородность распределения зон максимального снегопереноса. Высокое пространственное разрешение (350×350 м) обеспечило чёткую локализацию участков экстремальной аккумуляции, формирующихся на границах смены типов подстилающей поверхности. Проведено сценарное моделирование влияния трансформации ландшафта (вырубки лесных массивов) на смещение и изменение интенсивности зон снегонакопления, продемонстрировавшее возможности метода для количественной оценки последствий антропогенных изменений. Разработанный подход реализован в виде специализированного программного комплекса на языке Python и может быть тиражирован на другие равнинные регионы с аналогичными условиями наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев М.С. Многолетние изменения границ и продолжительности периода возможного снегопереноса по данным ГМС (южный Сахалин) // Экологические системы и приборы. 2026. № 8. С. 24-28.

2. Weather and Forecasting. 2025. Vol. 40. P. 525-541.

3. Zanaga D., Van De Kerchove R., Daems D., De Keersmaecker W., Brockmann C., Kirches G., Wevers J., Cartus O., Santoro M., Fritz S., Lesiv M., Herold M., Tsendbazar N.E., Xu P., Ramoino F., Arino O. ESA WorldCover 10 m 2021 v200. 2022.

Шаг в науку: технологии и практика

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

GEOPHYSICAL ASPECTS OF KAMCHATKA REGION ENERGY SECURITY

В.П. Сивоконь[1], А.А. Любин[2], Ю.В. Марапулец[1], А.А. Солодчук[1]
V.P. Sivokon[1], A.A. Lyubin[2], Yu.V. Marapulets[1], A.A. Solodchuk[1]

[1]Институт космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук, п. Паратунка, Россия
[1]Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Paratunka, Russia

[2]ПАО «Камчатскэнерго», г. Петропавловск-Камчатский, Россия
[2]Kamchatskenergo, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
vsivokon@mail.ru

Энергетические системы являются критически важными элементами современного технологического уклада, что требует их надежного функционирования. Ввиду сложности систем их надежность определяется множеством факторов, в том числе геофизическим. Наиболее известным его проявлением являются события 13 марта 1985 года в Канаде, когда вышла из строя система энергоснабжения провинции Квебек. Причиной этого события явилась магнитная буря, сопровождавшаяся увеличением интенсивности природной токовой структуры — электроджета. Возмущения в нем порождают в протяжённых проводниках геомагнитно-индуцированные токи (ГИТ), например в воздушных линиях электропередач, что приводит к выходу из строя трансформаторов.

На Дальнем Востоке исследованием ГИТ занимается ИКИР ДВО РАН. В силу технических и организационных причин на первых этапах исследований прямые измерения исключались. Нами разработан ряд технологий его косвенного наблюдения [Сивоконь, Сероветников, 2013; Сивоконь, 2021]. В 2024 году удалось зафиксировать прямое наличие ГИТ в линии Мутновской ГеоЭС в виде геомагнитных пульсаций Pc3 [Sivokon, 2026]. Мониторинг электрических параметров воздушной линии позволил обнаружить колебания мощности с периодом характерным для геомагнитных пульсаций Pc5, однако их мощность не соответствовала энергетике пульсаций этого класса. Подобные колебания наблюдались в вариациях давления пробной скважины Мутновского геотермального поля [Кирюхин и др., 2006]. Сбор, анализ и сопоставление электрических и технологических параметров станции позволил установить взаимосвязь колебаний мощности станции и давления в скважинах. Показано, что вариации интенсивности, времени проявления, длительности и периода колебаний мощности зависят от геофизических условий и технологических особенностей эксплуатации станции.

В связи с принятием решения по реализации второй очереди Мутновской геотермальной станции является актуальным исследование комплекса геофизических и технологических факторов устойчивости Мутновской ГеоЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирюхин А.В., Корнеев В.А., Поляков А.Ю. О возможной связи сильных землетрясений с аномальными изменениями давления в двухфазном геотермальном резервуаре // Вулканология и сейсмология. 2006. № 6. С. 3-11.

2. Сивоконь В.П., Сероветников А.С. Геомагнитно-индуцированные токи в электрических сетях Камчатки // Электро. 2013. № 3. С. 19-22.

3. Сивоконь В.П. Новый метод обнаружения геомагнитно-индуцированных токов // Электротехника. 2021. № 11. С. 53-58.

4. Sivokon V.P. A Novel Mechanism in the Manifestation of Geomagnetically Induced Current // Russian Electrical Engineering. 2026. Vol. 97. N. 5. P. 373-380.

Шаг в науку: технологии и практика

ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ: ОТ РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ К СТАТИСТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ

ELECTRO-TELLURIC MONITORING OF NATURAL PROCESSES: FROM DATA ACQUISITION TO STATISTICAL ANALYSIS

Н.С. Стовбун, С.А. Гуляков, И.П. Дудченко
N.S. Stovbun, S.A. Gulyakov, I.P. Dudchenko

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
n1kolay19971997@yandex.ru

В работе исследуются вариации вертикальной компоненты электротеллурического поля (ЭТП) до и после сейсмических событий 2024-2026 гг. Анализировались данные двух станций, расположенных на юге о. Сахалин («Южно-Сахалинск» и «Колхозное»). Измерения выполнялись с использованием нескольких трехэлектродных систем, формирующих вертикальные измерительные каналы. На станции «Южно-Сахалинск» установлены две системы электродов из нержавеющей стали, разнесенные на 10 м. Каждая система состоит из трех пластин размером 50 × 50 см, расположенных одна над другой с расстоянием 50 см. Нижний электрод находится на глубине около 2 м. Верхний и средний электроды измеряются относительно нижнего, формируя два канала.

В декабре 2025 года схема была дополнена двумя трехэлектродными системами из других материалов. В первой использованы электроды из сплава ПОС-40 в виде цилиндров высотой 3.5 см и диаметром 4.5 см, во второй - графитовые электроды размером 12.5 × 25 × 32 мм. Каждая дополнительная система установлена в 5 м от ближайшей системы электродов из нержавеющей стали. Измерения выполнялись по аналогичной двухканальной схеме. На станции «Колхозное» используется аналогичная схема измерений. Отличием является отсутствие графитовых электродов. Рядом с системами металлических пластин установлены только дополнительные системы из сплава ПОС-40 [1].

Таким образом, сформирован многолетний многоканальный массив данных двух пунктов наблюдений, полученный с использованием электродов различного материала и геометрии. Это позволяет проводить статистический анализ вариаций ЭТП и их возможной связи с сейсмической активностью.

Для обработки временных рядов разработан автоматизированный алгоритм выделения характерных бухтообразных возмущений вертикальной компоненты ЭТП. Отбор сейсмических событий осуществлялся по логарифмическому критерию, учитывающему магнитуду и расстояние от эпицентра до станции. Для оценки статистической значимости соответствий между возмущениями ЭТП и землетрясениями использовались точный тест Фишера, биномиальный тест и пермутационный анализ.

Предварительные результаты позволяют оценить ранее выдвинутую гипотезу о связи вариаций вертикальной компоненты ЭТП с изменением сейсмической активности вблизи пунктов наблюдений. Формализованное выделение вариаций и применение статистических критериев позволяют перейти от визуального сопоставления данных к количественной оценке наблюдаемых закономерностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стовбун Н.С., Богомолов Л.М. Измерение напряженности вертикального электротеллурического поля в разломных зонах южной части Сахалина // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2025. Т. 53, № 4. С. 105-117.

Шаг в науку: технологии и практика

АПРОБАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЭРЕДИТАРНОЙ α-МОДЕЛИ ОАР С УЧЁТОМ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ДАННЫЕ РАДОНОВОГО МОНИТОРИНГА ЮГА О. САХАЛИН ЗА 2020-2025

VALIDATION OF THE MATHEMATICAL HEREDITARY α-MODEL RVA, TAKING INTO ACCOUNT THE IMPACT OF ATMOSPHERIC PRESSURE ON RADON MONITORING DATA FROM THE SOUTH OF SAKHALIN ISLAND FOR 2020-2025

Д.А. Твёрдый[1,2], Н.С. Стовбун[1,3]
D.A. Tverdyi[1,2], N.S. Stovbun[1,3]

[1]Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск, Россия
[1]Sakhalin Branch of the Federal Research Center of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[2]Институт космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук, п. Паратунка, Россия
[2]Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Paratunka, Russia

[3]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
[3]Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
tverdyi@ikir.ru

В исследовании проведено математическое моделирование временных рядов накопления радона в камере прибора регистратора с помощью нелинейной эредитарной математической α-модели объемной активности радона (ОАР) [1] в сопоставлении с обработанными экспериментальными ОАР юга о. Сахалин за 2020–2025 гг. Математическая модель ОАР представляет собой задачу Коши для дифференциального уравнения с дробной производной Герасимова–Капуто по времени с неизвестным параметром-порядком дробной производной $0<\alpha<1$, характеризующим задержку (эффект памяти [2]) в процессе переноса радона в геосреде, что выражается в уровне насыщения радона в накопительной камере. Данная модель ОАР была модифицирована для учёта влияния атмосферного давления воздуха (АДВ) на результаты моделирования путём подстановки обработанных данных по АДВ в том же временном промежутке, что и ОАР. Был решён ряд прямых задач математического моделирования при различных значениях неизвестного параметра, до достижения высокого уровня корреляции между результатом и данными ОАР, с целью показать, что эредитарная модель ОАР способна учитывать влияние вариаций АДВ на динамику ОАР. Из результатов моделирования можно сделать вывод о том, предложенный подход обоснован, т. к. в некоторых случаях при сопоставлении с данными ОАР модельные кривые довольно точно повторяли как общий уровень радона, так и динамику его вариаций. В то же время, присутствуют участки данных ОАР, где модельные кривые не отражают нужный уровень радона или не совпадают с динамикой, что, вероятно, объясняется преобладанием иных механизмов изменения ОАР в накопительной камере, не учтённых в рассмотренной модели процесса. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-00609-26) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира» (https://ckp-rf.ru/usu/507436/, http://www.gsras.ru/unu/). Работа выполнена за счет Государственного задания ИКИР ДВО РАН (рег. № НИОКТР 124012300245-2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Tverdyi D.A., Makarov E.O., Parovik R.I. Hereditary Mathematical Model of the Dynamics of Radon Accumulation in the Accumulation Chamber // Mathematics. 2023. Vol. 11, N 4. P. 850.

2. Учайкин В.В. Метод дробных производных. Ульяновск: Артишок, 2008. 510 с.

Шаг в науку: технологии и практика

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ КОВУЛКАНИЧЕСКИХ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ МЕТОДАМИ СОБЫТИЙНОЙ ПОСТОБРАБОТКИ И АУГМЕНТАЦИИ ДАННЫХ

IMPROVING AN AUTOMATIC DETECTION ALGORITHM FOR COVOLCANIC IONOSPHERIC DISTURBANCES USING EVENT-LEVEL POST-PROCESSING AND DATA AUGMENTATION

А.С. Тен, А.А. Сорокин, В.Ю. Черных
A.S. Ten, A.A. Sorokin, V.Yu. Chernykh

Вычислительный центр ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия
Computing Center FEB RAS, Khabarovsk, Russia
alexander.s.ten@yandex.ru

Предложено усовершенствование алгоритма обнаружения ковулканических ионосферных возмущений (КИВ), основанного на оконной сегментации временного ряда полного электронного содержания (ПЭС)с последующей классификацией сегментов методами машинного обучения [Ten etal., 2025]. Для снижения числа ложных срабатываний алгоритм дополнен процедурой постобработки, включающей бинаризацию результатов классификации по принципу триггера Шмитта вместо использования фиксированного порога, кластеризацию классификационных решений и фильтрацию выделенных событий по физически обоснованным критериям.

Обучение классификаторов дополнено аугментацией положительных примеров путём растяжения их временного масштаба в 1,0–1,6 раза. Такой подход сохраняет морфологию волновой формы КИВ и позволяет учитывать различия в характерных периодах возмущений между извержением, использованным для обучения, и целевым событием.

Применение алгоритма с предложенной постобработкой к данным по извержению вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай (2022 г.) показало снижение доли ложных срабатываний в 2,5 раза при умеренном уменьшении полноты обнаружения. Для алгоритма с классификатором на основе градиентного бустинга (XGBoost) доля ложных срабатываний уменьшилась с 0,80 до 0,32 при полноте обнаружения 0,76. В то же время классические методы ROTI, DROT и STA/LTA характеризуются высокой долей ложных срабатываний 0,81–0,89.

Установлена согласованность обнаруженных КИВ с известными закономерностями распространения атмосферно-ионосферных возмущений. На диаграмме «дальность–время» положения обнаруженных КИВ соответствуют известным волновым фронтам: акустическим модам 950 ± 170 и 710 ± 115 м/с, а также волне Лэмба со скоростью 337 ± 17 м/с. Времена прихода возмущений согласуются с расчётными скоростями распространения на расстояниях до8700 км от вулкана и воспроизводят результаты независимых исследований. Предложенная постобработка повысила переносимость алгоритма обнаружения КИВ с обучающего события на целевое. Полученные результаты подтверждают эффективность разработанного подхода и физическую обоснованность выявленных КИВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ten A., Sorokin A., Shestakov N. et al. Detecting covolcanic ionospheric disturbances using GNSS data and a machine learning algorithm // Advances in Space Research. 2025. Vol. 75, N 1. P. 1052-1065..

Шаг в науку: технологии и практика

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ДОМА НА БАЗЕ STM32

SMART HOME SYSTEM BASED ON STM32

Тун Синци
Xingqi Tong

Факультет электронной инженерии, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, Китай
Faculty of Electronic Engineering, Heihe University, Heihe, China
Tongxingqi0228@qq.com

Residential safety is closely related to the property and personal safety of residents. Early home security mainly relied on physical barriers such as facial recognition door locks [Wang et al, 2024], which could only prevent external intrusions but could hardly deal with various accidents occurring indoors. With the improvement of living standards, people have increasingly higher requirements for the safety of their living environment, and passive protection can no longer meet actual needs. In recent years, indoor safety accidents have occurred frequently, requiring home security to shift toward active monitoring and comprehensive prevention and control. At the same time, increased social population mobility and the growing number of people living alone have made the demand for reliable home security systems more urgent. Therefore, building a comprehensive intelligent security system has become an important way to enhance residents' sense of safety and happiness in life.

This paper completes the design and implementation of a home environment security system based on STM32. The system takes the STM32F103C8T6 minimum system board as the core, cooperates with hardware such as a human infrared sensor and a smoke sensor, and the control program is written under the Keil5 MDK environment, successfully realizing functions such as smoke alarm, remote control, and local status display. With the powerful data processing capability and rich peripheral interfaces of the STM32 chip, the system can simultaneously acquire and parse multi-channel sensor signals. By adopting a modular programming approach, various functional modules work together, effectively solving the problems of delayed hazard detection and untimely handling in traditional security methods. The schematic design is completed with EDA software, and through actual hardware debugging, issues such as interface compatibility and signal interference have been identified and optimized.

The physical test results show that the system runs stably and all preset functions can be realized normally. The sensor detection accuracy is high, the actuator linkage is reliable, and the WiFi communication is stable, which can well meet the actual use requirements of indoor home security. The overall hardware integration is high, the construction cost is controllable, the program has good scalability, and the deployment operation is simple. With the continuous development of embedded and IoT technologies, STM32 series chips have broad application prospects in the field of civilian security. In the future, functions such as multi-terminal linkage and historical data storage can be further added to adapt to more diverse home security requirements and provide more comprehensive technical support for residential safety.

REFERENCES

1. Wang Ke, Zou Jiaou, Liu Jia. Design of Home Security Alarm Based on STM32 // Harbin Cambridge University, 2024.

Шаг в науку: технологии и практика

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MICROCONTROLLER-BASED VEGETATION MONITORING AND CONTROL DEVICE

Фэн Шу
Shu Feng

Факультет электронной инженерии, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, Китай
Faculty of Electronic Engineering, Heihe University, Heihe, China
1919880954@qq.com

China's agriculture is undergoing a transformation from traditional extensive production to modern precision production, with smart agriculture and protected agriculture emerging as key development priorities. Driven by the rural revitalization strategy, the agricultural sector has seen rising demand for refined management and efficient operation. Vegetation constitutes the core of agriculture, ecology and horticulture, and its growth status is markedly affected by environmental conditions. Conventional vegetation management relies on manual experience, which fails to quantify environmental parameters accurately. It suffers from delayed regulation, high labor costs, and cannot support all-day monitoring in large-scale cultivation scenarios.

This paper designs and implements a vegetation monitoring device based on the STC89C52 microcontroller, which integrates functions including data collection, intelligent regulation, real-time data display, abnormal alarm and Bluetooth communication. It realizes automatic environmental monitoring and intelligent control and reduces the labor cost of manual on-duty monitoring. Precise regulation can ensure the healthy growth of vegetation, improve its survival rate and quality, and indirectly boost agricultural benefits. Meanwhile, the device can adapt to a variety of scenarios with a wide application range and low promotion cost, which can meet the demands of ordinary users. This design enriches the application cases of 51-series microcontrollers in smart agriculture, provides certain references for the research and development of similar equipment, and enhances the practicality of related devices.

The hardware of this system adopts a modular design concept, dividing core control, data acquisition, display, communication and execution functions into independent modules with clear interfaces for collaborative operation, which not only facilitates assembly and debugging but also ensures the long-term stable operation of the system. The following elaborates on the structure, wiring logic and function realization of each core hardware module to verify the feasibility and practicability of the design.

In terms of environmental parameter detection technology, domestic research has evolved from single-parameter detection to multi-parameter comprehensive monitoring, and from local data display to remote wireless transmission. In 2023, Shi Chenhao, Li Chengchuang, Yu Jiaqing and other researchers jointly developed a humidity collection and control system for agricultural greenhouses [Shi et al., 2023]. In 2025, Lu Jinyang designed a greenhouse soil moisture detection system based on STC series microcontrollers, realizing accurate collection of soil moisture and automatic irrigation control, and proving that this scheme is practical and cost-effective for small and medium-sized agricultural greenhouses [Lu, 2025].

REFERENCES

1. Shi C.H., Li C.C., Yu J.Q. et al. Design of Humidity Acquisition and Control System for Agricultural Greenhouses Based on Microcontroller // Electronic Production. 2023. Vol. 31, N 13. P. 92–94.

2. Lu J.Y. Design of Greenhouse Soil Moisture Detection System Based on Microcontroller // Hebei Agricultural Machinery. 2025. N 08. P. 19–21.

Шаг в науку: технологии и практика

МОНИТОРИНГ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПЕРИОД ПРОМЫСЛА ПЕЛАГИЧЕСКИХ ВИДОВ РЫБ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

MONITORING OF HYDROLOGICAL CONDITIONS IN THE PELAGIC FISH FISHERY AT THE PRESENT STAGE

Ж.Р. Цхай, В.Н. Филатов
Zh.R. Tskhay, V.N. Filatov

Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск, Россия
Sakhalin branch of "VNIRO" ("SakhNIRO"), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
tshaijr@sakhniro.vniro.ru

Цель данной работы – определить перечень необходимой информации для поиска и определения районов скоплений сайры и сардины при оперативном научном сопровождении промысла для повышения его эффективности.

В 1980-е годы на Южных Курилах полноценно функционировала служба рыбопромысловой разведки. В её распоряжении имелись специализированные научно-поисковые суда, региональные суда промысловой разведки и самолеты авиаразведки. Задачу поиска мест с благоприятными для формирования скоплений гидрологическими условиями решали с помощью краткопериодных комплексных съемок [Бочаров, 1990].

Районы с подходящими условиями формируются преимущественно у гидрологических фронтальных разделов между трансформированными субтропическими и субарктическими водами и в прибрежных областях с активным приливным перемешиванием. Климатические изменения существенно влияют на миграционные потоки и распределение скоплений косяков сайры и сардины. При этом положение основных гидрологических структур, а также их динамику можно оценить по данным спутникового мониторинга температуры поверхности океана [Tskhay, Filatov, 2025], где в общий массив данных добавляются термические показатели с датчиков, расположенных на БПЛА. Такой способ совмещения данных детализирует и корректирует картину распределения основных гидрологических структур в местах промысла.

Уточнение положения мест наиболее благоприятных для формирования скоплений производится с помощью данных спутниковой альтиметрии. На их основе выделяются участки акватории, где пересекаются поверхностные фронтальные образования с положением минимальных значений аномалий уровня океана [Старицын и др., 2004]. Для проверки наличия в их пределах скоплений рыбы дополнительно выполняются оперативные поисковые работы с помощью БПЛА.

Итогом сопряжения данных спутниковых измерений, видеонаблюдений с БПЛА и результатов промысла является промысловый планшет, который в период путины ежедневно передается капитану российского промыслового судна.

Работа проведена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 24-61-00025).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочаров Л.Н. Системный анализ в краткосрочном рыбопромысловом прогнозировании. Л.: Наука, 1990. 208 с.

2. Tskhay Zh., Filatov V. Interannual Dynamics of Thermal Conditions in the Kuril Islands Region And Changes in Sardine And Saury Aggregation Site // 2025 International Conference on Ocean Studies (ICOS). Vladivostok, 2025. P. 5-10.

3. Старицын Д.К., Филатов В.Н., Фукс В.Р. Основы использования спутниковой альтиметрической информации для оценки условий формирования промысловых скоплений сайры // Известия ТИНРО. 2004. Т. 137. С. 398-408.

Шаг в науку: технологии и практика

ОБНАРУЖЕНИЕ КОСЕЙСМИЧЕСКИХ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ПО ДАННЫМ ГНСС МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КАМЧАТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 29 ИЮЛЯ 2025 г. (M_w = 8,8) В ДАЛЬНЕЙ ОТ ОЧАГА ЗОНЕ

DETECTION OF COSEISMIC IONOSPHERIC DISTURBANCES FROM GNSS DATA USING MACHINE LEARNING: A CASE STUDY OF THE 29 JULY 2025 M_W 8.8 KAMCHATKA EARTHQUAKE (THE FAR-FIELD ZONE)

В.Ю. Черных[1], А.С. Тен[1], Н.В. Шестаков[1,2,3], А.А. Сорокин[1]
V.Yu. Chernykh[1], A.S. Ten[1], N.V. Shestakov[1,2,3], A.A. Sorokin[1]

[1]Вычислительный центр ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия
[1]Computing Center FEB RAS, Khabarovsk, Russia

[2]Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
[2]Institute of Applied Mathematics, FEB RAS, Vladivostok, Russia

[3]Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия
[3]Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
alexander.s.ten@yandex.ru

Сильные землетрясения генерируют акустические волны в атмосфере, которые вызывают косейсмические ионосферные возмущения (КСИВ). Такие возмущения регистрируются во временных рядах полного электронного содержания (ПЭС), реконструируемых по данным глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Для автоматизированного обнаружения КСИВ всё более широкоиспользуются методы машинного обучения [Brissaud, Astafyeva, 2022].На примере Камчатского землетрясения, произошедшего 29 июля 2025 г. с магнитудойM_w = 8,8, исследована эффективность таких методов для обнаружения КСИВ в дальней от очага зоне (2000–2400 км). В работе были использованы 29 822 временных ряда ПЭС за сутки события и контрольные сутки без события. В исследовании был рассмотрен алгоритм [Ten etal., 2025], объединяющий обработку данных в скользящем окне длительностью 25 мин и классификатор на основе методов машинного обучения. Предложен компактный набор из 13 информативных признаков рядов ПЭС, характеризующих форму сигнала с возмущениями. Обучены и протестированы классификаторы на основе случайного леса (RandomForest), градиентного бустингаXGBoost, а также нейросетейархитектурMLPи TCN.

Качество обнаружения оценивалось на уровне отдельных событий по полноте обнаружения $DR = TP/(TP + FN)$ и доле ложных срабатываний $FAR = FP/(TP + FP)$, где TP — число корректно обнаруженных размеченных КСИВ, FP — число ложных обнаружений, FN — число пропущенных КСИВ. Конфигурация алгоритма с классификатором RandomForestc ограничением на ожидаемое время прихода волны обеспечивает DR = 0,72 при FAR= 0,20,превосходя классический алгоритм STA/LTA,показавшийDR = 0,40 при FAR = 0,32.

Установлено, что для распознавания КСИВопределяющими являются признаки формы Таким образом, полученные нами результаты демонстрируют применимость методов машинного обучения для автоматизированного обнаружения ионосферных возмущений, вызванныхсильными землетрясениями даже на значительных расстояниях от очаговой зоны.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 26-21-20070, https://rscf.ru/project/26-21-20070/ и Правительства Хабаровского края (соглашение № 129С/2026 от 25.05.2026).

ЛИТЕРАТУРА

1. Brissaud Q., Astafyeva E. Near-real-time detection of co-seismic ionospheric disturbances using machine learning // Geophysical Journal International. 2022. Vol. 230, N 3. P. 2117-2130.

2. Ten A., Sorokin A., Shestakov N. et al. Detecting covolcanic ionospheric disturbances using GNSS data and a machine learning algorithm // Advances in Space Research. 2025. Vol. 75, N 1. P. 1052-1065.

Шаг в науку: технологии и практика

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СРЕДОЙ В КУРЯТНИКЕ НА БАЗЕ STM32

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN INTELLIGENT CHICKEN HOUSE ENVIRONMENT MANAGEMENT SYSTEM BASED ON STM32

Чэнь Бинжунь
Bingrun Chen

Факультет электронной инженерии, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, Китай
Faculty of Electronic Engineering, Heihe University, Heihe, China
2902348287@qq.com

With the development of the times, the poultry farming industry has gradually expanded its scale. With the significant increase in demand for chicken coop environmental management, the traditional manual monitoring method for chicken coop environment has become inefficient, with poor data accuracy, and increasingly difficult to meet the precise control of the environment. After investigation, it was found that environmental factors such as temperature, humidity, ammonia concentration, carbon dioxide concentration, and light in the chicken coop have a significant impact on the health and growth and development of the chicken flock. Rahmadani and others designed and developed a classroom temperature and humidity monitoring system based on the Internet of Things for thermal comfort assessment. Although the research object is the classroom, the IoT monitoring technology in it can provide reference for monitoring the environment of chicken coops [Rahmadani et al, 2023]. The intelligent chicken coop environment management system based on STM32 was born to solve this problem. The overall design of the intelligent chicken coop environment management system based on STM32 aims to achieve real-time monitoring and adjustment of various environmental parameters in the chicken coop. The core component of this system is the STM32 microcontroller, which is responsible for receiving and processing data from various sensors. Sensors include gas sensors, temperature and humidity sensors, photosensitive sensors, and carbon dioxide sensors, which are used to monitor gas concentration, temperature, humidity, and light intensity in the environment. These sensors continuously monitor environmental changes inside the chicken coop, providing real-time data for the system. The system is also equipped with several actuators, such as fans and spray devices, to automatically adjust the temperature and humidity in the chicken house. Through the control of STM32 single-chip microcomputer, the spray device can automatically start when the humidity is too low, and the fan can automatically adjust the operating state according to the temperature change to ensure a comfortable environment in the chicken house. The system integrates a WIFI module, which can upload the monitored data to the Alibaba Cloud IoT platform. It can view real-time chicken coop environment data through a mobile app and remotely control it as needed. Through this method, not only can the real-time status of the chicken coop be monitored at any time, but environmental conditions can also be remotely adjusted, thereby improving breeding efficiency and the quality of chicken growth.

This comprehensive and in-depth functional testing of the STM32 based intelligent chicken coop environment management system shows that the overall performance of the system is good through strict testing of sensor data acquisition, data display, data transmission, and system stability.

REFERENCES

1. Rahmadani D.P.P., Pradharona Q.I., Kirom M.R., Suhendi A., Ajiwiguna T.A. Design and Development of IoT-based Temperature and Humidity Monitoring System for Thermal Comfort Evaluation in Classrooms // Journal of Physics: Conference Series. 2023. Vol. 2673, N 1. P. 012011.

Шаг в науку: технологии и практика

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЫБНЫМ ПРУДОМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MICROCONTROLLER-BASED FISH POND CONTROL SYSTEM

Ян Ци
Qi Yang

Факультет электронной инженерии, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ, Китай
Faculty of Electronic Engineering, Heihe University, Heihe, China
2561474230@qq.com

As the global transition toward smart agricultural technology accelerates, China's Ministry of Agriculture and Rural Affairs has emphasized the need to promote and apply smart equipment in the aquaculture sector in its "Guiding Opinions on Vigorously Developing Smart Agriculture" [2]. Internationally, developed countries such as Norway have successfully integrated Internet of Things (IoT) and artificial intelligence (AI) technologies into recirculating aquaculture systems (RAS). However, the cost of a single system exceeds one million yuan, making it difficult to adapt to China's current industry landscape, which is dominated by small and medium-sized aquaculture operations.In contrast, microcontroller-based control systems, with their advantages of low cost, low power consumption, and high flexibility, have emerged as a key solution to address these industry challenges. Currently, the STM32 series of microcontrollers supports multi-sensor fusion, complex algorithm execution, and wireless communication capabilities, providing the hardware foundation for building low-cost intelligent systems.

This paper designs and implements an intelligent fish pond control system based on the STM32 microcontroller. Its core value is reflected in the following three aspects: First, on the technical level, the system integrates high-precision sensors with threshold detection algorithms to enable minute-by-minute monitoring of water quality parameters and intelligent coordination of equipment, significantly improving aquaculture efficiency. Second, from an economic perspective, the use of domestically produced components and a modular design, combined with remote control via a mobile app, shortens the payback period to 6–8 months. Third, from an ecological perspective, the system's precise feeding significantly reduces the use of medications and the discharge of pollutants into the water.

Through technological innovation and cost optimization, this study provides a feasible solution for the smart transformation of small and medium-sized fish ponds. This not only drives the aquaculture industry toward more refined and eco-friendly practices but also holds significant practical importance for ensuring food security, increasing farmers' incomes, and advancing ecological civilization. It aligns with the underlying needs of the national "Smart Agriculture" and "Rural Revitalization" strategies.

Comprehensive testing of the system has confirmed that all modules meet the expected performance requirements. Regarding the display, the screen updates in real time and accurately displays environmental parameters, allowing users to visually monitor the pond environment. Regarding data acquisition, the sensors operate quickly and promptly, and are in good working condition, providing reliable and stable data support for the system. In terms of functionality, all control circuits respond precisely and promptly to button commands.

REFERENCES

1. Shu Lijun. Design and Implementation of an NB-IoT-Based System for Collecting and Remotely Monitoring Fish Pond Water Quality Parameters: dis. … Wuhan: Wuhan University of Technology, 2022.

2. Liu Xiaojin, Yan Fangwei, Wei Zhen et al. Design of an Intelligent Aeration System Control System for Non-Standard Fish Ponds Based on Fuzzy Algorithms // China Agricultural Machinery Equipment. 2024. N 11. P. 79–82.

Заметки

Для вопросов и заметок во время заседаний

НАУЧНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Геодинамические процессы и природные катастрофы

12–16 октября 2026 года
г. Южно-Сахалинск, Россия

Тезисы докладов

Ответственный редактор
Д.П. Ковалев

Электронная верстка: А.А. Филимонкина

Размещено в открытом доступе
на сайте www.imgg.ru

Дата подписания к использованию 20.10.2026.
Электронное сетевое издание. – 3.9 Мб.
Заказ № 80113.

ФГБУН Институт морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения РАН
693022, г. Южно-Сахалинск. ул. Науки, 1Б
Участок офсетной и оперативной полиграфии.