



Институт морской
геологии и геофизики
ДВО РАН



Международный
консорциум
«Сахалин-1»



Питомник растений
МИП ООО
"Магнолия Парк"

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

IV ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ

6–10 сентября 2021 г.

г. Южно-Сахалинск, Россия

IV NATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

GEODYNAMICAL PROCESSES AND NATURAL HAZARDS

September 6–10, 2021
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

ABSTRACTS



2021

**IV ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ

6–10 сентября 2021 г.
г. Южно-Сахалинск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



2021

УДК 551.2+551.3+550.3+574

Г 354

Геодинамические процессы и природные катастрофы: тезисы докладов IV Всероссийской научной конференции с международным участием, г. Южно-Сахалинск, 6–10 сентября 2021 г. / отв. ред. Л.М. Богомолов. – Южно-Сахалинск: Ин-т морской геологии и геофизики ДВО РАН, 2021. – 188 с.

ISBN 978-5-6044483-1-1

В сборник включены тезисы докладов конференции по следующим направлениям: проблемы сейсмичности Дальнего Востока и Восточной Сибири; тектоника и геодинамика северо-западной части Тихоокеанского региона; проявления цунами и других морских опасных явлений; современный вулканизм, методы наблюдений; геолого-геоморфологические аспекты стратегии освоения ресурсов морских побережий; экологические проблемы и геоэкологические риски. В работе конференции приняли участие 140 специалистов высшей квалификации из ведущих научных организаций России, Японии, Киргизии, Франции, представившие более 160 докладов. Широко освещены исследования геодинамических процессов и опасных природных явлений в Дальневосточном регионе России, а также на других территориях Российской Федерации и зарубежных стран.

Материалы сборника представляют интерес для широкого круга специалистов: сейсмологов, геофизиков, вулканологов, географов, геологов, океанографов, биологов и других специалистов в области наук о Земле, а также аспирантов.

Тезисы докладов публикуются в авторской редакции.

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

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

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

При финансовой поддержке Международного консорциума «Сахалин-1» в составе компании-оператора проекта «Эксон Нефтегаз Лимитед», японского консорциума «СОДЭКО», ПАО «НК «Роснефть», индийской государственной нефтяной компании «ОНГК Видеш Лтд.» и Питомника растений МИП ООО «Магнолия Парк».

© ИМГиГ ДВО РАН, 2021

UDC 551.2+551.3+550.3+574

Geodynamical Processes and Natural Hazards: abstracts of the IV National scientific conference with foreign participants, Yuzhno-Sakhalinsk, 6–10 of September 2021 / resp. ed. L.M. Bogomolov. – Yuzhno-Sakhalinsk: Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, 2021. – 188 p.

ISBN 978-5-6044483-1-1

The proceedings of the conference include the abstracts on: seismicity of the Far East and Eastern Siberia; tectonics and geodynamics of the northwestern part of the Pacific region; manifestations of tsunamis and other marine hazards; observations and risk mitigation of recent volcanism; geological and geomorphological aspects of the assimilation strategy of the of coastal resources; environmental problems and geo-ecological risks. 140 highly qualified specialists of the leading scientific organizations of Russia, Japan, Kyrgyzstan, France, took part in the conference, they had submitted more than 160 papers. Studies of geodynamical processes and natural hazards in the Far Eastern region of Russia, as well as in other territories of the Russian Federation and foreign countries are widely covered.

The proceedings are of interest to a wide range of researchers: seismologists, geophysicists, volcanologists, geographers, geologists, oceanographers, biologists and other specialists in Earth sciences, as well as graduate students.

Abstracts are published in original author's edition.

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

Responsible editor: Doctor of Sciences in Physics and Mathematical L.M. Bogomolov

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

Under financial support of
The Sakhalin-1 Consortium including:
Russian State Company Rosneft; the Japanese Consortium SODECO;
the Indian State Oil Company, ONGC Videsh Ltd.;
and Exxon Neftegaz Limited, a subsidiary of ExxonMobil
and Small Innovative Enterprises «Nursery-Garden Magnolia Park»

ISBN 978-5-6044483-1-1



9 785604 448311

© IMGG FEB RAS, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ I

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИКА И ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМИЧНОСТИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

<i>Батугин А.С.</i> К техногенной природе сильных коровых землетрясений	15
<i>Богомолов Л.М., Богинская Н.В., Лоскутов А.В., Сычев В.Н.</i> Физические основы модели саморазвивающихся процессов и ее потенциал для оценок времени сильных землетрясений в Дальневосточном регионе	16
<i>Борняков С.А., Салко Д.В., Шагун А.Н.</i> Мониторинг деформаций горных пород в Южном Прибайкалье: методология и результаты	17
<i>Быков В.Г., Меркулова Т.В.</i> Миграция напряжений и землетрясений из Тихоокеанской зоны субдукции в сторону Азиатского континента	18
<i>Валитов М.Г., Прошкина З.Н.</i> Наблюдаемые эффекты в вариациях гравитационного поля в период подготовки близкого землетрясения	19
<i>Василенко Н.Ф., Прытков А.С.</i> Объективные параметры дислокационной модели Невельских землетрясений 2 августа 2007 года	20
<i>Василенко Н.Ф., Прытков А.С.</i> Дислокационные модели очага на примере Нефтегорского землетрясения 1995 г. Mw = 7.0	21
<i>Воронина Т.Е., Богинская Н.В.</i> Влияние солнечной активности на сейсмический шум по данным станций Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН	22
<i>Гапеев М.И., Марапулец Ю.В.</i> Особенности моделирования зон отклика геоакустической эмиссии при подготовке сильных землетрясений на Камчатке, произошедших в период 2018–2020 гг.	23
<i>Гладков А.А., Лунина О.В.</i> Модернизация региональной веб-ГИС «ActiveTectonics» для визуализации и редактирования данных по активной тектонике юга Восточной Сибири	24
<i>Денисенко И.А., Лунина О.В.</i> Деформации склонов хребта Хамар-Дабан в районе Южнобайкальской впадины	25
<i>Заболотин А.Е., Каменев П.А.</i> Исследование распределения напряжения в окрестности анивских газовых месторождений о. Сахалин	26
<i>Закупин А.С.</i> О подходах к оценке эффективности прогнозов землетрясений методом LURR (LOAD-UNLOAD RESPONSE RATIO) на Сахалине	27
<i>Закупин А.С.</i> Сейсмический процесс в области очага Крильонского землетрясения 23.04.2017 по сейсмическим данным 2018–2021 гг. и СРП-моделирования	28
<i>Кашкин В.Б., Рублева Т.В., Симонов К.В.</i> Картирование гравитационных аномалий по данным космической системы GRACE в зонах подготовки катастрофических подводных землетрясений: ретроспективный анализ	29

Конури А.И., Еременко А.А. РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ УДАРОПАСНОСТИ И ТЕХНОГЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СИБИРИ	30
Купцова О.В., Мелкий В.А., Верхотуров А.А. ВЫЯВЛЕНИЕ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ КАК ОДИН ИЗ ПАРАМЕТРОВ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧНОСТИ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРА САХАЛИНА	31
Кутинов Ю.Г., Беленович Т.Я., Чистова З.Б. СОПОСТАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ГРАНИЦ ЕВРОАЗИАТСКОЙ ЛИТОСФЕРНОЙ ПЛИТЫ. РАЗЛИЧИЯ И СХОДСТВО	32
Лунина О.В., Гладков А.А., Денисенко И.А., Серебряков Е.В. ПОВЕРХНОСТНЫЕ РАЗРЫВЫ БАЙКАЛЬСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ.	33
Меркулова Т.В. ГЛОБАЛЬНАЯ КОМПОНЕНТА В СЕЙСМИЧНОСТИ ПРИАМУРЬЯ И СОПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ.	34
Мягков Д.С., Ребецкий Ю.Л. ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ КАК КЛЮЧЕВОЙ ИСТОЧНИК ГЕНЕРАЦИИ АНОМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ И СУБКОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЕ	35
Мягков Д.С., Ребецкий Ю.Л. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛИТОСФЕРЫ ЯПОНСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ РЕГИОНА СЕВЕРНОЕ ХОНСЮ ДО И ПОСЛЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ТОХОКУ	36
Носкова Н.Н. СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ.	37
Обжиров А.И. ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.	38
Орунбаев С.Ж., Родкин М.В. НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ МАКСИМАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И К УЧЕТУ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ (ОПЫТ ПОЛЕВЫХ РАБОТ НА ПАМИРО-АЛАЕ, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА)	39
Паровышный В.А., Богомолов Л.М., Сохатюк Ю.В., Казаков А.И., Паровышный Д.В. О СОСТОЯНИИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ.	40
Полец А.Ю. УГЛЕГОРСКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2000 И 2020 ГГ.	41
Потанчук М.И., Рассказов И.Ю., Усиков В.И., Крюков В.Г. ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ НА РАЗРАБОТКУ НИКЕЛЕВО-МЕДНО-СУЛЬФИДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУН-МАНЬЕ	42
Прытков А.С. СОВРЕМЕННЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ДЕФИЦИТ В КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ЗОНЕ СУБДУКЦИИ	43
Прытков А.С. ПАРАМУШИРСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 25.03.2020 Г. $M_w = 7.5$	44
Пупатенко В.В. СЕЙСМИЧЕСКАЯ ДОБРОТНОСТЬ ЛИТОСФЕРЫ ПРИАМУРЬЯ ПО КОДЕ S И LG ВОЛН: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.	45
Рассказов С.В., Чебыкин Е.П., Ильясова А.М., Снопков С.В., Борняков С.А., Чувашова И.С. УПОРЯДОЧЕННЫЕ СЕЙСМОГЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ КОРЫ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕСЯ ВУЛКАНИЗМОМ: ПОЛНЫЙ СЕЙСМОГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ	46
Рассказов И.Ю., Усиков В.И., Федотова Ю.В. НЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА СТРЕЛЬЦОВСКОГО РУДНОГО РАЙОНА ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА.	47
Ребецкий Ю.Л., Маринина А.В., Алексеев Р.С. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ОПАСНЫЕ РАЗЛОМЫ ЗАПАДНОГО СЫЧУАНЯ	48
Родкин М.В., Андреева М.Ю., Липеровская Е.В. ТИПЫ ПРЕДВЕСТНИКОВОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ ПО ДАННЫМ МИРОВЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ КАТАЛОГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ	49

Сафонов Д.А. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 13 ФЕВРАЛЯ 2020 г, Mw = 7.0 и СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ГЛУБИНАХ В РАЙОНЕ ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ	50
Сим Л.А., Маринин А.В., Гордеев Н.А., Бондарь И.В. Новейшая геодинамика п-ова Шмидта (Сахалин)	51
Стром А.Л. ГОРА СПАНБЕРГ НА САХАЛИНЕ – ГИГАНТСКИЙ СКАЛЬНЫЙ ОПОЛЗЕНЬ ИЛИ ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ВУЛКАН?	52
Сырбу Н.С., Жарков Р.В., Холмогоров А.О. ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОЛЯ ГЕЛИЯ, ВОДОРОДА И МЕТАНА ОСТРОВА САХАЛИН	53
Сычева Н.А. КИРГИЗСКАЯ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКАЯ СЕТЬ КНЕТ	54
Сычева Н.А., Богомолов Л.М. Обновленные данные о геоэффективных солнечных вспышках и вариациях уровня сейсмического шума	55
Сычев В.Н., Сычева Н.А., Кульков Д.С. НЕЭКСТЕНСИВНЫЙ АНАЛИЗ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	56
Федотова Ю.В. ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РИСКИ РАЗРАБОТКИ УДАРОПАСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА.	57
Федченко Д.В., Ерёмченко А.А. ТЕХНОГЕННАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ.	58
Холмогоров А.О. СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И КОЛЕБАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ МЕТАНА В ЯПОНСКОМ МОРЕ.	59
Хомчановский А.Л., Батанов Ф.И., Пинегина Т.К. ИЗУЧЕНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ БЫСТРЫХ СМЕЩЕНИЙ БЕРЕГОВЫХ ЛИНИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ КОСЕЙСМИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ВДОЛЬ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ	60
Хубаева О.Р., Бергаль-Кувикас О.В., Сидоров М.Д. ВЛИЯНИЕ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ О. ПАРАМУШИР (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)	61
Шестаков Н.В., Нечаев Г.В., Кишкина А.К., Прытков А.С., Полец А.Ю., Герасименко М.Д. К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ	62
Шалаева Е.А., Бондарь И.В., Мягков Д.С. НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОТРЯДА КОМПЛЕКСНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ «ВОСТОЧНЫЙ БАСТИОН – КУРИЛЬСКАЯ ГРЯДА»	63

СЕКЦИЯ II

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Takahashi H., Ishida Y., Ohzono M., Meng G., Wu W., Shestakov N. CRUSTAL DEFORMATION IN THE NORTHWESTERN PACIFIC REGION OVER THE RECENT QUARTER CENTURY BY REGIONAL GNSS DATA	64
Богинская Н.В. ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19 В Г. ЮЖНО-САХАЛИНСК (О. САХАЛИН).	65
Костылев Д.В. ПУНКТЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В СОСТАВЕ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ МЧС РФ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ	66

Костылев Д.В. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА РАЙОНА СОЛНЦЕВСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА (О. САХАЛИН)	67
Маричев В.Н., Бочковский Д.А. ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ АЭРОЗОЛЬНОГО НАПОЛНЕНИЯ И ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА СТРАТОСФЕРЫ НАД ТОМСКОМ НА БАЗЕ ЛИДАРНОГО МОНИТОРИНГА.	68
Орунбаев С.Ж., Усупаев Ш.Э., Шаршебаев А., Алтынбек уулу Т., Зубович А.В., Молдобеков Б.Д. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ, ОПЫТ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	69
Панжин А.А. ДИАГНОСТИКА ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ В РАЙОНЕ Г. КАТАВ-ИВАНОВСК	70
Перевалова Н.П., Добрынина А.А., Шестаков Н.В., Guojie M., Wu W. ВОЗМУЩЕНИЯ, ВЫЗВАННЫЕ ПОДЗЕМНЫМ ЯДЕРНЫМ ИСПЫТАНИЕМ 3 СЕНТЯБРЯ 2017 ГОДА В СЕВЕРНОЙ КОРЕЕ.	71
Шишленин М.А., Кабанихин С.И. ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ МОРСКОЙ АКУСТИКИ: ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ	72

СЕКЦИЯ III ДИНАМИКА МОРЯ

Борисов А.С., Кириллов К.В. ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОМПОНЕНТЫ ВОЛНЕНИЯ В ЗАЛИВЕ ТЕРПЕНИЯ (О. САХАЛИН)	73
Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Макарова Т.Р., Горбунов А.О., Кайстренко В.М., Харламов А.А. РЕКОНСТРУКЦИИ СИЛЬНЫХ ЦУНАМИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ПРИМОРЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ	74
Гуляков С.А. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ	75
Дорофеева Д.В., Пищальник В.М., Романюк В.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВИТОСТИ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА ОТНОСИТЕЛЬНО КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ 1961–1990 И 1991–2020 ГГ.	76
Зарочинцев В.С., Ковалев П.Д., Шишкин А.А. ОСОБЕННОСТИ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В БУХТАХ И ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ	77
Ивельская Т.Н. АНАЛИЗ И УТОЧНЕНИЕ ОПЕРАТИВНОГО КАТАЛОГА ЦЕНТРА ЦУНАМИ ЗА ПЕРИОД 2000–2020 ГОДЫ	78
Кайстренко В.М. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ О ПАЛЕОЦУНАМИ ДЛЯ ОЦЕНОК ЦУНАМИОПАСНОСТИ	79
Кокоулина М.В., Куркина О.Е., Куркин А.А. ПРОТОТИП ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ОНЛАЙН СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ДЛИННЫХ КОРОТКОПЕРИОДНЫХ ВНУТРЕННИХ ВОЛН В ОХОТСКОМ МОРЕ	80
Королев Ю.П. ОПЕРАТИВНЫЙ ПРОГНОЗ ЦУНАМИ	81
Королев П.Ю., Королев Ю.П., Лоскутов А.В. РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ПРОГНОЗ НЕДАВНИХ ЦУНАМИ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА	82
Куркин А.А., Куркина О.Е., Рувинская Е.А., Кузнецов П.Д., Шохов М.А. РЕЖИМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ БАРОКЛИННЫХ ПРИЛИВНЫХ ВОЛН В УСЛОВИЯХ ШЕЛЬФА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ	83
Лаврентьев М.М., Марчук Ан.Г., Облаухов К.К., Шадрин М.Ю. АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ЦУНАМИ.	84

Ложкин Д.М., Шевченко Г.В. Межгодовая изменчивость поля приземного атмосферного давления над Охотским морем и прилегающими акваториями	85
Любичкий Ю.В. Штормовые нагоны на юго-западном побережье Берингова моря.	86
Марыжихин В.Е., Шевченко Г.В. Приливной апвеллинг в районе острова Монерон	87
Москвитин А.А., Шабрамова Л.С., Зайцев А.И. Элементы информационной системы прибрежных рисков острова Сахалин, связанных с природными катастрофами	88
Пелиновский Е.Н. Нелинейные теории оползневых цунами.	89
Стовбун Н.С. Разработка двухканального частотомера для проведения измерений с использованием регистратора уровня моря.	90
Цой А.Т., Шевченко Г.В., Частиков В.Н. Характеристики антициклонического вихря, сформировавшегося в районе о. Шикотан весной 1999 г.	91
Шевченко Г.В., Цой А.Т. Определение зоны существования суточных шельфовых волн в районе Южных Курил по данным спутниковой альтиметрии	92
Шевченко Г.В., Частиков В.Н., Полупанов П.В. Океанологические исследования при оценке приемной емкости прибрежных акваторий о. Сахалин	93

СЕКЦИЯ IV

СОВРЕМЕННЫЙ ВУЛКАНИЗМ, МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Белоусов В.И., Хубаева О.Р. Кислый вулканизм и геотектоника геотермальных районов.	94
Белоусов В.И., Королева Г.П., Хубаева О.Р. Золото в гидротермально-магматических системах: коллоидная концепция	95
Бергаль-Кувикас О.В., Авдейко Г.П., Портнягин М.В., Кулаков И.Ю., Кай Хернле, Фолкмар Хауфф, Рейнхард Вернер Корреляция продуктивности вулканизма, изотопно-геохимических характеристик магм с данными мантийной томографии Курильской островной дуги	96
Гордеев Е.И., Кулаков И.Ю., Абкадыров И.Ф. Сейсмотомографические исследования активных вулканов на Камчатке	97
Дегтерев А.В., Разжигаева Н.Г., Ежкин А.К., Рыбин А.В. Голоценовые пеплопады о. Итуруп (Южные Курилы): возраст, частота, источники	98
Жарков Р.В. Температурный режим Дагинских термальных источников (о. Сахалин) в период их обустройства в 2019–2021 гг.	99
Жарков Р.В., Козлов Д.Н. Активность Пугачёвских грязевых вулканов (о. Сахалин) в 2019–2021 гг.	100
Козлов Д.Н. Материалы к базе данных по крупнейшим озерам Курильских островов (морфометрия, генезис и географическое распределение).	101
Комзалева В.П., Беловежец Н.Н., Кулаков И.Ю. Структура верхней коры под вулканом Камбальный (Южная Камчатка) по результатам сейсмической и шумовой томографии.	102

Кох С.Н., Сокол Э.В., Ершов В.В., Никитенко О.А. Холодный газотранспортный перенос микроэлементов CO ₂ - и CH ₄ - газами грязевых вулканов Керченского п-ова и о. Сахалин.	103
Краснюк И.Б., Заболотин А.Е. Каскадный процесс образования упорядоченных наноструктур при кристаллизации расплава	104
Кулаков И.Ю. Сейсмическая томография активных вулканов Камчатки	105
Лебедева Е.В., Жарков Р.В. Аккумулятивные формы рельефа в долинах с газогидротермальными проявлениями Курило-Камчатского региона	106
Малкин Е.И., Чернева Н.В., Фирстов П.П., Дружин Г.И. Электромагнитное излучение грязных гроз вулканического происхождения	107
Мартынов Ю.А., Рыбин А.В., Чибисова М.В., Остапенко Д.С., Давыдова М.Ю. Базальтовый вулканизм кальдеры Медвежья (о. Итуруп, Курильские острова): влияние региональной тектоники на субдукционный магматизм	108
Разжигалева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А. Тефра влк. Байтоушань в голоценовых отложениях Приморья.	109
Смирнов С.З. Природа и условия становления магматических очагов мощных эксплозивных извержений Большой Курильской гряды.	110
Сокол Э.В., Кох С.Н., Некипелова А.В., Десятникова А.С., Ершов В.В., Нигматулина Е.Н., Никитенко О.А. Zn-Hg-Sb-As-Pb минерализация в выбросах Путачевского и Южно-Сахалинского грязевых вулканов и ее связь с металлогенией зоны Тымь-Поронайского разлома	111
Черемисин А.А., Маричев В.Н., Бочковский Д.А., Новиков П.В., Романченко И.И. Наполнение стратосферы вулканическим аэрозолем по данным многолетних лидарных наблюдений в Томске.	112
Чибисова М.В., Дегтерев А.В., Рыбин А.В. Вулканическая активность на Курильских островах в 2020 году по спутниковым и визуальным наблюдениям.	113

СЕКЦИЯ V

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИИ ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ МОРСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И ВОСТОЧНОГО СЕКТОРА АРКТИКИ

Афанасьев В.В. Береговые геосистемы контактных зон Северной Пацифики.	114
Буланов С.А. Вулканический рельеф Нижнего Приамурья	115
Величко У.В., Якимов Т.С., Гончарова И.В., Саладьев К.В. Глендонит как индикатор метановых потоков Японского моря.	116
Гончарова И.В., Якимов Т.С., Саладьев К.В., Величко У.В. Морфология цирконов из гранитоидов Японского моря.	117
Калгин В.Ю. Конкреции сульфидов в донных отложениях Южно-Китайского моря.	118
Костров Ю.В., Каменев П.А. Основные результаты переинтерпретации материалов морской геохимической съемки на шельфе Сахалина	119

Косьян Р.Д., Дивинский Б.В. ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТА ОСАДКОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ МОРЯ	120
Левицкий А.И. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ ЭОЛОВОГО МОРФОЛИТОГЕНЕЗА НА БЕРЕГАХ МОРЕЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	121
Пальянова Г.А., Сидоров Е.Г., Боровиков А.А., Серёткин Ю.В., Зинина В.Ю. МЕДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В АГАТАХ БУХТЫ ШЛЮПОЧНАЯ (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА, РОССИЯ)	122
Саладьев К.В., Якимов Т.С., Гончарова И.В., Величко У.В. НОВЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ГРАНИТОИДОВ ХРЕБТА ЯМАТО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ).	123
Сеначин М.В. КАРТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАРТЫ БЕРЕГОВ МИРА ДЖОНА Т. МАКГИЛА (1958 Г.)	124
Сырбу Н.С. ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЕЙ ГЕЛИЯ И ВОДОРОДА ПРИВЬЕТНАМСКОЙ ЧАСТИ ЮЖНО-КИТАЙСКОГО МОРЯ (ПО ДАННЫМ РЕЙСА 88 НИС «АКАДЕМИК М.А. ЛАВРЕНТЬЕВ», 2019).	125
Уба А.В. МОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ СКАЛЬНОГО БЕНЧА, ОСЕЙСМИЧЕСКИ ПОДНЯТОГО В РЕЗУЛЬТАТЕ НЕВЕЛЬСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2007 Г.	126
Якимов Т.С., Гончарова И.В., Саладьев К.В., Величко У.В. ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНИТОИДОВ ХРЕБТА ЯМАТО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)	127

СЕКЦИЯ VI

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Аврунев Е.И. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА, РАСПОЛОЖЕННОГО НА ОСТРОВЕ САХАЛИН	128
Глязнецова Ю.С., Зуева И.Н., Лифшиц С.Х., Чалая О.Н. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЯКУТИИ	129
Дегтярев В.А., Каменев П.А., Костров Ю.В., Маринин А.В., Бондарь И.В., Гордеев Н.А. ИЗУЧЕНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ ОБНАЖЕНИЯХ КРЕМНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО САХАЛИНА	130
Жуков В.С., Кузьмин Д.К., Кузьмин Ю.О., Плешков И.В. СРАВНЕНИЕ ПРОГНОЗНЫХ ОЦЕНОК ОСЕДАНИЯ ДНА МОРЯ В РАЙОНЕ ЮЖНО-КИРИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	131
Каменев П.А., Богомолов Л.М., Усольцева О.М., Цой П.А., Семенов В.Н. ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ЮЖНОГО САХАЛИНА	132
Никитенко О.А., Ершов В.В. ПОИСК ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА С НЕФТЕГАЗОВЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ	133
Родкин М.В., Рукавишников Т.А. ФЛОИДОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕФТЕГЕНЕЗА, НОВЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА, ПРИЛОЖЕНИЕ К СОЗДАНИЮ КОМПЛЕКСА ПРОГНОЗНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ПОИСКА НЕФТИ	134
Романюк В.А., Пищальник В.М., Никулина И.В. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВСТРЕЧИ СО ЛЬДОМ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ОХОТСКОМ МОРЕ	135
Темис М.Ю., Стром А.Л., Фоменко И.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ТРУБОПРОВОД–ГРУНТ ПРИ АНАЛИЗЕ НДС ТРУБОПРОВОДА ПРИ ПОДВИЖКЕ ПО АКТИВНОМУ РАЗЛОМУ ИЛИ СМЕЩЕНИИ БЛОКОВОГО ОПОЛЗНЯ	136

Устюгов Г.В., Ершов В.В. ГРЯЗЕВОЙ ВУЛКАНИЗМ КАК ОПАСНОЕ ЯВЛЕНИЕ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА	137
Шеменда А.И. (Chemenda A.I.) МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ СЕТЕЙ ТРЕЩИН РАСТЯЖЕНИЯ: ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	138
Шкутина Т.Е. ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ УГЛЕВОДОРОДОВ	139

СЕКЦИЯ VII

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ

Бухарова М.Г., Василевская Л.Н., Поталова Е.Ю., Василевский Д.Н., Лисина И.А. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕТНЕЙ МУССОННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ И В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ НА ЮГЕ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	140
Васейкина Н.А., Азаркова-Лях И.В. БЕРЕГОПОЛЬЗОВАНИЕ НА КРЫМСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ И ОСТРОВЕ САХАЛИН: СТРУКТУРА И ПРОБЛЕМЫ	141
Вацерионова Е.О., Копанина А.В., Власова И.И. СТРУКТУРНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ВТОРИЧНОЙ ФЛОЭМЫ МОЛОДЫХ СТЕБЛЕЙ <i>SPIRAEA BEAUVERDIANA</i> В УСЛОВИЯХ МАГМАТИЧЕСКИХ ВУЛКАНОВ	142
Верхотуров А.А., Мелкий В.А. ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА УЧАСТКЕ ТРАССЫ ТРУБОПРОВОДА ПРОЕКТА «САХАЛИН-2» В ЗАКАЗНИКЕ «ДОЛИНСКИЙ» ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	143
Власова И.И., Копанина А.В., Тальских А.И. ОСОБЕННОСТИ ОТБОРА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ АНАТОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	144
Волкова Т.А., Беликов М.Ю., Нагалецкий Э.Ю., Мищенко А.А. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	145
Гакаев Р.А., Гуня А.Н. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ И ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ В СРЕДНЕГОРНЫХ И ВЫСОКОГОРНЫХ ЛАНДШАФТАХ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	146
Галимова А.А., Гурская М.А. ЕСТЬ ЛИ ВУЛКАНИЧЕСКИЙ СИГНАЛ В ГОДИЧНЫХ КОЛЬЦАХ СОСНЫ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА СЕВЕРЕ ФЕННОСКАНДИИ И КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ?	147
Гурская М.А. ОТРАЖЕНИЕ ИНДЕКСА ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ХРОНОЛОГИЯХ СВЕТЛЫХ КОЛЕЦ ЛИСТВЕННИЦЫ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА СЕВЕРНОМ ПРЕДЕЛЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В СИБИРИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 400 ЛЕТ	148
Денисова Я.В., Сабирова Н.Д., Попова Я.П. РАСПРОСТРАНЕНИЕ МОРОШКИ (<i>RUBUS L.</i>) НА САХАЛИНЕ	149
Долгая А.А. ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ВУЛКАНА КАРЫМСКИЙ, КАМЧАТКА	150
Дудченко И.П. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И СНИЖЕНИЯ РИСКА ИХ ПОВРЕЖДЕНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ	151
Ежкин А.К., Кордюков А.В. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ «МЕНДЕЛЕЕВСКАЯ» (ВУЛКАН МЕНДЕЛЕЕВА, О. КУНАШИР) НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ	152
Ежкин А.К., Романиук Ф.А. ОЦЕНКА ЛИШАЙНИКОВОГО ПОКРОВА НА СКЛОНАХ АКТИВНОГО ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА (О. МАТУА, СРЕДНИЕ КУРИЛЫ)	153

Журавская Н.Е. Новые сервисы Центральной научной библиотеки для исследователей Дальнего Востока	154
Каганов В.В. Эпифитные мохообразные урбанизированных территорий и их использование в биомониторинге (г. Южно-Сахалинск)	155
Каганов В.В., Коротеева Т.И. Эпифитный моховый покров пойменных лесов средней части острова Сахалин	156
Козлов Д.Н., Романюк Ф.А., Жарков Р.В. Гидроакустическое исследование котловины озера Бирюзовое Карьерное (Корсаковский район, о. Сахалин)	157
Копанина А.В. Древесные растения на вулканах: возможности для жизни через адаптацию дальнего транспорта углерода	158
Копанина А.В., Швидская К.А. Возможности данных спутникового мониторинга для крупномасштабного картирования и изучения динамики древесной растительности вулканических ландшафтов	159
Коротеева Т.И. Материалы к бриофлоре горячих источников южных Курил (источники Столбовские и Нескученские, о. Кунашир; источники Жаркие воды, о. Итуруп)	160
Крыленко С.В., Крыленко В.В. Структура растительности зоны пляжа участка Анапской пересыпи	161
Крыленко С.В., Лукиных А.И. Статистический анализ зависимости растительных сообществ клифов массива Туапшат от типа субстрата и степени влияния экзогенных процессов	162
Лобкина В.А., Козлов Е.Н. Программа обработки тензосигнала при инструментальном мониторинге снеговой нагрузки	163
Лобкина В.А., Музыченко А.А. Опыт эксплуатации системы непрерывного мониторинга снеговой нагрузки в сезоне 2020–2021	164
Ложникова О.О. Адвентивный компонент флоры южной части острова Сахалин	165
Любимова Т.В., Бондаренко Н.А. Интегральность показателей риска опасных природных процессов (на примере Краснодарского края)	166
Мельников В.В., Гракович В.Ф. Геоэкологические риски пелагиали Черного моря	167
Музыченко Л.Е. Формирование антропогенных селевых потоков, связанное с деятельностью промышленных предприятий	168
Мызникова Т.С., Худяков А.С., Елохина С.Н. Состояние базы данных экзогенных геологических процессов на территории Уральского федерального округа	169
Никулина И.В., Сабиров Р.Н. Трофические миграции бурого медведя в лесных ландшафтах природного заказника «Восточный» на острове Сахалин	170
Пикалова Н.А., Волкова Т.А., Антипова Ю.О. Степные сообщества в пределах Азовского побережья	171
Раззигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Дегтерев А.В., Ежкин А.К., Рыбин А.В. Воздействие вулканических пеплопадов и изменений климата на развитие компонентов ландшафта горной части о. Итуруп в позднеледниковье–голоцене	172

**Рыбалко А.Е., Щербаков В.А., Захаров М.С., Токарев М.Ю., Миронюк С.Г., Локтев А.С.,
Иванова В.В., Беляев П.Ю., Исаева О.В., Сличенков В.И., Голосной А.С., Карташов А.О.,
Алексеев А.Ю., Котов С.Р.**

МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОТОБРАЖЕНИЕ ИХ НА «КАРТЕ ОПАСНЫХ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АРКТИЧЕСКИХ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ» 173

Рыбальченко С.В.

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЛОМОВ НА МАЛЫХ ВОДОТОКАХ САХАЛИНА 174

Сабиров Р.Н.

РОЛЬ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСОВ ЮЖНОГО САХАЛИНА 175

Сабирова Н.Д., Сабиров Р.Н.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ФЛОРЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «МАКАРОВСКИЙ»
НА ОСТРОВЕ САХАЛИН 176

Сабиров Р.Н., Попова Я.П.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ САХАЛИНА 177

Санин А.Ю.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 178

Снакин В.В.

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ГЛОБАЛЬНАЯ ДИНАМИКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ 179

Сухорученко С.К., Тамайчук А.Н.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ КРЫМСКОГО ПРЕДГОРЬЯ 180

Тальских А.И., Копанина А.В., Власова И.И.

АДАПТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ ФЛОЭМЫ *BETULA ERMANII* СНАМ. В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ
ПОСТВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ 181

Цветов Н.В.

ПРОБЛЕМЫ НАЛЕДЕОБРАЗОВАНИЯ НА ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЯНАО
(НА ПРИМЕРЕ НАЛЕДИ В ПОС. ТАЗОВСКИЙ) 182

Цхай Ж.Р., Шевченко Г.В.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРОФИЛЛА-А У ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ
ОСЕНЬЮ 2020 ГОДА 183

Шабазанова С.Н., Тарабукина Л.Д., Козлов В.И.

ДИНАМИКА МОЛНИЕВОЙ АКТИВНОСТИ В СТРУКТУРЕ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ В 2019 Г. 184

Шадрина Л.П., Козлов В.И., Григорьев Ю.М.

О СВЯЗИ ГРОВОЗОВЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ НА ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ФОРБУШ-ПОНИЖЕНИЯМИ
ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ 185

Шамов В.В., Лупаков С.Ю.

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ДОЛИНАХ
МАЛЫХ ГОРНЫХ РЕК ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ 186

УДК 550.348.42:622.831.32

К ТЕХНОГЕННОЙ ПРИРОДЕ СИЛЬНЫХ КОРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

А.С. Батугин

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
E-mail: as-bat@mail.ru*

В работе рассматривается гипотеза инициации инженерной деятельностью сильных землетрясений с большой глубиной гипоцентров.

Природа триггерных механизмов сильных землетрясений является предметом оживленных дискуссий. Высказываются предположения о техногенной природе таких сильных землетрясений, как, например, Нефтегорское (1995), Вэньчуаньское (2008), Горкха (2015) и др. [1, 2, 3]. Основным аргументом против техногенной природы таких землетрясений является большая глубина гипоцентров и магнитуда.

В работах по геодинамике недр И.М. Петуховым была выдвинута гипотеза о предельно-напряженном состоянии верхней части земной коры за счет ее сжатия горизонтальными силами [4]. Представления о предельно напряженном состоянии горного массива широко используются в горной геомеханике, например, при описании горного давления, анализе механизмов и мерах борьбы с горными ударами. Зона предельно напряженного состояния верхней части земной коры понимается как область с дискретным распределением напряжений, когда участки (блоки) с предельным состоянием перемежаются с относительно разгруженными участками, тем не менее располагаясь в пределах определенного слоя земной коры. Такое представление о состоянии геодинамической системы «блочный массив горных пород» позволяет предположить наличие общих черт в проявлении сильных горных ударов и техногенных землетрясений [5].

Одним из признаков того, что верхняя часть земной коры находится в предельно напряженном состоянии, является факт соразмерности глубины гипоцентра и размера очага геодинамического явления. Рассматривая очаг геодинамического события как зону разрушения и, соответственно, зону предельно напряженного состояния массива, можно видеть, что при отношении радиуса очаговой зоны R к глубине гипоцентра H более единицы, очаговая зона, т.е. зона предельно напряженного состояния, располагается в массиве от земной поверхности до некоторой глубины. Так, очаговые области Нефтегорского, Вэньчуаньского и других сильных землетрясений, о природе которых идут дискуссии, достигали земной поверхности и находились непосредственно в зоне техногенного воздействия на недра.

Принимая, что зона предельно напряженного состояния массива простирается в глубину от поверхности, интенсивное техногенное воздействие на нее может вызвать сильное землетрясение с большой глубиной гипоцентра.

Таким образом, основой для взаимодействия глобальных тектонических и локальных геомеханических процессов может быть предельно напряженное состояние верхней части земной коры, имеющей блочно-иерархическое строение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полец А.Ю., Злобин Т.К. Изучение особенностей очаговой зоны разрушительного Нефтегорского землетрясения 27(28) мая 1995 года // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: сб. материалов Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Владивосток : Дальнаука, 2015. Т. 1. С. 141–145.
2. Ge S., Liu M., Lu N., Godt J.W., Luo G. Did the Zipingpu Reservoir trigger the 2008 Wenchuan earthquake? // Geophys. Res. Lett. 2009. Vol. 36, L20315.
3. Kundu B., Vissa N.K., Gahalaut V.K. Influence of anthropogenic groundwater unloading in Indo-Gangetic plains on the 25 April 2015 Mw 7.8, Gorkha, Nepal earthquake // Geophys. Res. Lett. 2015. Vol. 42. P. 607–613.
4. Петухов И.М., Батугина И.М. Геодинамика недр. М.: Недра коммуникайшенз, 1999.
5. Батугин А.С. Общие закономерности проявления сильных горных ударов и индуцированных землетрясений на участках земной коры с предельно напряженным состоянием // Горный журнал. 2021. № 1. С. 22–27. doi:10.17580/gzh.2021.01.04

УДК 550.343.6

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИ САМОРАЗВИВАЮЩИХСЯ ПРОЦЕССОВ И ЕЕ ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ ОЦЕНОК ВРЕМЕНИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ**Л.М. Богомолов¹, Н.В. Богинская¹, А.В. Лоскутов¹, В.Н. Сычев²**¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*² *Научная станция РАН в г. Бишкеке, Киргизия**E-mail: bleom@mail.ru*

По мере развития подхода Малышева–Тихонова к средне- и краткосрочным оценкам времени землетрясения на основе модели саморазвивающихся процессов (СРП) [1, 2] и накопления примеров удачных (оправдавшихся) прогнозов в Сахалин-Курильском регионе [3, 4] все большую значимость приобретает вопрос об адекватности этой модели. Только при положительном ответе на этот вопрос можно рассчитывать, что и в дальнейшем эта модель будет эффективной: доля успешных прогнозов будет существенно превышать доли пропусков цели и ложных тревог, по крайней мере для Сахалин-Курильского региона. С одной стороны, в настоящее время число успешных прогнозов сейсмических событий на Сахалине с магнитудами выше 5 составляет уже 8. Созданный «сахалинский прецедент» остро ставит вопрос о физическом обосновании этой модели, помимо ссылки на концепцию самоорганизации – реализацию режима с обострением с «взрывным» нарастанием сейсмической активности перед главным толчком. С другой стороны, остается повод для сомнений в адекватности модели СРП (и, как следствие, необходимости ее модернизации). Сомнение вызвано несоответствием между наблюдаемыми форшоковыми последовательностями и решениями кинетического (определяющего) уравнения СРП в последние несколько суток перед землетрясением. Это несоответствие проявилось отчетливо при построении обобщенной окрестности сильного землетрясения (ООСЗ) с усреднением форшокового процесса по времени [5].

Для устранения противоречия представлена модель, которая обобщает известную модель саморазвивающихся процессов Малышева–Тихонова и описывает стабилизацию активности после быстрого (быстрее экспоненциального) роста, но еще до главного события. Такую стабилизацию можно рассматривать в качестве кандидата на место краткосрочного предвестника. Всплеск сейсмической активности, сменяющийся стабилизацией непосредственно перед главным ЗЛТ, описывается в рамках обобщенной модели СРП введением в кинетическое уравнение отрицательной обратной связи по накоплению числа событий. Получены аналитические решения кинетического уравнения, описывающие эти изменения сейсмической активности. Модель может использоваться для анализа «кинетики» других процессов, протекающих в условиях, когда стабилизирующее действие среды (отрицательная обратная связь) оказывается запаздывающим, инерционным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малышев А.И. Динамика саморазвивающихся процессов // Вулканология и сейсмология. 1991. № 4. С. 61–72.
2. Малышев А.И., Тихонов И.Н. Закономерности динамики форшок-афтершоковых последовательностей в районе Южных Курильских островов // Докл. АН СССР. 1991. Т. 319, № 1. С. 134–138.
3. Малышев А.И., Малышева Л.К. Прогнозируемость потока сейсмической энергии северо-западного обрамления Тихого океана по данным каталога USGS // Геосистемы переходных зон. 2018. Т. 2, № 3. С. 141–153.
4. Закупин А.С., Богинская Н.В., Андреева М.Ю. Методические аспекты исследования форшоковых последовательностей методом СРП (саморазвивающиеся процессы) на примере Невельского землетрясения на Сахалине // Геосистемы переходных зон. 2019. Т. 3, № 4. С. 377–389.
5. Родкин М.В. Типовая фор- и афтершоковая аномалия – эмпирика, интерпретация // Вулканология и сейсмология. 2020. № 1. С. 64–76.

УДК 550.334

**МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ГОРНЫХ ПОРОД В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ:
МЕТОДОЛОГИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ****С.А. Борняков, Д.В. Салко, А.Н. Шагун***Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия**E-mail: bornyak@crust.irk.ru*

Южное Прибайкалье (ЮП) находится в пределах активно развивающейся Байкальской рифтовой зоны (БРЗ), характеризующейся значительным сейсмическим потенциалом. Высокая степень урбанизации ЮП и активное развитие в его пределах промышленных кластеров и транспортных систем существенно повышает актуальность проблемы прогноза сильных землетрясений. Поиск решений этой проблемы ведется по разным направлениям, и одно из них связано с инструментальным мониторингом деформаций горных пород.

Последние полтора десятилетия в ЮП развивается сеть пунктов мониторинга деформаций горных пород на малых базах с целью выявления особенностей реализации деформационного процесса в преддверии сильных землетрясений, которые могут быть положены в основу разработки технологии их превентивной диагностики. На сегодняшний день созданная сеть включает в себя 4 пункта, расположенных в южной оконечности оз. Байкал и на его северо-западное побережье.

В докладе рассматриваются концептуальная основа деформационного мониторинга, его техническое обеспечение и обсуждаются результаты, полученные перед тремя сильными землетрясениями, – Култукским (27.08.2008), Быстринским (21.09.2020) и Кударинским (10.12.2020).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 21-55-53019) с использованием уникальной научной установки «Южно-Байкальский инструментальный комплекс для мониторинга опасных геодинамических процессов».

УДК 550.341+551.242

МИГРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ИЗ ТИХООКЕАНСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ В СТОРОНУ АЗИАТСКОГО КОНТИНЕНТА

В.Г. Быков, Т.В. Меркулова

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

Миграция землетрясений связана с волновым переносом тектонических напряжений внутри Земли, вызывающим дополнительную нагрузку в сегментах разломов с высокой концентрацией напряжений [1]. Обнаружение миграции сдвиговой деформации от океана к побережью в области Японской островной дуги [2] привело к предположению, что одним из возможных источников деформационных волн являются зоны субдукции.

Известна миграция сильных землетрясений из Японского желоба и желоба Нанкай в сторону континента, но миграция землетрясений из Курило-Камчатской зоны Тихоокеанской субдукции, расположенной севернее, практически ранее не рассматривалась. Отсутствие данных о переносе деформаций в виде миграции землетрясений из Западно-Тихоокеанской зоны субдукции в сторону Азиатского континента не дает возможности сформировать полное представление о воздействии Тихоокеанской субдукции на Азиатский континент.

Поэтому в предлагаемой работе проведен анализ данных о миграции землетрясений и медленных деформаций из Нанкайского, Японского, Курило-Камчатского сегментов Западно-Тихоокеанской зоны субдукции вглубь континентальной Азии. Представлены результаты расчетов по выявлению поперечной миграции землетрясений ($M \geq 6.5$), направленной из Японско-Курило-Камчатской зоны субдукции. Расчеты проведены по профилям, пересекающим южную оконечность о. Хоккайдо, северную часть о. Сахалин и южную часть п-ова Камчатка. Расстояние между профилями составляет около 1200 км, протяженность профилей 3000–3500 км.

По профилю, пересекающему о. Хоккайдо, миграция землетрясений проходит со скоростью 15 и 23 км/год и совпадает со скоростью миграции из желоба Нанкай (20–22 км/год) [3], примыкающего к Японскому архипелагу, и скоростью миграции сейсмичности от Японской дуги в Северо-Восточный Китай через Корейский полуостров, которая оценивается примерно в 20–30 км/год [4]. На разных глубинных уровнях профиля через о. Сахалин скорость миграции имеет значения от 20 до 40 км/год. Скорость миграции землетрясений по профилю от Камчатки до Охотоморского побережья составляет 18–40 км/год. Большинство выделенных цепочек сильных событий с $M \geq 6.5$ направлено от Тихоокеанской зоны субдукции к континенту и характеризуется скоростью в 15–40 км/год, сравнимой со скоростью миграции деформации земной коры в Японии [2]. Это означает, что Западно-Тихоокеанская субдукция может возбуждать деформационные волны субширотного направления и оказывать волновое геодинамическое воздействие на Азиатский континент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков В.Г. Деформационные волны Земли: концепция, наблюдения и модели // Геология и геофизика. 2005. Т. 46, № 11. С. 1176–1190.
2. Kasahara K. Migration of crustal deformation // Tectonophysics. 1979. Vol. 52, N 1-4. P. 329–341.
3. Zhao G., Yao L. Earthquake migration in East Asia mainland (I) – the migration of huge earthquakes and volcanic activity from West Pacific trench to the Chinese mainland // Acta Seismologica Sinica. 1995. Vol. 8, N 4. P. 541–549.
4. Mino K. Migration of great earthquake along the subduction zone, of Japan Archipelago // J/ of the Seismological Society of Japan. 1988. Vol. 41, N 3. P. 375–380 (In Japanese with English abstract).

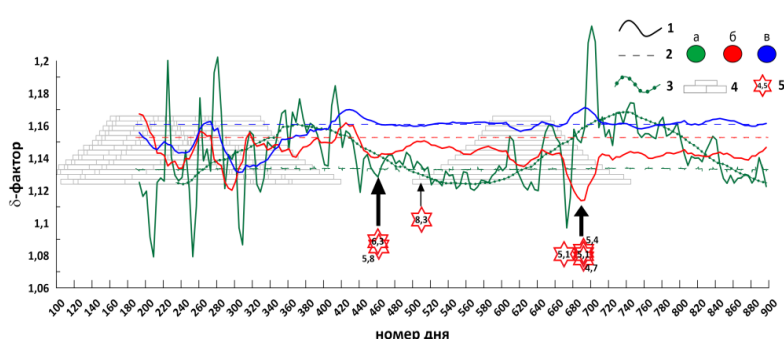
УДК 550.34

НАБЛЮДАЕМЫЕ ЭФФЕКТЫ В ВАРИАЦИЯХ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ В ПЕРИОД ПОДГОТОВКИ БЛИЗКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

М.Г. Валитов, З.Н. Прошкина

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
E-mail: pro-zo@yandex.ru

С применением новой методики расчета приливных параметров в окне, с различной шириной окон (30–120 сут), выявлен эффект в вариациях гравитационного поля, избавленных от влияния океанической нагрузки [1], для главной лунной волны O1 при подготовке близкого землетрясения (рисунок). Пункт измерения находился на территории МЭС «Мыс Шульца» (Приморский край, п-ов Гамова, б. Витязь, 42,583° с.ш., 131,158° в.д.) [2].



Изменение δ -фактора главных приливных волн, рассчитанного в окне 38 сут. 1, 2 – δ -фактор: 1 – наблюдаемой волны без учета океанической нагрузки, 2 – теоретической волны для твердой Земли по модели PREM [3]: а) K1, б) O1, в) M2; 3 – δ -фактор волны K1 в окне 120 сут; 4 – интерполированные участки; 5 – близкие землетрясения (цифры внутри – магнитуда). Черными стрелками отмечены моменты землетрясений: жирной – близких, тонкой – отдаленного.

Как видно из рисунка, интерполированные участки, связанные с техническим простоем гравиметра, дают значительные сдвиги по амплитудным показателям, особенно у волны K1, для которой выявлена цикличность при размере окна 120 сут. Данный эффект, вероятно, связан с сезонной цикличностью солнечной активности, что может быть полезно при изучении более длительных процессов, происходящих внутри Земли. При использовании окна 38 сут зафиксированы аномальные скачки амплитудных показателей в период двух серий близких землетрясений. Одна из них произошла на границе России и КНДР 5–6.04.2013 г. на глубине более 600 км, M 5.8–6.3. Другая серия из 4 коровых землетрясений произошла на территории Китая 31 октября и 22 ноября 2013 г., глубина гипоцентра от 2 до 10 км, M 4.7–5.4. В обоих случаях примерно за 20 сут до событий зафиксировано снижение амплитудных показателей для волны O1, перед китайскими землетрясениями более значительное. При этом в период первой серии землетрясений нет интерполированных участков, на которые можно было бы списать выявленные аномалии. В случае с китайскими землетрясениями такой участок мог внести погрешность в расчеты. Но с учетом небольшого размера окна в 38 сут интерполированный участок незначительно наложился на анализируемый период, поэтому можно считать аномалии связанными именно с сейсмическими событиями. Для полусуточной волны M2 и солнечной волны K1 сделать однозначный вывод сложно.

Для сильнейшего землетрясения, произошедшего в Охотском море с глубиной гипоцентра 609 км и M 8.3, ввиду отдаленности от пункта измерения, никаких эффектов в период его подготовки не наблюдалось (см. рисунок).

Работа выполнена по программе Фундаментальных научных исследований ТОИ ДВО РАН (рег. № 121021500053-6).

Литература

- Прошкина З.Н., Валитов М.Г., Колпащикова Т.Н., Наумов С.Б. Оценка влияния гидродинамики на приливные вариации силы тяжести в зоне перехода от континента к японскому морю // Физика Земли. 2021. № 1. С. 109–121. DOI: 10.31857/S0002333721010063
- Прошкина З.Н., Валитов М.Г., Кулинич Р.Г., Колпащикова Т.Н. Изучение приливных вариаций силы тяжести в зоне перехода от континента к Японскому морю // Вестник КРУНЦ. Науки о Земле. 2015. Вып. 27, № 3. С. 71–79.

УДК 550.34.01

**ОБЪЕКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДИСЛОКАЦИОННОЙ МОДЕЛИ
НЕВЕЛЬСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 2 АВГУСТА 2007 ГОДА****Н.Ф. Василенко, А.С. Прытков***Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: n.vasilenko@imgg.ru*

Невельская серия землетрясений – уникальное и сложное сейсмическое событие в акватории Татарского пролива вблизи о. Сахалин, вызвавшее волну цунами на юго-западном побережье острова [1]. Для главного толчка $M_w = 6.2$ и сильнейшего афтершока $M_w = 5.8$ однозначно определены механизмы очагов: плоскости сейсморазрывов имеют субмеридиональное простирание и сравнительно полого падают на запад; тип сейсмодислокаций – взброс западного крыла с небольшой компонентой правостороннего сдвига. Однако при оперативном анализе решить некоторые проблемы построения объективной дислокационной модели этого события, основанной только на сейсмологических данных и результатах спутниковой радиоинтерферометрии, в полной мере не удалось.

Ряд фактов макросейсмического обследования последствий Невельских землетрясений свидетельствует о резком и значительном горизонтальном смещении земной поверхности непосредственно в момент главного толчка и сильнейшего афтершока в направлении на их очаговую зону. Так, при первом землетрясении такси, движущееся на юг в районе г. Невельск, дернуло вбок и наклонило на левую сторону (на восток), правую сторону машины подняло на 20–30°, правые колеса повисли в воздухе. В результате второго толчка в шашлычной (южная окраина г. Невельск) мангал свалило на юго-восток, с силой ударив о стену. К совокупному проявлению этих землетрясений можно отнести деформации пролетных конструкций автомобильного и железнодорожного мостов через р. Амурская в 6 км к югу от г. Невельск, которые сместились в направлении от эпицентральной зоны на юго-восток [1].

В 2009 г. получены инструментальные данные о косейсмических смещениях на GPS пунктах периодических наблюдений, расположенных в пос. Ясноморский и на Невельском перевале. Смещения составили, соответственно, 16 и 4 см в западном (на главный толчок) направлении, при этом первый опустился на 3 см.

Подобные смещения могут быть вызваны подвижками в очагах главного толчка и сильнейшего афтершока только по сейсморазрывам, выходящим на поверхность (морское дно) [2]. Сейсморазрывы, не выходящие на поверхность, не могут создать подобных по направлению косейсмических смещений. Поэтому в основу построения объективной дислокационной модели Невельских землетрясений, наряду с сейсмологическими данными и результатами спутниковой радиоинтерферометрии, дополнительно следует положить косейсмические смещения ближайших GPS пунктов и выход на поверхность морского дна, по крайней мере, двух сейсморазрывов – главного толчка $M_w = 6.2$ и сильнейшего афтершока $M_w = 5.8$.

Проявление сейсморазрывов на поверхности для землетрясений такой магнитуды относится к весьма редким событиям. Их вероятность не превышает 14 % [3]. В современной сейсмической истории о. Сахалин это можно считать третьим событием после Нефтегорского землетрясения 1995 г. $M_w = 7.0$ и Углегорского землетрясения 2000 г. $M_w = 6.8$, сопровождавшимся поверхностными сейсморазрывами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Невельское землетрясение и цунами 2 августа 2007 года, о. Сахалин. М.: Янус-К, 2009. 204 с.
2. Okada Y. Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space // Bull. Seismol. Soc. Am. 1985. Vol. 75, N 4. P. 1135–1154.
3. Касахара К. Механика землетрясений. М.: Мир, 1985. 264 с.

УДК 550.34.01

ДИСЛОКАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ОЧАГА НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕГОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1995 Г. $M_w = 7.0$

Н.Ф. Василенко, А.С. Прытков

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

Построение геодинамических моделей очагов землетрясений – важная часть комплексного исследования сильных сейсмических событий и порождающих их сейсмогенных структур. В настоящее время разработан ряд подходов к моделированию параметров разрушения в очаге, основанных на инверсии как сейсмологических данных, так и косейсмических смещений земной поверхности. В основе метода сейсмологической инверсии лежит расчет синтетических сейсмограмм для заданной модели очага, которые сравниваются с зарегистрированными на сейсмических станциях волновыми формами [1]. В качестве исходных для моделирования очага на основе инверсии косейсмических смещений используются деформаций земной поверхности по данным спутниковой радиоинтерферометрии и непосредственно измеренные смещения на пунктах геодинамических сетей [2].

В отдельности оба метода могут иметь свои недостатки. Из сейсмологической инверсии в некоторых случаях даже для сильных землетрясений не удается выделить действующую плоскость сейсморазрыва. Для инверсии косейсмических смещений редко удается получить достаточное количество исходных данных. Возможности спутниковой радиоинтерферометрии в значительной мере ограничены характеристиками земной поверхности и неоднозначностью интерпретации одномерных интерферограмм без привлечения данных о параметрах сейсморазрыва или измеренных косейсмических смещениях.

На примере Нефтегорского землетрясения 1995 г. $M_w = 7.0$ [3], сильнейшего сейсмического события для Северного Сахалина, выполнено сравнение дислокационных моделей очага, построенных по сейсмологическим данным [4] и результатам спутниковой радиоинтерферометрии [5]. Две независимые модели дают схожие картины косейсмических смещений земной поверхности и достаточно хорошо согласуются с измеренными смещениями в северной части Нефтегорского сейсморазрыва.

Совместное использование обоих методов инверсии позволяет улучшить качество решения и построить наиболее реалистичную модель очага землетрясения. В то же время результаты исследования показывают, что при отсутствии инструментальных данных о смещениях земной поверхности метод сейсмологической инверсии (при выделении действующей плоскости сейсморазрыва) может быть успешно использован для моделирования очага и оценки косейсмических смещений в эпицентральной зоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kikuchi M., Kanamori H. Inversion of complex body waves-III // Bull. Seismol. Soc. Am. 1991. Vol. 81. P. 2335–2350.
2. Okada Y. Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space // Bull. Seismol. Soc. Am. 1985. Vol. 75, N 4. P. 1135–1154.
3. Нефтегорское землетрясение 27 (28) мая 1995 г. // Информ.-аналит. бюл. ФССН. Спец. вып. М., 1995. 236 с.
4. Полец А.Ю., Злобин Т.К. Моделирование очага методом инверсии волновых форм на примере Нефтегорского землетрясения 1995 года // Вестник ДВО РАН. 2017. № 1. С. 38–42.
5. Tobita M., Fujiwara S., Ozawa S., Rosen P.A., Fielding E.J., Werner C.L., Murakami M., Nakagawa H., Nitta K., Murakami M. Deformation of the 1995 North Sakhalin earthquake detected by JERS-1/SAR interferometry // Earth Planets Space. 1998. Vol. 50. P. 313–325.

УДК 550.348.432+550.334

**ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА СЕЙСМИЧЕСКИЙ ШУМ
ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ САХАЛИНСКОГО ФИЛИАЛА ФИЦ ЕГС РАН****Т.Е. Воронина^{1,2}, Н.В. Богинская²**¹ Сахалинский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск, Россия² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: mellissaseven@gmail.com

Исследована реакция сейсмического шума на сильные солнечные вспышки классов М и Х, порождающие короткие и длительные радиационные шторма (магнитные бури) по данным Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Российской академии наук [1]. Сейсмический шум изучался по записям сейсмических станций Сахалинского филиала Федерального Исследовательского Центра «Единая Геофизическая служба РАН» (СФ ФИЦ ЕГС РАН), установленных в рамках проекта «Исследования сейсмоструктуры Охотоморской плиты» между Сообществом университетов Японии, Геофизической службой РАН и институтами Российской академии наук [2]. Для анализа использованы записи сейсмического шума широкополосных и короткопериодных сейсмометров станций «Тымовское» (Сахалинская область), «Горный» (Хабаровский край) и «Терней» (Приморский край) за 2006–2021 гг. продолжительностью 5 суток до солнечной вспышки и 5 суток после. Были построены графики вариаций сейсмического шума и выполнено сопоставление записей вертикальных и горизонтальных каналов станций. Установлено повышение амплитуды импульсов возмущения шума во время магнитных бурь на вертикальных каналах, что согласуется с работой [3]. Амплитуды импульсов примерно одинаковы на всех исследуемых станциях и не зависят от метеорологических условий.

Сделано предположение, что резкие изменения электромагнитного поля во время бури могут служить триггером высвобождения накопленной в Земле энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ишков В.Н. Солнечные экстремальные события: история, осуществление, прогноз // Солнечно-земная физика. 2005. № 8 (121). С. 19–23.
2. Miyamachi H., Ichiyangi M., Maeda T. et al. Construction of the broadband seismic network in Far Eastern Russia for imaging the stagnant slab // Geophysical Bulletin of Hokkaido University, Sapporo, Japan. 2009. N 72. P. 37–49.
3. Соболев Г.А., Закржевская Н.А., Мигунов И.Н., Соболев Д.Г., Бойко А.Н. Влияние магнитных бурь на низкочастотный сейсмический шум // Физика Земли. 2020. № 3. С. 3–28. doi:10.31857/S0002333720030096

УДК 51-7:550.3

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗОН ОТКЛИКА ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ, ПРОИЗОШЕДШИХ В ПЕРИОД 2018–2020 ГГ.**М.И. Гапеев, Ю.В. Марапулец***Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, с. Паратунка, Россия
E-mail: gm16493@gmail.com*

При проведении геоакустических наблюдений на Камчатке было установлено, что перед сильными землетрясениями наблюдаются аномалии геоакустической эмиссии, которые могут выступать в качестве их оперативных предвестников [1]. В дальнейших исследованиях [2, 3] рассмотрены природы возникновения предсейсмических акустических аномалий и особенности их проявления. В результате было установлено, что геоакустические аномалии порождаются изменением поля геомеханических напряжений в зоне подготовки землетрясения и появляются в результате преобразования: напряжение – деформация приповерхностных пород. Проведено моделирование зон геоакустической эмиссии, возникающих при подготовке землетрясений [4]. Моделирование показало, что относительные деформации, вызываемые силами, действующими в очаге сильных землетрясений, превышают уровень 10^{-8} на расстояниях 200 км и более, что и приводит к возникновению геоакустических аномалий. Для описания механизма землетрясения в [4] были использованы модели простой сосредоточенной силы и диполя сил, которые упрощенно описывают реальные процессы в его очаге.

В предлагаемой работе приведены результаты расчета зон отклика геоакустического излучения при подготовке землетрясений по уровням относительных деформаций, который основан на статической модели деформационного поля в рамках теории упругости [5]. В соответствии с этой моделью земная кора рассматривается как однородное изотропное упругое полупространство, в котором присутствуют различные источники напряжения. При построении модели в качестве таких источников использовались комбинации из девяти пар сил, описывающих сейсмические события. В ходе моделирования рассматривались мелкофокусные землетрясения с моментной магнитудой M_w выше 5.0, произошедшие у Южной Камчатки в период с 2018 по 2020 г. Параметры землетрясений, включая тензор сейсмического момента, взяты из каталога NEIC (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>).

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания АААА-А21-121011290003-0.

ЛИТЕРАТУРА

1. Купцов А.В. Изменение характера геоакустической эмиссии в связи с землетрясением на Камчатке // Физика Земли. 2005. № 10. С. 59–65.
2. Долгих Г.И., Купцов А.В., Ларионов И.А., Марапулец Ю.В., Швец В.А., Шевцов Б.М., Широков О.Н., Чупин В.А., Яковенко С.В. Деформационные и акустические предвестники землетрясений // Доклады АН. 2007. Т. 413, № 1. С. 96–100.
3. 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.
4. Пережогин А.С., Шевцов Б.М., Сагитова Р.Н., Водичар Г.М. Моделирование зон геоакустической эмиссии // Математическое моделирование. 2007. Т. 19, № 11. С. 59–64.
5. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология. Теория и методы. М.: Мир, 1983. Т. 1. 519 с. (Пер. с англ.).

УДК 004.42:551.24

**МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ WEB-ГИС «ACTIVETECTONICS»
ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И РЕДАКТИРОВАНИЯ ДАННЫХ ПО АКТИВНОЙ
ТЕКТОНИКЕ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**А.А. Гладков^{1,2}, О.В. Лунина¹¹ ГАУ ДО ИО «Центр развития дополнительного образования детей», детский технопарк «Кванториум Байкал», г. Иркутск, Россия² Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия
E-mail: anton90ne@rambler.ru

Выделение и картирование активных разломов и сейсмогенных разрывов является одним из важнейшим этапов работ по оценке и прогнозированию сейсмической опасности. В последние десятилетия для достижения этих целей создаются и развиваются специализированные интерактивные геоинформационные системы для работы с пространственными данными в области активной тектоники [1, 2, 3; и мн. др.].

Данная работа посвящена направлениям модернизации web-ориентированного геоинформационного программного обеспечения «ActiveTectonics» [4, 5] (в открытом доступе по адресу <http://activetectonics.ru>), используемого для сбора, редактирования, визуализации и анализа пространственных данных по активным разломам и сейсмогенным разрывам юга Восточной Сибири.

Геоинформационная система «ActiveTectonics» содержит детальную информацию по многим изученным тектоническим структурам, включая параметрические данные, связанные изображения и фотографии, публикации, комментарии специалистов и многое другое.

В настоящее время для модернизации системы нами с использованием современных средств создания веб-ГИС разработан модуль online-редактирования пространственных данных, атрибутивной информации и связанных с каждым отдельным объектом файлов. Для обеспечения доступа и возможности редактирования геопро пространственных баз данных внедрена система аутентификации пользователей. Эти обновления в дальнейшем могут позволить расширить охват исследуемых территорий и качество публикуемой информации путем привлечения к совместной работе над базами данных заинтересованных специалистов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-45-385001 p_Наставник.

ЛИТЕРАТУРА

1. Basili R., Valensise G., Vannoli P. et al. The Database of Individual Seismogenic Source (DISS), Version 3: Summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology // *Tectonophysics*. 2008. Vol. 453. P. 20–43.
2. Caputo R., Chatzipetros A., Pavlides S., Sboras S. The Greek Database of Seismogenic Sources (GreDaSS): state-of-the-art for northern Greece // *Annals of Geophysics*. 2012. Vol. 55, № 5. P. 859–894.
3. U.S.G.S. (USA Geological Survey and supporting agency). Quaternary fault and fold database for the United States. From USGS web site. URL: <http://earthquakes.usgs.gov/regional/qfaults/> (last accessed 10 May 2021).
4. Lunina O.V., Caputo R., Gladkov A., Gladkov AS. Southern East Siberia Pliocene-Quaternary faults: database, analysis and inference // *Geoscience Frontiers*. 2014. Vol. 5. P. 605–619.
5. Гладков А.А., Лунина О.В. База данных сейсмогенных источников юга Восточной Сибири на основе разработанной ГИС «ActiveTectonics» // *Геоинформатика*. 2016. № 4. С. 3–10.

УДК 551.24+550.34+550.348

**ДЕФОРМАЦИИ СКЛОНОВ ХРЕБТА ХАМАР-ДАБАН В РАЙОНЕ
ЮЖНОБАЙКАЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ****И.А. Денисенко, О.В. Лунина***Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия**E-mail: lounina@crust.irk.ru*

Впервые деформационные структуры в хребте Хамар-Дабан, обрамляющем юго-восточный борт Южнобайкальской впадины, были обнаружены и детально описаны более полувека тому назад группой ученых под руководством В.С. Хромовских. С помощью аэровизуальных наблюдений было выделено около 20 предположительно сейсмогенных структур, 9 из которых в дальнейшем были изучены [1]. Рвы и уступы на горных вершинах и склонах, а также дамбы, перегораживающие русла водотоков, были определены как первичные сейсмодислокации, связанные с катастрофическими землетрясениями прошлого. Позднее, в связи с недостаточной их изученностью и значительной отдаленностью от известных крупных разломов, сейсмогенный генезис этих структур подвергся сомнению. Это стало причиной их исключения из каталога палеосейсмодислокаций Байкальского региона. Цель настоящей работы заключалась в картировании описываемых разрывов на основе спутниковых снимков высокого разрешения в ГИС и уточнения их генезиса.

В результате проведенного дешифрирования в хребте Хамар-Дабан с юго-восточной стороны Южнобайкальской впадины было выделено более 100 разрывов на 6 участках. Их протяженность варьирует от 60 до 3500 м, большая часть не превышает 1000 м. Выявленные структуры в основном представлены сбросовыми уступами и рвами, иногда сопровождаемые оползнями и обвалами. Они, как правило, расположены на вершинах водоразделов и имеют общее простираие с осью хребтов. Эти признаки, в совокупности с небольшой протяженностью и относительно большими амплитудами вертикальных смещений, дают возможность предположить сейсмогравитационную природу данных структур, связанную с отступанием ледников на фоне сейсмического процесса. В зарубежной литературе подобное явление называется сакунгом (sackungen) – это глубокая гравитационная деформация склона. Движение склонов, происходящее на вершинах холмов с крутым рельефом за счет отступления ледников, вызывает значительную разгрузку склона, за которой следует поверхностное разрушение и реактивация ранее существовавших трещин [2], усиливающаяся при землетрясениях. Обычно размеры деформаций сопоставимы с самим склоном [2], что также наблюдается в хребте Хамар-Дабан.

Некоторые признаки изучаемой территории (ледниковые озера, моренные отложения, троговые долины) указывают на существование здесь в геологическом прошлом большого количества ледников, таяние которых могло способствовать образованию выявленных деформаций, в том числе при палеоземлетрясениях, при которых активизируются склоновые движения [2, 3].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-45-385001.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хромовских В.С. Сейсмогеология Южного Прибайкалья. М.: Наука, 1965. 120 с.
2. Tomas P., Mentlik P., Zondervan A., Norton K., Hradecky J. Are sackungen diagnostic features of (de)glaciated mountains? // *Geomorphology*. 2015. Vol. 248. P. 396–410.
3. Gori S., Falcucci E., Dramis F., Galadini F., Galli P., Giaccio B., Messina P., Pizzi A., Sposato A., Cosentino D. Deep-seated gravitational slope deformation, large-scale rock failure, and active normal faulting along Mt. Morrone (Sulmona basin, Central Italy): Geomorphological and paleoseismological analyses // *Geomorphology*. 2014. Vol. 208. P. 88–100.

УДК 551.248.2

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТИ АНИВСКИХ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ О. САХАЛИН

А.Е. Заболотин¹, П.А. Каменев¹

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*
E-mail: a.zabolotin@imgg.ru

Остров Сахалин входит в состав Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода от континента к океану, представляющей собой гигантскую «шовную» (межблоковую) структуру глобального уровня и область интенсивной разрядки глубинной энергии, активной позднемезозойско-кайнозойской и современной геодинамики [4]. Из-за своего расположения остров Сахалин является одним из самых сейсмоактивных регионов России. Наибольшему риску возникновения крупных сейсмических явлений подвержены территории в окрестностях крупных разломов.

В геологическом строении острова выделяется серия крупных субмеридиональных разломов (Западно-Сахалинский, Хокайдо-Сахалинский, Восточно-Сахалинский, Центральнo-Сахалинский), протягивающихся практически вдоль всего острова. Большая часть населения Сахалинской области проживает в непосредственной близости от Центральнo-Сахалинского разлома (ЦСР), а точнее южной его части. Поэтому наблюдения за сейсмической активностью, связанными с ней напряжениями и деформациями, а так же возможный сейсмический прогноз является весьма актуальной задачей.

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

Исходными данными для создания модели послужили результаты сейморазведки ГСЗ, каротажа скважин, измерения в пунктах наблюдения GPS/ГЛОНАСС, сейсмологические данные [2, 3]. Плотности и геомеханические параметры рассчитывались на основе данных скоростной модели из [3]. При расчете плотностей использовали соотношения из работы [1]. Геомеханические параметры были рассчитаны на основе феноменологических зависимостей соответствующих параметров от скоростей продольных волн. Значения модуля Юнга получены на основе соотношения из работы [1]. Коэффициенты Пуассона были подобраны путем обобщения работ различных авторов [1]. Источником данных о скорости деформации исследуемого участка являются натурные измерения, полученные в работе [2].

Данная работа отражает начальный этап создания геомеханической модели южного сегмента Центральнo-Сахалинского разлома и первые полученные результаты. В дальнейшем предполагается продолжение работ по моделированию данной проблемной сейсмической зоны, уточнение и отладка модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменев П.А., Заболотин А.Е., Дегтярев В.А., Жердева О.А., Разработка геомеханической модели активного разлома южного Сахалина // Геосистемы переходных зон. 2019. №3. С.287–295. doi:10.30730/2541–8912.2019.3.3.287–295
2. Лившиц М.Х. Глубинное строение Сахалина по геофизическим данным // Геофизический сборник. – Южно-Сахалинск, 1972. – Вып. 24, № 2. – С. 16–25.
3. Прытков А.С., Василенко Н.Ф. Деформации земной поверхности острова Сахалин по данным GPS-наблюдений // Геодинамика и тектонофизика, 2018. – Т. 9, № 2. – С. 503–514. doi:10.5800/GT–2018–9–2–0358.
4. Харахинов В.В. Нефтегазовая геология Сахалинского региона. – М.: Научный мир, 2010. – 276 с.

УДК 550.34

О ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГНОЗОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ МЕТОДОМ LURR (LOAD-UNLOAD RESPONSE RATIO) НА САХАЛИНЕ

А.С. Закупин

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

За последние шесть лет методика LURR [1] на Сахалине не только активно применялась для прогноза землетрясений, она получила здесь в некотором смысле второе рождение. Не меняя внутреннего содержания и принимая общие физические принципы, сахалинским сейсмологам удалось разработать свои подходы (алгоритм) для работы с методикой [2]. Для этого определены параметры для расчета параметра LURR во времени, правила выделения аномалий LURR, условия сканирования территории, многократно превышающей расчетную область, объекты прогноза. Предложенные правила составляют алгоритм, который можно использовать *in situ* для прогноза землетрясений с $M \geq 5$ на Сахалине, достаточно лишь иметь на руках данные сейсмического мониторинга (каталог), полученные по правилам СФ ФИЦ ЕГС РАН. В качестве демонстрации возможностей нового подхода авторами проведен ретроспективный анализ сейсмичности о. Сахалин с 1997 по 2019 г. [2]. Ретроспективный прогноз землетрясений с $M \geq 5$ показал, что при периоде тревоги в два года при 25% ложных тревог (4 из 15 областей прогноза) 84% землетрясений (16 из 19, с $M \geq 5$) спрогнозированы. В данной работе предложено от простейшей качественной модели оценки эффективности (захваты, ложные тревоги, пропущенные цели) перейти к построению аналитической зависимости, учитывающей все особенности нового алгоритма. Параметрами, от которых может зависеть качество прогноза, мы выбрали период тревоги и площадь территории, на которую он распространен. В результате предложена аналитическая зависимость для описания эффективности прогнозов (K_{ef}), которая демонстрирует для изученного ранее периода (1997–2019 гг.) следующий результат. Обнаружены экстремумы на значении периода тревоги 12 и 24 месяца. При этом на 24 месяцах K_{ef} значительно больше, что согласуется с ранее полученным результатом. После двухлетнего периода тревоги коэффициент эффективности снижается вплоть до значения в три года, где снова идет в рост. Этот рост не характеризует улучшение характеристик прогнозов, а обусловлен массовым наложением периодов тревоги от различных областей прогноза. Для демонстрации возможностей полученной зависимости и, попутно, проверки эффективности метода LURR на Сахалине предложены случайные распределения объектов прогноза (19 землетрясений с $M \geq 5$) в пространстве и времени. 10 таких случайных выборок поставлены в зависимость от 15 областей прогноза, для всех посчитан K_{ef} . Результат показывает значительное преимущество реальной выборки перед случайными, а также практически подтверждает надежность работы алгоритма по применению методики LURR. Методика и результаты данной работы могут служить практическими рекомендациями для работы с методом LURR специалистам сейсмологам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yin X.C., Zhang L.P., Zhang H.H., Yin C., Wang Y., Zhang Y., Peng K., Wang H., Song Z., Yu H., Zhuang J. LURR's twenty years and its perspective // Pure and Applied Geophysics. 2006. Vol. 163. С. 2317–2341. <https://doi.org/10.1007/s00024-006-0135-x>
2. Закупин А.С., Богинская Н.В. Среднесрочные прогнозы землетрясений методом LURR на Сахалине: обобщение ретроспективных исследований за 1997–2019 гг. и новые подходы // Геосистемы переходных зон. 2021. 5(1). С. 27–45. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2021.5.1.027-045>

УДК 550.34

**СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС В ОБЛАСТИ ОЧАГА КРИЛЬОНСКОГО
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 23.04.2017
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ 2018–2021 ГГ. И СРП-МОДЕЛИРОВАНИЯ**

А.С. Закупин

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

Исследована сейсмичность в области очага землетрясения 23 апреля 2017 г. на п-ове Крильон (о. Сахалин) за период 2018–2021 гг. методом саморазвивающихся процессов (СРП) [1]. Сейсмическая активность после ряда активизаций 2017 г. имеет затухающий тренд, на котором в двух случаях наблюдаются активизации сейсмичности типа СРП. Установлено, что в исследуемой области (40 км в радиусе от очага Крильонского землетрясения) и ее ближайших окрестностях (до 80 км) через 74 и 26 дней после реализации СРП наблюдались землетрясения с $M = 3.9$ и $M = 4.3$. В исследуемой области это одни из самых сильных землетрясений за рассматриваемый период времени. Результаты исследования сопоставлены с данными мониторинга Камчатского филиала ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» объемной активности подпочвенного радона (ОА Rn). Выявлено, что аномалии ОА Rn, обнаруженные в ноябре 2018 г. [2] и январе 2020 г. [3], появляются через несколько недель после выявленных СРП. Аномалии зарегистрированы на пунктах наблюдений, удаленных от исследуемой области (так же как и от вышеназванных землетрясений) не более 50 км. Землетрясения в 2018 ($M = 3.9$) и 2020 ($M = 4.3$) годах произошли через 19 и 32 дня после появления аномалий ОА Rn. В целом обстановка оценивается как спокойная, поскольку сейсмическая активность на текущий момент не имеет предпосылок, по данным анализа, для перехода от затухающей стадии к стадии стабилизации. Как показано в работе, это является одним из признаков подготовки землетрясения с магнитудой выше 5. Тем не менее на затухающем тренде возможны СРП и (как результат) землетрясения умеренной силы ($M < 5$). Предложено в дальнейшем учитывать саморазвивающиеся процессы как первичный признак для изменения геодинамического состояния среды, при котором возможно появление аномалий ОА Rn, имеющих связь с прогнозом умеренной сейсмичности при форшоковых или афтершоковых активизациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малышев А.И. Динамика саморазвивающихся процессов // Вулканология и сейсмология. 1991. № 4. С. 61–72.
2. Макаров Е.О., Фирстов П.П., Костылев Д.В., Рылов Е.С., Дудченко И.П. Первые результаты мониторинга подпочвенного радона сетью пунктов, работающей в тестовом режиме, на юге острова Сахалин // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2018. № 25(5). С. 99–114.
3. Макаров Е.О., Костылев Д.В., Фирстов П.П., Каменев П.А., Богинская Н.В. Отклик в поле подпочвенного радона на землетрясение 23.01.2020 г. с $M_L = 4.2$ в заливе Анива вблизи острова Сахалин. В кн.: Вулканизм и связанные с ним процессы: Материалы XXIII ежегодной научной конференции, посвящ. Дню вулканолога, Петропавловск-Камчатский, 30 марта – 1 апреля 2020 года. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2020. С. 114–117.

УДК 528.8

КАРТИРОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ АНОМАЛИЙ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ GRACE В ЗОНАХ ПОДГОТОВКИ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПОДВОДНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ

В.Б. Кашкин¹, Т.В. Рублева¹, К.В. Симонов²

¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

² Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск, Россия

E-mail: tvrubleva@mail.ru

Исследование посвящено разработке и тестированию методики сравнительного анализа и интерпретации измерений, полученных космической системой GRACE, (NASA.GRACE) и данных сейсмического мониторинга (USGS) для уточнения геодинамических параметров процесса подготовки катастрофических подводных землетрясений, произошедших за последние 20 лет. В частности, проводился ретроспективный анализ геофизической информации о серии из трех сильнейших землетрясений с магнитудой $M_w > 8.0$, которые произошли вдоль тихоокеанского побережья Чили в 2010, 2014 и 2015 гг. [1, 2]. Идея исследования – поиск закономерностей в распределении параметра EWN (Equivalent Water Height, или эквивалентная высота воды над контуром геоида, см), который определяется по данным измерений GRACE [3, 4] в области очаговых зон сильнейших подводных землетрясений в период их подготовки.

В работе представлены вычислительная методика и визуальные образы картирования распределения EWN, а также результаты экспериментальных исследований гравитационных аномалий для области сильнейших землетрясений и обсуждения результатов сравнительного анализа вариаций EWN в период геодинамической активности. Выделение особенностей и сравнительный анализ вариаций основных параметров двух систем наблюдений в изучаемых очаговых областях позволит решать прогностические задачи геодинамического мониторинга катастрофических землетрясений [5, 6]. С помощью разработанной вычислительной методики и выполненного детального анализа цифровых карт распределения EWN осуществлен ретроспективный анализ процессов подготовки сильнейших цунамигенных землетрясений в сейсмоактивных районах Тихого океана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Moreno M., Rosenau M., Oncken O. Maule earthquake slip correlates with pre-seismic locking of Andean subduction zone // *Nature*. 2010. Vol. 467, Iss. 7312. P. 198–202.
2. Han S.C., Sauber J., Luthcke S. Regional gravity decrease after the 2010 Maule (Chile) earthquake indicates large-scale mass redistribution // *Geophysical Research Letters*. 2010. Vol. 37, Iss. 23. P. 1–5.
3. Wahr J., Molenaar M., Bryan F. Time variability of the Earth's gravity field: Hydrological and oceanic effects and their possible detection using GRACE // *J. Geophys. Res.: Solid Earth*. 1998. Vol. 103, № B12. P. 30205–30229.
4. Tapley B.D., Bettadpur S., Ries J.C., Thompson P.F., Watkins M.M. GRACE measurements of mass variability in the Earth system // *Science*. 2004. Vol. 305, Iss. 5683. P. 503–505.
5. Mitsui Y., Yamada K. Possible correlation between annual gravity change and shallow background seismicity rate at subduction zone by surface load // *Earth, Planets and Space*. 2017. Vol. 69, № 166. P. 1–7.
6. Peidou A., Pagiatakis S. Gravity Gradiometry with GRACE Space Missions: New Opportunities for the Geosciences // *J. Geophys. Res.: Solid Earth*. 2019. Vol. 124, Iss. 8. P. 9130–9147.

УДК 550.34

РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ УДАРООПАСНОСТИ И ТЕХНОГЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СИБИРИ

А.И. Конури, А.А. Еременко

*Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия
E-mail: akonurin@yandex.ru*

Переход к подземной разработке рудных тел на больших глубинах обусловил необходимость решения принципиально новых задач по прогнозу и предупреждению динамических форм проявления горного давления [1]. Это вызвано необходимостью решения широкого круга технологических задач – от технического обеспечения систем разработки на шахтах и рудниках до операций по спасению горняков в случае техногенных катастрофических событий [2, 3].

Мониторинговые исследования направлены на обеспечение безопасности ведения горных работ и включают в себя выявление характера протекания геомеханических процессов на месторождении, выбор эффективных схем их отработки, разработку мер по борьбе с геодинамическими явлениями [4]. Применение геофизических методов для комплексной оценки состояния вмещающего массива существенно увеличивает объективность геомеханического мониторинга. Преимущество комплексного подхода заключается в возможности более детального исследования техногенной сейсмичности и оценке состояния массива горных пород [5].

С появлением измерительных датчиков записи экспериментальных данных при разведке, бурении и добыче полезных ископаемых в горнодобывающей промышленности накопился огромный объем экспериментальных данных. Они могут быть использованы для анализа с позиций осуществления геотехнического мониторинга и повышения безопасности условий труда на горном производстве. Методы искусственного интеллекта в настоящее время успешно используются для решения широкого круга задач в области механики горных пород и работают часто не хуже, чем традиционные (эмпирические, механико-математические или статистические методы) [6].

На основе экспериментальных исследований в условиях удароопасных месторождений разработана методика прогноза динамических явлений. Важнейший аспект перспективных исследований и разработок в природных условиях недропользования связывается авторами с разработкой экспресс-методов анализа мониторинговых данных для реализации концепции оперативного инструментального измерения физической информации при освоении удароопасных месторождений [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Курленя М.В., Еременко А.А., Башков В.И. Влияние взрывных работ на сейсмические и динамические явления при подземной разработке рудных удароопасных месторождений Сибири // Горный журнал. 2015. № 8. С. 69–71.
2. Fengyu Ren, Yang Liu, et. al. Prediction of the caved rock zones' scope induced by caving mining method // PLoS ONE. 2018. Vol. 13(8), e0202221.
3. Lukosavich N. Chilean miner rescue: The drilling team that defied all odds // World Oil. 2010. Vol. 231. No. 12. P. 1–6.
4. Дик Ю.А., Иванов Ю.С., Кольцов П.В., Красавин А.В. Инструментальный маркшейдерский мониторинг геомеханических процессов при комбинированной разработке месторождений // Горный журнал. 2019. № 5. С. 18–23.
5. Дорохин К.А. Опыт применения скважинных сейсмоакустических исследований для оценки фактического состояния массива горных пород с использованием 2D- и 3D-построений // ГИАБ. 2019. № 5. С. 80–88.
6. Lawal A.I., Kwon S. Application of artificial intelligence to rock mechanics: An overview // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2021. Vol. 13 (1). P. 248–266.
7. Адушкин В.В., Опарин В.Н. и др. Геомеханические поля и процессы: экспериментально-аналитические исследования формирования и развития очаговых зон катастрофических событий в горно-технических и природных системах. Т. 1. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. 549 с.

УДК 528.88+551.24+502.5

**ВЫЯВЛЕНИЕ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ КАК ОДИН ИЗ ПАРАМЕТРОВ
ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧНОСТИ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРА САХАЛИНА****О.В. Купцова¹, В.А. Мелкий^{1,2}, А.А. Верхотуров^{1,2}**¹ Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: nauka@imgg.ru

Север острова Сахалин богат месторождениями горючих полезных ископаемых [1, 2]. Разработка месторождений должна отвечать высоким требованиям безопасности. В зонах повышенной сейсмической активности разработка месторождений имеет ряд специфических особенностей, которые необходимо учитывать во избежание экономических потерь и жертв. Уровень современных технологий позволяет с высокой степенью вероятности отследить изменения параметров окружающей среды, сопровождающие опасные природные процессы [3]. Учеными разрабатываются технологии и методики для выявления и оценки нежелательных природных процессов. В работе предложена одна из таких методик.

С помощью линеаментного анализа, проведенного автоматическим путем, составляется карта и описывается особо интересная с точки зрения разработки месторождений область севера Сахалина [4].

Имеющиеся карты разрывных нарушений о. Сахалин во многом противоречат друг другу [1]. Причем у одного и того же исследователя с течением времени, по мере нарастания опыта, карты видоизменяются (см., например, [5]). Но технологии первичной оценки территории по одному из параметров сейсмической опасности – расположению дизъюнктивных нарушений – нет. Методы выявления, используемые в работе, учитывают богатый опыт предыдущих исследователей по поиску разрывных нарушений с помощью данных дистанционного зондирования Земли [3]. В технологии учитывается вероятностная оценка местоположения разломов, близость эпицентров землетрясений к исследуемым дизъюнктивным нарушениям и др. Реализация технологии позволяет обеспечивать данными мониторинга разрывных нарушений организации, которые занимаются строительством и эксплуатацией объектов различного назначения, в том числе и месторождений полезных ископаемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рождественский В.С. Роль сдвигов в формировании структуры Сахалина, месторождений углеводородов и рудоносных зон // Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. Т. 1. С. 80–109.
2. Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Обзор изданий картографических материалов в Сахалинской области // Изв. высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2014. № 5. С. 48–53.
3. Бондур В.Г., Зверев А.Т., Гапонова Е.В., Зима А.Л. Исследование из космоса предвестниковой цикличности при подготовке землетрясений, проявляющейся в динамике линеаментных систем // Исследование Земли из космоса. 2012. № 1. С. 3–30.
4. Купцова О.В., Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Выявление зон дизъюнктивных дислокаций для территории северного Сахалина по данным космических съемок // «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: XVII междунар. конф. Новосибирск: СГУГиТ, 2021. Т. 1. С. 8–17.
5. Харахинов В.В., Гальцев-Безюк С.Д., Терещенков А.А. Разломы Сахалина // Тихоокеанская геология. 1984. № 2. С. 77–86.

УДК 551.24

СОПОСТАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ГРАНИЦ ЕВРОАЗИАТСКОЙ ЛИТОСФЕРНОЙ ПЛИТЫ. РАЗЛИЧИЯ И СХОДСТВО**Ю.Г. Кутинов, Т.Я. Беленович, З.Б. Чистова**

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН,
г. Архангельск, Россия
E-mail: kutinov@fciaarctic.ru*

Для оценки геодинамического режима использовалась оригинальная авторская разработка Т.Я. Беленович [1] по расчету векторов скольжения горных масс, определение каждого из которых основано на использовании данных о фокальных механизмах очагов землетрясений. Суть метода заключается в следующем.

Процесс вспарывания разломов в земной коре при землетрясениях, определяемый в результате изучения механизмов их очагов, характеризуется направлением и амплитудой перемещения плоскостей разрывов, выраженных вектором смещения P_i (x, y, z) в декартовой системе координат. Вектор смещения с составляющими P_{ix} , P_{iy} , P_{iz} отражает среднее направление в перемещении плоскостей разрывов. В каждом конкретном очаге землетрясения с учетом его типа (сдвиг, взброс, сброс) будут задействованы попарно только две составляющие из трех, например при сдвиге P_{ix} и P_{iy} и т.д. При условии, что в очагах землетрясений происходят подвижки по обеим плоскостям одновременно, максимальное смещение горных масс будет совпадать с положением результирующего вектора.

В результате сравнительного анализа полученных результатов по геодинамической обстановке на северной, южной и восточной границах Евроазиатской литосферной плиты были сделаны следующие выводы.

- Геодинамический режим земной коры севера и юга Евразии резко различается. Так, если на севере Евразии тройным сочленением Евроазиатской, Северо-Американской и Гренландской литосферных плит является асейсмичный блок (или полюс Эйлера), то на юге Евразии тройным сочленением Евроазиатской, Аравийской и Африканской плит является тектонически активный и высокосейсмичный участок.
- Геодинамический режим земной коры востока Евразии также отличается от обстановок на севере и юге плиты, он обусловлен, вероятно, отсутствием непосредственного взаимодействия между глобальными литосферными плитами и вызван автономным вращением Евроазиатской литосферной плиты.

Различия несомненны, а есть ли сходство?

На более детальном уровне были рассчитаны компоненты тензора сейсмотектонической деформации (ε_{xx} ; ε_{yy} ; ε_{zz}). Все вышеперечисленные структуры имеют сложное слоисто-блоковое строение. То есть в слоисто-блоковой среде послойно, а в отдельных блоках и во времени меняется напряженно-деформированное состояние литосферы, которое напрямую зависит от направления осей сжимающих напряжений [2, 3].

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ (проект № 18-05-60024).

ЛИТЕРАТУРА

1. Беленович Т.Я. Современная геодинамика Тянь-Шаня по сейсмологическим данным // Дис. ... д-ра. геол.-минер. наук. Москва, МГУ, 1992. 291 с.
2. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Беленович Т.Я. Современная геодинамика Арктического нефтегазоносного супербассейна // Глубинная нефть. 2013. Т. 1, № 9. С. 1307–1336.
3. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Беленович Т.Я., Морозов А.Н. Современная геодинамика хребта Гаккеля по сейсмологическим данным // Арктика: экология и экономика. 2016. № 4. С. 58–71.

УДК 551.243+528.7+571.5

ПОВЕРХНОСТНЫЕ РАЗРЫВЫ БАЙКАЛЬСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

О.В. Лунина¹, А.А. Гладков^{1,2}, И.А. Денисенко¹, Е.В. Серебряков¹

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

² Детский технопарк «Кванториум Байкал» ГАУ ДО ИО «Центр развития дополнительного образования детей», г. Иркутск, Россия

Уникальная природная обстановка экосистемы оз. Байкал и его окружения образовалась благодаря растяжению земной коры и особому тектоническому положению. Разломы обуславливают развитие опасных эндогенных и экзогенных процессов, перенос химических элементов и формирование аномальных геофизических полей в их зонах, поэтому их изучение исключительно важно. Об активности разломов свидетельствуют поверхностные разрывы как сейсмогенного происхождения, так и возникающие в результате длительного воздействия криповых смещений.

В Байкальском регионе изучение сейсмогенных нарушений началось в 1950-х годах под руководством В.П. Солоненко. За прошедшее время по данным аэрофотосъемки и наземных наблюдений его коллегами и последователями было выделено более 70 сейсмодислокаций. Тем не менее побережья оз. Байкал и прилегающие склоны хребтов хранят в себе еще много свидетельств активности разломов. Цель нашей работы заключается в исследовании поверхностных разрывов на новом уровне с использованием современных технических средств, методов и программного обеспечения.

На основе ГИС нами проведено дешифрирование спутниковых снимков побережий оз. Байкал и сопредельных территорий и частично сформирована база данных поверхностных разрывов. Они условно разделены на 4 класса: первичные достоверные (1) и предполагаемые (2); вторичные достоверные (3) и предполагаемые (4) сейсмогравитационного генезиса. В особую группу выделены уступы некоторых байкальских террас, образование которых могло быть обусловлено как сейсмогенными подвижками, так и климатическими факторами. Основная часть первичных нарушений локализуется вдоль северо-западного побережья оз. Байкал. На восточном побережье в Северобайкальской котловине фрагментарно выделены только террасовидные уступы. К первичным сейсмогенным разрывам в бортах Южнобайкальской впадины отнесены нарушения, объединяющиеся в Дельтовую, Таловскую и Красноярскую зоны. Остальные картируются в хребте Хамар-Дабан. Генезис последних остается спорным, так как многие из них пересекают вершинные части водоразделов и находятся далеко от известных крупных разломов. Всего откартировано 802 объекта.

В 2019 и 2020 гг. для детального изучения поверхностных разрывов и их заверки с помощью БПЛА на 29 локальных участках вдоль побережий Северобайкальской впадины выполнены высокоточная аэрофотосъемка и георадарные профили. По этим данным для большинства из них построены ортофотопланы и цифровые модели местности с пространственным разрешением от 0.88 до 15.8 см/пиксел. В результате уточнены строение и параметры Сарминской и Ото-Хушун-Зундукской зон палеосейсмогенных разрывов, впервые выявлены признаки криповых смещений в зоне Зундукского разлома на мысе Ото-Хушун и предположительно в зоне Северобайкальского разлома на мысе Шартлай обнаружена современная зона разрывов в периферийной части дельты р. Рита, формирование которой связано с землетрясениями в оз. Байкал и последующими гравитационными проседаниями голоценовых отложений.

Выявление поверхностных разрывов по данным высокоточной аэрофотосъемки и мониторинг их развития в дельтах рек и конусах выносов временных водотоков позволит прогнозировать в будущем возможные места смещений и обрушений прибрежных участков при умеренных и сильных землетрясениях и, таким образом, изучать динамику развития берегов оз. Байкал.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-45-385001.

УДК 550.34

**ГЛОБАЛЬНАЯ КОМПОНЕНТА В СЕЙСМИЧНОСТИ ПРИАМУРЬЯ
И СОПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ****Т.В. Меркулова***Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия**E-mail: merkulova@itig.as.khb.ru*

Одной из особенностей сейсмического процесса является неравномерность: периоды высокой сейсмической активизации сменяются интервалами полного отсутствия сильных землетрясений или слабой сейсмичностью. В настоящее время установлено, что периоды повышения сейсмической активности могут проявляться в одно время в различных регионах, и такое поведение считается глобальной закономерностью сейсмического режима. Наиболее ярко, как показано на примере сейсмоактивных районов и геодинамических полигонов, проявлена глобальная компонента с характерным периодом 10–15 лет (Т-компонента). Эта компонента обусловлена физическим механизмом, общим для всей планеты, – изменением скорости вращения Земли [1, 2]. Корреляция сейсмической активности в мире и отдельных регионах с вариациями скорости вращения планеты выявлена для разных временных интервалов [3, 4].

В данной работе исследовано проявление Т-компоненты во внутриплитных условиях на примере сейсмической активности Приамурья и сопредельной территории с умеренной сейсмичностью. В качестве параметра интенсивности процесса выбрана сейсмическая энергия. Для региона выявлена повышенная сейсмическая активность в 1970–1975, 1985–1986, 1994, 2005–2007 гг. Для большой территории наблюдается корреляция пиков сейсмической активности региона с вариациями низкочастотной составляющей (осредненной в годовых интервалах) скорости вращения планеты. Лишь в одной четвертой части региона наблюдаются соответствие пиков повышенной сейсмичности точкам смены знака скорости вращения. В остальных трех частях повышенной сейсмичностью подтверждаются три из четырех точек смены знака скорости вращения планеты. При анализе отдельных скоплений землетрясений максимумами сейсмической активности проявлены две или три точки смены знака скорости вращения планеты.

Таким образом, соответствие пиков сейсмической активности точкам смены знака вариации скорости вращения планеты наблюдается только для большой по площади территории или наиболее сейсмоактивной ее части. Смена знака в скорости вращения выступает триггирующим фактором, провоцирующим относительно сильные землетрясения во внутриплитных условиях Приамурья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горькавый Н.Н., Левицкий Л.С., Тайдакова Т.А., Трапезников Ю.А., Фридман А.М. О выявлении трех компонент в сейсмической активности Земли // Физика Земли. 1994. № 10. С. 23–32.
2. Фридман А.М., Брагин В.Д. О связи глобальной и локальной сейсмической активности // Физика Земли. 2005. № 9. С. 54–57.
3. Сасорова Е.В., Левин Б.В. О связи вариаций скорости вращения Земли и ее сейсмической активности. Вступление Земли в новую фазу уменьшения угловой скорости вращения // Вестник КРАУНЦ. Физ.- мат. науки. 2017. № 4 (20). С. 91–100.
4. Уткин В.И., Юрков А.К., Цурко И.А. Вариации неравномерного вращения Земли как триггирующий фактор сейсмичности планеты // Геология и геофизика Юга России. 2012. № 1. С. 3–13.

УДК 551.24

ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ КАК КЛЮЧЕВОЙ ИСТОЧНИК ГЕНЕРАЦИИ АНОМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ И СУБКОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЕ

Д.С. Мягков, Ю.Л. Ребецкий

*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН
E-mail: dsm@ifz.ru; reb@ifz.ru*

В настоящее время большой объем накопленных тектонофизических данных о напряженном состоянии земной коры континентов и континентальных окраин не имеет пока общепризнанного геодинамического объяснения. Благодаря этому поиск геодинамических источников аномальных (нелитостатических) напряжений в коре континентов и их окраин крайне актуален. Одним из сравнительно мало представленных в современной литературе источников напряжений является влияние экзогенных процессов. Среди них ключевым является генерация избыточных напряжений горизонтального сжатия, физический механизм которой описан в работе [1]. Данный механизм способен привести к возникновению напряжений порядка первых десятков МПа при достаточной амплитуде денудации вещества земной коры за счет экзогенных процессов. Подобного рода напряжения формируются в разнообразных структурах (щиты северных платформ, испытавшие оледенения в новейшее время, эпиплатформенные орогены с высокой скоростью эрозии и т.д.). В данном исследовании исследуется влияние экзогенных факторов на формирование напряженного состояния литосферы зоны субдукции.

В рамках этого исследования представлен ряд численных геодинамических моделей, в которых изучается зависимость генерации экзогенных напряжений как от геомеханических свойств вещества земной коры, так и от ее строения в конкретных регионах. Основное внимание уделено генерации в коре островной дуги (Японская [2], Курило-Камчатская зоны субдукции), представлены модели генерации за счет речной эрозии, проведено сравнение с аналогичными процессами на континенте. Показано, что в некоторых случаях контрастное поле напряжений рассматриваемого региона можно объяснить только экзогенными геодинамическими факторами, не привлекая эндогенные.

Для моделирования применялась явная конечно-разностная схема, разработанная Уилкинсом для исследования упругопластических тел и усовершенствованная Стефановым [3] для применения в геомеханике. В ее рамках среда рассматривается как упрочняющееся упругопластическое тело, используется неассоциированный закон пластического течения Друккера–Прагера–Николаевского.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ребецкий Ю.Л. О возможном механизме генерации в земной коре горизонтальных сжимающих напряжений // Доклады АН. 2008. Т. 423, № 4. С. 538–542.
2. Ребецкий Ю.Л., Погорелов В.В., Мягков Д.С., Ермаков В.А. О генезисе напряжений в коре островной дуги по результатам численного моделирования // Вестник КРАУНЦ. 2018. № 3. С. 54–73.
3. Стефанов Ю.П. Некоторые особенности численного моделирования поведения упруго-хрупкопластических материалов // Физическая мезомеханика. 2005. Т. 8, № 3. С. 129–142.

УДК 551.24

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛИТОСФЕРЫ
ЯПОНСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ
РЕГИОНА СЕВЕРНОЕ ХОНСЮ ДО И ПОСЛЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ТОХОКУ**

Д.С. Мягков, Ю.Л. Ребецкий

*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН
E-mail: dsm@ifz.ru; reb@ifz.ru*

В представленной работе исследуется вопрос о формировании напряженно-деформированного состояния в литосфере Японской зоны субдукции региона Северное Хонсю. Данный регион был выбран из-за произошедшего в 2011 г. катастрофического землетрясения Тохоку, а также из-за имеющихся современных тектонофизических реконструкций напряженного состояния литосферы, позволивших сравнивать результаты геодинамического моделирования с природными тектонофизическими данными. Последние говорят о наличии обстановки горизонтального сжатия в континентальной и в океанической к западу от желоба литосфере и обстановки горизонтального растяжения в океанической литосфере к востоку от тальвега желоба [1]. Данная закономерность сама по себе требует объяснения с позиций геодинамики (поиска ответственного геодинамического процесса), но также имеются решения о напряженном состоянии литосферы после сейсмического события, объяснению закономерностей которого посвящено данное исследование. В работе [2] были представлены численные геодинамические модели формирования напряженно-деформированного состояния литосферы региона до события, здесь же эти результаты будут дополнены моделированием самого события (а именно его влияния на перестройку напряженного состояния литосферы).

Моделирование проводилось по методике, разработанной М. Уилкинсом для исследования упругопластических тел и усовершенствованной Ю.П. Стефановым [3] для применения в геомеханике. Особенности данного подхода следующие: применяется явная конечно-разностная схема, причем уравнения движения записываются именно в динамической форме с сохранением инерционного члена, как для реальных динамических задач. Классический подход М. Уилкинса был разработан с ориентацией на применение идеальной пластичности Мизеса. В нашей работе такой подход применяется только для литосферной части мантии, где имеет место дислокационная пластичность. Для коры применяется более сложная схема, предложенная Ю.П. Стефановым. Здесь используется модель Друккера–Прагера–Николаевского, в рамках которой среда рассматривается как упрочняющаяся упруго-пластичная, принимается неассоциированный закон пластического течения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ребецкий Ю.Л., Полец А.Ю. Напряженное состояние литосферы Японии перед катастрофическим землетрясением Тохоку 11.03.2011 // Геодинамика и тектонофизика. 2014. Т. 5, вып. 2. С. 469–506. dx.doi.org/10.5800/GT-2014-5-2-0137
2. Ребецкий Ю.Л., Погорелов В.В., Мягков Д.С., Ермаков В.А. О генезисе напряжений в коре островной дуги по результатам численного моделирования // Вестник КРАУНЦ. 2018. № 3. С. 54–73.
3. Стефанов Ю.П. Некоторые особенности численного моделирования поведения упруго-хрупкопластичных материалов // Физическая мезомеханика. 2005. Т. 8, № 3. С. 129–142.

УДК 550.34.06+551.24

СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Н.Н. Носкова

*Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра УрО РАН – обособленное подразделение ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия
E-mail: nataliyageo@mail.ru*

Непрерывные сейсмические наблюдения на территории Республики Коми начались в 1996 г. с открытия сейсмической станции «Сыктывкар» Института геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН. В настоящее время мониторинг выполняется станциями «Сыктывкар» (SYK) в г. Сыктывкаре и «Пожег» (PZG) в с. Пожег Усть-Куломского района. Станции регистрируют телесеismicкие, а также региональные и локальные события как в пределах республики, так и, в некоторых случаях, в соседних регионах.

Территория республики является слабосейсмичной, землетрясения происходят редко, раз в 1–2 года, и небольшой интенсивности, $M_L = 2.1–4.6$. Для нескольких событий имеются макросейсмические данные. Большинство эпицентров землетрясений приурочены к северо-востоку Русской плиты и северу Урала [1, 2].

На территории республики нередко случаются техногенные сейсмические события. Динамические явления на шахтах Воркутинского угленосного района Печорского угольного бассейна являются горными ударами [3]. Также временными станциями фиксировались карьерные взрывы с $M_L = 0.8–1.7$ в 200 км от г. Воркута, где ведется интенсивная разработка полезных ископаемых. Кроме того, в 2019 г. произошло землетрясение на нефтегазовых месторождениях Пашнинское и Береговое Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [4]. Еще один вид техногенных событий регистрируется станцией «Сыктывкар». Это инфразвуковые сигналы, вызванные падением створок головного обтекателя ракет-носителей «Союз-2», запускаемых с космодрома «Плесецк», в районе падения «Железнодорожный», расположенном в 90 км от станции [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Носкова Н.Н. Новые данные о сейсмичности северной части Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 3 (255). С. 3–12. doi:10.19110/2221-1381-2016-3-3-12
2. Носкова Н.Н. Землетрясение 8 марта 2020 года в пределах Котласского грабена (Среднерусский авлакоген) // Вестник Геонаук. 2020. № 6(306). С. 3–9. doi:10.19110/geov.2020.6.1
3. Носкова Н.Н., Асминг В.Э. Уточнение параметров ряда сейсмических событий, произошедших в Воркутинском районе Республики Коми в 1971–2016 гг. // Геофизический журнал. 2018. Т. 19, №4. С. 46–63. <https://doi.org/10.21455/gr2018.4-4>
4. Носкова Н.Н. Землетрясение 5 сентября 2019 года в Сосногорском районе Республики Коми // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2019. № 4 (40). С. 45–49. doi:10.19110/1994-5655-2019-4-45-49
5. Виноградов Ю.А., Носкова Н.Н. Возможности регистрации сейсмической станции «Сыктывкар» падающих на территории Республики Коми фрагментов ракет-носителей // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVII Геологического съезда Республики Коми. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2019. С. 376–378.

УДК 550.4+551.2

ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А.И. Обжиров

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН
E-mail: obzhirov@poi.dvo.ru*

Газогеохимические исследования выполняются лабораторией газогеохимии ТОИ ДВО РАН с 1977 г. в море и на суше. Изучается газовая составляющая в воде рек и морей, донных осадков, углей и пород на суше. Газ извлекается из воды и осадков и пород на дегазационной установке. На хроматографе в газе определяются метан (CH_4), его гомологи (C_2 - C_5), CO_2 , H_2 , He , O_2 , N_2 [1].

Содержания компонентов газа, извлеченного из проб воды, осадков и пород, используются как индикаторы.

- Аномальные концентрации углеводородного газа свидетельствуют о восстановительных физико-химических условиях среды, наличие углекислого газа – об окислительных условиях, незначительное содержание кислорода – о гипоксии.

- Аномальные концентрации водорода и гелия характеризуют наличие зон разломов с возможным источником подтока газа из мантии.

- Метан угольных пластов и вмещающих пород на угольных шахтах может служить индикатором загазованности горных выработок шахт, их взрывоопасности.

Изучение метана угольных пластов и вмещающих пород на угольных шахтах важно также и для прогноза возможности использования угольного метана как альтернативного вида залежи углеводородов.

Измеренные аномальные концентрации комплекса газовых компонентов в воде, донных осадках морей и рек, пород суши могут использоваться для характеристики современной сейсмической активизации и усиления современных геодинамических процессов.

- Аномалия концентраций углеводородного газа характеризует, что разлом пересекает толщу осадков, которая насыщена углеводородами, возможно в форме залежи.

- Аномалии концентраций углекислого газа, часто водорода дают основание предположить, что в геологическом разрезе, возможно, присутствуют изверженные породы и идет активизация вулканической деятельности.

- Аномалии гелия и часто водорода характеризуют проникновения разлома до мантии, его открытость благодаря сейсмическим подвижкам, т.е. предполагается повышение геодинамики и изменение геологического строения района исследования.

Следует отметить, что аномальные газовые поля оказывают влияние на физические поля. Например, наличие аномального количества газа в донных осадках изменяет скорость сейсмических и акустических характеристик. Уменьшается скорость прохождения волн, иногда появляется область отсутствия отражений. Интерпретация этих изменений часто недостаточна, если не учитывать газовую составляющую. Кроме того, сейсмические, акустические записи важно использовать для прогноза залежей углеводородов, картирования зон разломов. Но глубину зоны разлома и его сейсмическую современную активность трудно понять и объяснить без исследований газовой составляющей. Интерпретация акустической съемки толщи воды также сложна без знания объема газа в воде, особенно в различных слоях толщи воды.

Выше отмечено, что различные компоненты газа способствуют формированию восстановительной и окислительной среды. Этот процесс влияет на формирование аутигенных и рудных минералов, одни из которых подвижны в восстановительной среде, другие в окислительной. Эти изменения можно зафиксировать электромагнитными измерениями.

Таким образом, газовая составляющая воды, донных осадков, пород суши является важной характеристикой для геологических, геодинамических, геофизических исследований Мирового океана и обрамляющей его суши.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обжиров А.И. Газогеохимические поля придонного слоя морей и океанов. М.: Наука, 1993. 139 с.

УДК 550.8

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ МАКСИМАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И К УЧЕТУ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ (ОПЫТ ПОЛЕВЫХ РАБОТ НА ПАМИРО-АЛАЕ, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

С.Ж. Орунбаев^{1,2}, М.В. Родкин^{3,4}

¹ Американский университет Центральной Азии, г. Бишкек, Кыргызская Республика

² Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли, г. Бишкек, Кыргызская Республика

³ Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва, Россия

⁴ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: 1orunbaev_s@auca.kg

Центрально-Азиатские горные хребты, т.е. Памир, Тянь-Шань и Гиндукуш, по происхождению являются следствием продолжающегося столкновения плит Индии и Евразийской. В результате, деформация приводит к частым сильным землетрясениям. Одной из долин в этих горных хребтах является густонаселенная Алайская долина.

В исторических записях сохранились свидетельства множества сильных землетрясений в Алайской долине. 26 июня 2016 г. произошло землетрясение с M 6.5 на Заалайском хребте, примерно в 37 км к западу от землетрясения Нура в 2008 г. мощностью M 6.7; оба землетрясения произошли неподалеку от села Нура. Сейсмическая опасность для долины чрезвычайно актуальна. Поэтому проводились два разных исследования оценки сейсмической опасности долины.

Исследование усиления сейсмических волн в грунтовой толще важно для оценки сейсмической опасности и понимания усиления структуры грунта [1]. Является важным рассмотрение условий на площадке, используя усредненную скорость S -волн в верхних 30 м грунта (V_{s30}), для строительства безопасных домов и инфраструктуры. Оценены скорости поперечной волны (V_s) на 6 участках Алайской долины на Заалайском хребте, используя метод пространственной автокорреляции (SPAC) с помощью микротреморных записей.

Приводятся результаты оценок величин пиковых скоростей смещений грунта (PGV) и долгосрочной сейсмической опасности западной части Алайской долины по данным о предположительно сейсмогенных смещениях скальных отдельностей методом PGVEM, PGV estimation method [2]. Полученные типичные оценки величин PGV и отвечающие им значения балльности хорошо согласуются со значениями сейсмической интенсивности по карте ОСР Киргизии. На фоне такого общего согласия выявляется ряд особенностей. Так, кроме ожидаемых в этой области надвиговых сейсмических импульсов выявляются также сдвиговые, ориентированные примерно вдоль Алайской долины. Также намечается тенденция роста величин PGV (и балльности) от равнинных участков долины к высокогорным областям Тянь-Шаня и Памира. Максимальные полученные оценки PGV отвечают бóльшим значениям сейсмической опасности, чем это отражено на карте ОСР, построенной по инструментальным данным. Полученные результаты дают основание предположить потенциальную возможность применения PGVEM метода для уточнения карт ОСР на основе использования палеосейсмических данных.

Исследования выполнены при поддержке программы CATENA.

ЛИТЕРАТУРА

1. Allen T.I., Wald D.J. Topographic slope as a proxy for global seismic site conditions (V_{s30}) and amplification around the globe // U.S. Geological Survey Open-File Report 2007-1357. 2007. 69 p.
2. Родкин М.В., Никонов А.А., Шварев С.В. Оценка величин сейсмических воздействий по нарушениям и смещениям в скальных массивах // Геодинамика и тектонофизика. 2012. Т. 3, № 3. С. 223–237. http://gt.crust.irk.ru/article_80

УДК 550.21:550.83(571.642)

О СОСТОЯНИИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

В.А. Паровышный, Л.М. Богомолов, Ю.В. Сохатюк, А.И. Казаков, Д.В. Паровышный

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

E-mail: bleom@mail.ru

Полевые эксперименты для разработки методики оперативного прогноза сейсмических событий проводятся в ИМГиГ ДВО РАН с 2006 г. в порядке опытно-методического расширения НИР, направленных на поиск подходов к краткосрочным оценкам времени землетрясения и совершенствование среднесрочных прогнозов. В экспериментах задействованы метод естественного электрического поля (ЕП), магнитометрический и термометрический методы. Методика исследований основана на эффекте неустойчивости естественных геофизических полей над залежью газа. Ранее обнаруженный эффект заключается в том, что в периоды неустойчивости полей с резким возмущением и аномально высоким отклонением от предыдущего тренда происходят сейсмические события. Наблюдения проводились на разных продуктивных блоках Южно-Луговского месторождения метана и на п-ове Ламанон (Анивский и Томаринский районы Сахалинской области РФ соответственно).

Применяемая аппаратура и методика наблюдений.

В методе естественного электрического поля применялась автоматическая цифровая станция собственной разработки, обеспечивающая (в стационарном режиме) запись разности потенциалов от 12-лучевой дипольной установки с дискретностью записи 1 с и точностью определения $\Delta U \pm 0,5$ мкВ.

В магнитометрическом методе использовались трехкомпонентные магнитометры собственной разработки на базе магниторезистивных датчиков. Магнитометр автоматизирован и компьютеризирован. Определение значений магнитного поля по каждому вектору производилось с дискретностью 1 с, точность определения ± 1 нТл.

В термометрическом методе применялась автоматическая и компьютеризированная станция термометрического мониторинга собственной разработки. Станция позволяет обеспечить измерение температур по 3 каналам от датчиков, погруженных в скважину с заданными интервалами с погрешностью $\pm 0,01$ °С. Дискретность записи 1 мин.

В докладе представляются следующие важнейшие результаты.

1. Определение времени предстоящего события по результатам наблюдений используемого комплекса методов электро-, магнито- и термометрии возможно не менее чем за 4 ч до его реализации (обычно за 6–8 ч). Это положение соблюдается, если событие происходит после периода некоторого сейсмического спокойствия продолжительностью 10–12 ч. Если же события следуют друг за другом через короткие промежутки времени (менее 4 ч), четко определяется время только первого события. В коротком промежутке времени между событиями определение времени последующих возможно только после уверенного определения точки затухания колебаний, вызванных предыдущим событием. По предварительному анализу записей характеристик полей в период подготовки событий погрешность определения времени не превышает 30 мин. По результатам синхронным наблюдений на 2 пунктах погрешность уменьшается до 20 мин.

2. Определение азимутальных направлений от пунктов наблюдений на эпицентры предстоящих событий. При использовании шести азимутальных установок ЕП азимут на эпицентр может быть определен с погрешностью $\pm 15^\circ$, если пункт наблюдений расположен в заранее выбранной точке. В большинстве эпизодов максимальная амплитуда сигнала регистрируется по каналам, ориентированным на 30–60 градусов от истинного. В этом случае поправка также может быть определена опытным путем. В большинстве записанных эпизодов процедура определения осуществляется успешно. Однако при активизации сейсмических процессов с часто повторяющимися событиями для решения проблемы необходимо использование эффекта многократного увеличения амплитуды колебаний ЕП по мере приближения к источнику возмущений. Этот эффект выявлен в ходе синхронных наблюдений на Южно-Луговском и Ламанонском полигонах. Другими словами, при соответствующей плотности сети наблюдений область нахождения источника (эпицентра) может быть определена и без четкой канальной дифференциации сигнала.

УДК 550.34

УГЛЕГОРСКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2000 И 2020 ГГ.

А.Ю. Полец

*Институт морской геологии и геофизики РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: polec84@mail.ru*

Достаточно сильные землетрясения происходили в исследуемом районе и ранее. Последним сильным событием является Углегорско-Айновское землетрясение 4 августа 2000 г. с $M_{LH} = 7.0$ [1, 2, 3, 4, 5]. С разницей почти в десять лет, 13 сентября 2020 г., в исследуемом районе произошло менее сильное землетрясение с моментной магнитудой $M_w 4.8$.

Структурно-тектоническую позицию землетрясений 2000 и 2020 гг. определяют три орографических элемента: Западно-Сахалинские горы (представленные Камышевым хребтом), Углегорско-Айновское плато вблизи западной границы Камышевого хребта и Ламанонский вулканический массив, отделенный от плато одной из главных ветвей Западно-Сахалинского разлома [1].

Подвижка в очаге Углегорско-Айновского землетрясения произошла под действием близгоризонтальных сжимающих напряжений, ориентированных субширотно. Тип движения в очаге – взброс по обеим субмеридионально ориентированным нодальным плоскостям. Анализ механизма очага землетрясения 13 сентября 2020 г. также показал взброс как тип подвижки в очаге.

В очаговых областях исследуемых землетрясений методом катакластического анализа разрывных смещений выполнен анализ поля тектонических напряжений. Тип напряженного состояния исследуемой области – горизонтальное сжатие.

Для построения геодинамической модели очагов Углегорских землетрясений 4(5) августа 2000 г. и 13 сентября 2020 г. был применен метод инверсии волновых форм [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Поплавская Л.Н., Нагорных Т.В., Фокина Т.А. и др. Углегорско-Айновское землетрясение 4 августа 2000 года с $M_{LH} = 7.0$, $I_0 = 8-9$ (Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. 2006. С. 265–284.
2. Кофф Г.Л., Булгаков Р.Ф., Иващенко А.И. и др. Предварительная оценка последствий Углегорского землетрясения 4(5) августа 2000 года на Сахалине. Южно-Сахалинск, 2000. 66 с.
3. Иващенко А.И., Булгаков Р.Ф., Ким Чун Ун и др. Землетрясение 4(5) августа 2000 г. на Сахалине // Проблемы геодинамики и прогноза землетрясений: I Российско-Японский семинар, Хабаровск, 26–29 сентября, 2000. Хабаровск, 2001. С. 109–125.
4. Прытков А.С., Василенко Н.Ф. Дислокационная модель очага Углегорского землетрясения 4(5).08.2000 г. // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25, № 6. С. 115–122.
5. Kogan M.G., Burgmann R., Vasilenko N.F. et al. The 2000 $M_w 6.8$ Uglegorsk earthquake and regional plate boundary deformation of Sakhalin from geodetic data // Geophys. Res. Lett. 2003. Vol. 30, № 3. P. 1102.
6. Kikuchi M., Kanamori H., Satake K. Source complexity of the 1988 Armenian earthquake: Evidence for a slow after-slip event // J. Geophys. Res. 1993. Vol. 98. P. 15797–15808.

УДК 582.29+504.73+504.5

ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ НА РАЗРАБОТКУ НИКЕЛЕВО-МЕДНО-СУЛЬФИДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУН-МАНЬЕ

М.И. Потапчук¹, И.Ю. Рассказов², В.И. Усиков¹, В.Г. Крюков¹

¹ Институт горного дела ДВО РАН – обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

² Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

E-mail: ²rassk@crust.irk.ru

Никелево-медно-сульфидное месторождение Кун-Манье, включающее 5 рудных залежей, располагается в пределах Курумканского рудного поля, представляющего собой линейно вытянутый в юго-восточном направлении ареал, протяженностью 31 км, состоящий из многочисленных пластообразных и линзовидных интрузий. Месторождение на данной стадии изученности представляет собой единственный перспективный для эксплуатации промышленностью объект Становой медно-никелевой провинции [1], планируется эксплуатировать его открытым и подземным способом. Оно включает в себя участки залежей Малый Курумкан, Соболевская и Кубук.

Территория рудного поля месторождения характеризуется сложной геодинамической обстановкой, обусловленной его древним возрастом, расположением на стыке активно взаимодействующих крупных тектонических элементов Евро-Азиатской тектонической плиты: Северо-Азиатского кратона и Амурской плиты, а также в пределах современной Олекмо-Становой сейсмической зоны. Кроме того, месторождение располагается в сложном тектоническом узле, образованном крупными межблоковыми разломами со сдвиговой кинематикой (Итун-Иланский и Авгенкуро-Майский) и Беликчанским краевым швом с надвиговой кинематикой. В совокупности с ожидаемой высокой способностью руд и вмещающих пород месторождения к накоплению упругих деформаций, его горный массив по всем признакам, которые установлены на Норильском месторождении [2], следует отнести к тектонически-напряженным.

Для обеспечения безопасности при ведении подземных горных работ и уменьшения риска возникновения катастрофических техногенных землетрясений на горном предприятии, здесь потребуется организация геомеханических наблюдений в режиме непрерывного геофизического мониторинга и увязка их с региональной и местной неотектонической позицией объекта эксплуатации. Как показывает опыт, при этом большое значение приобретает изучение неотектонических процессов и связанных с ними природных и техногенных сейсмоакустических событий [3–5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов В.А. Платиноидно-медно-никелевые провинции Северо-Азиатского кратона // Региональная геология и металлогения. 2013. № 56. С. 78–87.
2. Современная геодинамика массива горных пород верхней части литосферы: истоки, параметры, воздействие на объекты недропользования / [Опарин В.Н., Сашурин А.Д., Кулаков Г.И. и др.]; отв. ред. М.Д. Новопашин; СО РАН, ИГД. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 449 с.
3. Мельников Н.Н., Козырев А.А., Панин В.И. Техногенная сейсмичность – опасный антропогенный фактор ведения горных работ в высоконапряженных массивах // Геоэкология и инженерная геология. 2015. № 5. С. 425–433.
4. Рассказов И.Ю. Контроль и управление горным давлением на рудниках Дальневосточного региона. М.: Горная книга, 2008. 329 с.
5. Саксин Б.Г., Рассказов И.Ю., Шевченко Б.Ф. Принципы комплексного изучения современного напряженно-деформированного состояния верхних уровней земной коры Амурской литосферной плиты // ФТПРПИ. 2015. № 2. С. 53–66.

УДК 551.242.1(550.34)

СОВРЕМЕННЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ДЕФИЦИТ В КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ЗОНЕ СУБДУКЦИИ

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

Курило-Камчатская зона субдукции протяженностью около 2200 км является одним из наиболее сейсмоактивных районов северо-восточной Евразии. С 1900 г. в зоне субдукции произошло 13 землетрясений с моментной магнитудой $M_w \geq 8.0$, 10 из которых относятся к межплитовым событиям [1]. Сильнейшие землетрясения возникают на сцепленных участках контакта Североамериканской и Тихоокеанской литосферных плит, глубина которого не превышает ~60 км [2].

На основе анализа сейсмичности за период 1900–2020 гг. выполнена оценка сейсмического потенциала Курило-Камчатской зоны субдукции. Уточнена геометрия межплитового сцепления литосферных плит и скорость их сейсмического поддвига [3].

Для выявления областей современного сейсмического дефицита в зоне субдукции предложен подход, основанный на кумулятивном смещении в результате межплитовых землетрясений с $M_w \geq 7.0$. Установлено, что в южной части зоны субдукции дефицит сейсмического смещения наблюдается на участке протяженностью ~300 км от о. Хоккайдо до севера о. Кунашир. При скорости субдукции ~8 см/год его величина составляет 3–8.8 м. В центральном сегменте зоны субдукции дефицит смещения величиной 3–8.6 м присутствует в области от о. Уруп до эпицентральной зоны Симуширского землетрясения 2006 г. $M_w \geq 8.3$. На северном фланге Курильской островной дуги и южной части п-ова Камчатка обширная область дефицита сейсмического смещения простирается на ~450 км. С 1900 г. здесь не зарегистрировано землетрясений с $M_w > 7.5$.

В совокупности с другими методами предложенный подход анализа современного сейсмического дефицита в зоне субдукции способствует более точной оценке сейсмической опасности Курило-Камчатского региона.

Литература

1. Bilek S.L., Lay T. Subduction zone megathrust earthquakes // *Geosphere*. 2018. Vol. 14, N 4. P. 1468–1500.
2. Pacheco J.F., Sykes L.R., Scholz C.H. Nature of seismic coupling along simple plate boundaries of subduction type // *J. Geophys. Res.* 1993. Vol. 98 (B8). P. 14133–14159.
3. Левин Б.В., Прытков А.С., Василенко Н.Ф., Фролов Д.И. Современный сейсмический дефицит в Курило-Камчатской зоне субдукции // *Докл. АН. Науки о Земле*. 2020. Т. 491, № 2. С. 103–107.

УДК 550.34.06

ПАРАМУШИРСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 25.03.2020 Г. $M_w = 7.5$

А.С. Прытков

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

25 марта 2020 г. юго-восточнее о. Парамушир на внешнем тихоокеанском склоне глубоководного желоба на глубине ~60 км произошло землетрясения $M_w = 7.5$. По данным Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН, его макросейсмический эффект в г. Северо-Курильск достигал 5–6 баллов по шкале MSK-64. Землетрясение вызвало цунами, визуальную определенную высоту волн которого на побережье о. Парамушир составила около 0.5 м [1].

Парамуширское землетрясение произошло в погружающейся Тихоокеанской литосферной плите, оно относится к сильным и редким внешним сейсмическим событиям в Курило-Камчатской зоне субдукции. Оно является сильнейшим с 1900 г. на прилегающем внешнем склоне глубоководного желоба протяженностью около 800 км, а также самым сильным для трехсоткилометрового участка Курильской дуги. В очаге реализовались напряжения субгоризонтального сжатия, ориентированные по направлению СЗ–ЮВ. Тип подвижки – взброс по обеим возможным плоскостям сейсморазрыва с простираем вкrest тектонических структур Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны. Очаговая зона землетрясения 95×50 км вытянута вдоль внешнего склона глубоководного желоба. Эпицентр главного толчка приурочен к южному краю облака афтершоков, которые локализованы в интервале глубин 15–53 км [2]. Анализ развития сейсмического процесса выявил дефицит сильных событий в афтершоковой последовательности (кумулятивная энергия афтершоков в $\sim 2 \times 10^3$ раза меньше энергии главного события) и быстрое его спадание с переходом в фоновый режим на 20-е сутки после главного толчка [3]. Пространственное распределение афтершоков не позволило однозначно выделить рабочую плоскость подвижки в очаге.

На основе анализа косейсмических смещений в результате Парамуширского землетрясения в качестве приоритетной принята подвижка по плоскости юго-западного простираем с северо-западным падением. Напряжения сжатия в очаге землетрясения подтверждают современное запертое состояние области контакта Тихоокеанской и Североамериканской литосферных плит, глубина которого на северном фланге Курильской островной дуги составляет 44 км [4]. Прилегающий к землетрясению участок зоны субдукции обладает высоким нереализованным сейсмическим потенциалом, за период 1900–2020 гг. дефицит сейсмического смещения достигает 8.8 м на участке протяженностью 450 км. Приращение кулоновского напряжения в результате землетрясения величиной около 1 бара в области контакта литосферных плит в долгосрочной перспективе повышает вероятность возникновения в этом районе сильнейшего межплитового события.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королев Ю.П., Королев П.Ю. Моделирование процесса оперативного прогнозирования Онекотанского цунами 25.03.2020 // Геосистемы переходных зон. 2020. Т. 4, № 2: С. 259–265.
2. Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов (1962 г. – наст. вр.). URL: <http://sdis.emsd.ru/info/earthquakes/catalogue.php> (accessed 16.01.2021).
3. Прытков А.С., Василенко Н.Ф. Парамуширское землетрясение 25 марта 2020 г. $MW = 7.5$ // Геосистемы переходных зон. 2021. Т. 5, № 2. С. 113–127.
4. Левин Б.В., Прытков А.С., Василенко Н.Ф., Фролов Д.И. Современный сейсмический дефицит в Курило-Камчатской зоне субдукции // Докл. АН. Науки о Земле. 2020. Т. 491, № 2. С. 103–107.

УДК 550.344.094.43

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ДОБРОТНОСТЬ ЛИТОСФЕРЫ ПРИАМУРЬЯ ПО КОДЕ S И Lg ВОЛН: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**В.В. Пупатенко***Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия
E-mail: pvv2.dv@gmail.com*

Затухание сейсмических волн – основной процесс, влияющий на распространение сейсмического эффекта от землетрясений. Основным параметр, характеризующий затухание сейсмических волн, – сейсмическая добротность Q . Сведения о добротности позволяют моделировать распространение сейсмических волн, например, в целях оценки макросейсмического эффекта от предполагаемого землетрясения и используются, в том числе, при расчете карт Общего сейсмического районирования [1].

В работе приводятся оценки параметров затухания сейсмических волн в литосфере Приамурья. Используются два метода расчета добротности: по записям коды S-волн локальных землетрясений и по записям коды поверхностных Lg-волн региональных землетрясений. Единственные существующие данные по добротности литосферы для территории Приамурья – обзорные карты низкого разрешения для всей территории Евразии [2, 3], добротность в них рассчитывалась по коде Lg-волн.

В качестве исходных данных использованы около 1100 сейсмограмм землетрясений, зарегистрированных на широкополосных сейсмических станциях Приамурья и Приморья, а также на станциях локальной сейсмологической сети Бурейской ГЭС.

По записям коды поверхностных волн значения добротности $Q_{Lg,C}$ на частоте 1 Гц находятся в диапазоне 400–500. Это совпадает с оценками, приведенными в [3], однако вместо плавного увеличения значений добротности с юга на север нами получена резкая граница между низкими и высокими значениями на широте 49–50° с.ш.

По записям коды S-волн локальных землетрясений значения добротности Q_C рассчитаны для ширины окна 30 с, с началом, выбираемым как удвоенное время пробега поперечных волн. Для сети Бурейской ГЭС получено значение добротности с наименьшей среднеквадратической ошибкой (СКО) 209 ± 8 . На остальных станциях значения добротности варьируют от 177 до 274, но и СКО составляет от 54 до 69.

Таким образом, имеющиеся данные показывают, что распределение добротности литосферы Приамурья на региональном масштабе относительно равномерное. Значения добротности соответствуют таковым, наблюдаемым в других регионах Земли с умеренной и высокой сейсмичностью.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (№ МК-306.2020.5). Автор благодарен Филиалу ПАО «РусГидро» – «Бурейская ГЭС» и Сахалинскому филиалу ФИЦ ЕГС РАН за предоставленные сейсмические данные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уломов В.И. и др. Пояснительная записка к комплекту карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-2016 // Инженерные изыскания. 2016. № 7. С. 49–121.
2. Mitchell B.J. et al. Lg coda Q variation across Eurasia and its relation to crustal evolution // J. Geoph. Res.: Solid Earth. 1997. Vol. 102. P. 22767–22779.
3. Mitchell B.J., Cong L., Ekström G. A continent-wide map of 1-Hz Lg coda Q variation across Eurasia and its relation to lithospheric evolution // J. Geoph. Res. 2008. Vol. 113. B04303.

УДК 551.21(51)

УПОРЯДОЧЕННЫЕ СЕЙСМОГЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ КОРЫ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕСЯ ВУЛКАНИЗМОМ: ПОЛНЫЙ СЕЙСМОГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ

Рассказов С.В.^{1,2}, Е.П. Чебыкин^{1,3}, А.М. Ильясова¹, С.В. Снопков²,
С.А. Борняков¹, И.С. Чувашова^{1,2}

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

² Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

³ Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

E-mail: rassk@crust.irk.ru

Новейший вулканизм Восточной и Центральной Азии контролируется деформационными процессами, развивающимися в Японско-Байкальском геодинамическом коридоре. Серии сильных сейсмических толчков проявились в Южно-Байкальской впадине в 1769–1779 гг. (три события за 10 лет) и в 1839–1885 гг. (5 событий за 46 лет). Новая сейсмическая серия обозначилась Средне-Байкальским землетрясением 29 августа 1959 г. [1]. Первому интервалу соответствовало извержение вулкана Лаошантоу на вулканическом поле Удаляньчи в 1776 г. Последний интервал начинался с Мондинского землетрясения 1950 г. с сопутствующим извержением вулкана Кар-ер-дарси в хр. Куньлунь в 1951 г. В Южно-Байкальской впадине реконструируется полный сейсмогеодинамический цикл (цикл сжатия и растяжения коры), дающий представление о пульсационном развитии сейсмогенных деформаций Байкальской рифтовой системы как упорядоченного процесса, который может сопровождаться вулканическими извержениями.

По сходному пространственно-временному распределению эпицентров Култукского и Кударинского землетрясений (соответственно, 27 августа 2008 г. и 9 декабря 2020 г.) выделяются стадии их подготовки А, В, С и D, которые согласуются с деформационными этапами, обозначенными по результатам гидрогеохимического мониторинга на Култукском полигоне [2]. Сейсмическим стадиям соответствуют тренды последовательного изменения отношения активностей $^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$ (ОА4/8) и активности ^{234}U (А4) в подземных водах ст. 27 с выходом на экстремальные значения, соответствующие сейсмическим событиям. Значения того и/или другого параметра последовательно возрастали вследствие раскрытия микротрещин (растяжения коры), усиливавшего эффект перехода атомов отдачи ^{234}U в циркулирующие подземные воды, и снижались вследствие закрытия микротрещин (сжатия коры), препятствовавшего этому эффекту.

Работы проводятся в рамках проекта Минобрнауки РФ № 075-15-2020-787 «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории».

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельникова В.И., Гилева Н.А., Арефьев С.С., Быкова В.В., Масальский О.К. Култукское землетрясение 2008 г. с $M_w = 6.3$ на юге Байкала: Пространственно-временной анализ сейсмической активизации // Физика Земли. 2012. № 11. С. 44–62.
2. Rasskazov S., Ilyasova A., Bornyakov S., Chuvashova I., Chebykin E. Responses of a $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ activity ratio in groundwater to earthquakes in the South Baikal Basin, Siberia // Front. Earth Sci. 2020. Vol. 14, N 4. P. 711–737. doi.org/10.1007/s11707-020-0821-5

УДК 662.831:551.24

**НЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА СРЕЛЬЦОВСКОГО РУДНОГО РАЙОНА
ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА****И.Ю. Рассказов, В.И. Усиков, Ю.В. Федотова***Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия**E-mail: rassk@crust.irk.ru*

При подземной разработке месторождений полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях и на больших глубинах одной из актуальных проблем является прогноз и предупреждение опасных геодинамических явлений: горных и горно-тектонических ударов и техногенных землетрясений. Современный подход к решению данной проблемы включает геодинамическое районирование участка недр, в результате которого изучается тектоническая структура и оцениваются параметры и характер поля напряжений массива горных пород.

На примере месторождений Стрельцовского рудного поля, находящегося в пределах Амурской плиты в сложной геодинамической обстановке [1, 2], показана возможность использования цифровых моделей рельефа на основе матриц абсолютных высот SRTM30, SRTM03 [3] взамен спутниковых снимков и топокарт для выявления потенциальной предрасположенности исследуемого массива горных пород к горным ударам при ведении горных работ. Преимуществом данного подхода является то, что работа производится с «чистым» рельефом, без влияния подробностей, а также возможна визуализация ЦРМ в разных вариантах [4, 5]. За основу интерпретации принята модель латеральных тектонических потоков, адаптированная для Дальневосточного региона [6, 7]. В соответствии с этой моделью в верхней части литосферы происходит расслоение на отдельные тектонические слои, которые перемещаются в горизонтальном направлении, формируя тектонические потоки, влекущие за собой слабо нарушенные массивы пород. Внутри последних создается поле аномальных напряжений. Проведенные исследования показали, что Стрельцовское рудное поле попадает в зону влияния двух таких массивов. Кроме того, оно расположено на оси локального поворота фрагмента потока, что может свидетельствовать о повышенных напряжениях в массиве и привести к динамическим явлениям при ведении горных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашурков С.В. и др. Современные деформации Амурской плиты и окружающих структур по данным GPS измерений // Геология и геофизика. 2016. Т. 57, № 11. С. 2059–2070.
2. Рассказов И.Ю., Усиков В.И., Саксин Б.Г. Использование методов ДЗЗ при изучении современной геодинамики Сихотэ-Алинского орогенного пояса и комплексной оценки НДС горного массива Николаевского месторождения // Тектоника, глубинное строение и минералогения Востока Азии: Материалы Всерос. конф. с международным участием. Хабаровск: Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 2019. С. 300–302.
3. Index of /srtm/version2_1/SRTM30 – [https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/\(srtm03 v1,2.1, srtm30\)](https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/(srtm03 v1,2.1, srtm30)) (дата обращения 10.10.2019).
4. Рассказов И.Ю., Саксин Б.Г., Петров В.А., Шевченко Б.Ф., Усиков В.И., Гильма-нова Г.З. Современное напряженно-деформированное состояние верхних уровней земной коры Амурской литосферной плиты // Физика Земли. 2014. № 3. С. 144–153.
5. Усиков В.И. 3D-модели рельефа и строение верхней части земной коры Приамурья // Тихоокеанская геология. 2011. № 6. С. 14–33.
6. Латеральные тектонические потоки в литосфере Земли / отв. ред. М.Г. Леонов. М.: ГЕОС, 2013. 318 с.
7. Паталаха Е.И., Лукиенко А.М., Гончар В.В. Тектонические потоки как основа понимания геологических структур. Киев: Феникс, 1995. 160 с.

УДК 582.29+504.73+504.5

**ТЕКТОНИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ОПАСНЫЕ РАЗЛОМЫ
ЗАПАДНОГО СЫЧУАНЯ****Ю.Л. Ребецкий¹, А.В. Маринин¹, Р.С. Алексеев¹**¹ *Институт физики Земли РАН, г. Москва, Россия**E-mail: reb@ifz.ru*

Представлены результаты применения технологии тектонофизического районирования опасных разломов для двух крупнейших провинций Китая – Сычуань и Юньнань на основе данных о природных напряжениях. Для инверсии напряжений был использован региональный сейсмологический каталог фокальных механизмов землетрясений с $M_w = 2.0-6.0$ для периода 1999–2012 гг и метод катакластического анализа разрывных смещений Ю.Л. Ребецкого. Возможность прогноза состояния разломов опирается на данные о нормированных значениях шаровой и девиаторной компонент тензора напряжений, получаемые методом Ю.Л. Ребецкого.

В работе представлены два варианта районирования разлома, являющиеся результатом применения критериев Друккера–Прагера и Кулона–Мора, характеризующих, соответственно, упругопластическое и хрупкое поведение коры. Показано, что второй подход позволяет дать более качественную и детальную информацию о состоянии вдоль активных разломов региона Западный Сычуань. Анализ состояния системы разломов Лунмэньшаня перед Веньчуаньским землетрясением 2008 г. показал, что опасным следует рассматривать распределение кулоновых напряжений вдоль разлома, имеющих не менее 70% протяженности с высоким уровнем кулоновых напряжений (>60% от критических). По результатам выполненного тектонофизического районирования выявлены более 20 участков активных разломов исследуемого региона протяженностью от 60 до 140 км, которые нами рассматриваются как возможные очаги сильных землетрясений с магнитудами более 7.0. Эти участки требуют отдельных исследований для оценки тенденций их развития, а также для прогноза механизмов диссипации накопленной энергии упругих деформаций. К ним могут относиться не только стандартные землетрясения, но и другие типы разрядки в виде асейсмического крипа, тихих и медленных землетрясений.

Работа выполнена в рамках госзадания Института физики Земли РАН при поддержке РФФИ (грант № 19-55-53025 GFEN).

УДК 550.343.6

**ТИПЫ ПРЕДВЕСТНИКОВОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ
ПО ДАННЫМ МИРОВЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ КАТАЛОГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ****М.В. Родкин^{1,2}, М.Ю. Андреева², Е.В. Липеровская³**¹ *Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН (ИТПЗ РАН), г. Москва, Россия*² *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (ИМГиГ ДВО РАН), г. Южно-Сахалинск, Россия*³ *Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН), г. Москва, Россия**E-mail: ¹rodkin@mitp.ru, ²andreeva-mu@mail.ru, ³liper@ifz.ru*

Принято полагать общность сценариев развития неустойчивости в системах самой различной природы [1, 2]. Примеры такого рода поведения довольно разнообразны. К наиболее изученным и, возможно, наилучшим образом обеспеченным статистическими данными относится случай развития сильных землетрясений. Но и для землетрясений, ввиду доминирующей случайной компоненты сейсмического режима, характер типового сценария развития неустойчивости остается неясным.

С целью детального описания типового сценария развития сейсмической неустойчивости был предложен и реализован метод построения обобщенной окрестности сильного землетрясения (ООСЗ) [3, 4, 5]. Метод ООСЗ реализован по данным мировых и регионального каталогов землетрясений. Показана не единственность сценариев развития сейсмической неустойчивости. В ООСЗ, кроме режима форшокового и афтершокового степенных каскадов роста числа землетрясений, выявляются эффект кластеризации сильных пространственно удаленных событий и не-сильное долговременное увеличение среднего числа землетрясений [6]. Обсуждаются возможные физические механизмы реализации разных типов предвестниковой активизации.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ 19-05-00466.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bak P. How Nature Works. New York: Springer-Verlag, 1996. 212 p.
2. Sornette D. Critical phenomena in natural sciences. Berlin: Springer, 2000. 434 p.
3. Родкин М.В. Сейсмический режим в обобщенной окрестности сильного землетрясения // Вулканология и сейсмология. 2008. № 6. С. 66–77.
4. Rodkin M.V., Tikhonov I.N. The typical seismic behavior in the vicinity of a large earthquake // Phys. Chem. Earth. 2016. Vol. 95. P. 73–84.
5. Родкин М.В. Типовая фор- и афтершоковая аномалия – эмпирика, интерпретация // Вулканология и сейсмология. 2020. № 1. С. 64–76.
6. Родкин М.В., Андреева М.Ю., Григорьева О.О. Анализ обобщенной окрестности сильного землетрясения по региональным данным, Курило-Камчатский регион // Вулканология и сейсмология. 2020. № 6. С. 67–77.

УДК 550.24

**ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 13 ФЕВРАЛЯ 2020 Г., $M_w = 7.0$ И СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКАЯ
ОБСТАНОВКА НА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ГЛУБИНАХ В РАЙОНЕ
ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ****Д.А. Сафонов***Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: d.safonov@imgg.ru*

Для промежуточных глубин сейсмофокальной зоны в районе южных Курильских островов, включая область подготовки сильного ($M_w = 7.0$) землетрясения 13.02.2020 г., подготовлен унифицированный каталог механизмов очагов землетрясений по данным NIED, GCMT [1, 2] и региональных каталогов. На основе положения и кинематического типа напряженного состояния механизмов очагов землетрясения разделены на относящиеся к верхнему и нижнему слою двойной сейсмофокальной зоны.

Предварительный анализ данных каталога показал, что между островами Итуруп и Уруп, где в нижнем слое сейсмофокальной зоны произошло землетрясение 13.02.2020, наблюдается наименее четкое распределения землетрясений по слоям. В сейсмогенерирующем объеме, отнесенном к верхнему слою сейсмофокальной зоны, обнаруживаются полосы из гипоцентров сбросовых, взбросовых и сдвиговых (вдоль слэба) землетрясений, вытянутые примерно вдоль вектора движения слэба. В нижнем слое вблизи очага землетрясения 13.02.2020 в области шириной 60 км вдоль островной дуги и на всем интервале промежуточных глубин (70–300 км) наблюдается область сейсмического затишья.

Проведена инверсия механизмов очагов землетрясений каталогов вдоль верхнего и нижнего слоя сейсмофокальной зоны с использованием МКА [3]. В верхнем слое преобладают условия сжатия вдоль слэба, ось максимального сжатия σ_3 преимущественно параллельна слэбу и ориентирована под углом 140–160° (320–340°) к направлению его падения, т.е. субпараллельно вектору движения Тихоокеанской плиты в мантии на этом участке. В нижнем слое преобладает напряженное состояние растяжения, ось минимального сжатия σ_1 параллельна слэбу и преимущественно повернута на 20° (200°) по часовой стрелке от направления его падения. Такая ориентация осей главных напряжений может говорить о том, что на их формирование помимо изгиба слэба оказывает влияние сопротивление мантии его движению.

Отмечены участки в верхнем и нижнем слое, в которых преобладают сдвиговые напряжения, соответствующие наиболее сильным землетрясениям, с сейсмодислокацией типа левого сдвига вдоль вертикальной плоскости, направленной по падению слэба, а также кинематическому типу трансформных разломов, которые предположительно продолжают быть сейсмоактивными на погруженной плите.

Наиболее сложная картина напряженного состояния среды получилась вблизи очага землетрясения 13.02.2020 г. Здесь в верхнем слое отмечена область с напряженным состоянием растяжения и ориентацией осей главных напряжений, соответствующих нижнему слою. Из имеющихся данных неясно, является ли землетрясение 13.02.2020 г. причиной этой неоднородности или частью продолжающегося процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. NIED – National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan. URL: <http://www.fnet.bosai.go.jp>
2. GCMT – The Global Centroid-Moment-Tensor (CMT) Project. URL: www.globalcmt.org
3. Ребецкий Ю.Л. Методы реконструкции тектонических напряжений и сейсмотектонических деформаций на основе современной теории пластичности // Доклады АН. 1999. Т. 365, № 3. С. 392–395.

УДК 551.248.2

НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА П-ОВА ШМИДТА (САХАЛИН)

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

*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия**E-mail: sim@ifz.ru; marinin@ifz.ru; gord@ifz.ru; bond@ifz.ru*

На п-ове Шмидта впервые комплексом тектонофизических методов восстановлены неотектонические напряжения. Используются методы: 1) парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений [1], 2) метод катакластического анализа разрывных смещений, 3) структурно-геоморфологический (СГ) метод реконструкции сдвиговых тектонических напряжений, 4) метод определения общих тектонических напряжений по данным об ориентировках осей главных нормальных напряжений, восстановленных полевыми методами. Методы 2–4 изложены в [2].

В результате проведенных исследований восстановлены как неотектонические напряжения по всей площади п-ова Шмидта СГ методом, так и локальные стресс-состояния (ЛСС) путем анализа дизъюнктивных нарушений парагенетическим и катакластическим методами. Полевые методы были использованы для реконструкции тектонических напряжений вдоль западного (Пильский разрез) и восточного (Хейтонский разрез) побережий п-ова Шмидта. Здесь в обнажениях миоценовых отложений зафиксирован весь комплекс структурных парагенезов, включающий трещины с зеркалами скольжения и без смещений, песчаные дайки, трещины отрыва, зоны дробления и т.д. С помощью СГ метода восстановлены сдвиговые неотектонические напряжения, различающиеся по полуострову. Так, восточная его часть характеризуется северо-восточной, а западная часть – субмеридиональной ориентацией горизонтальных осей сжатия.

Сопоставление результатов реконструкции тектонических напряжений разными методами по полуострову показало удовлетворительную сходимость. Определение общих полей напряжений для Пильского и Хейтонского разрезов дало возможность восстановить по два общих поля тектонических напряжений на обоих побережьях. Общие сдвиговые тектонические напряжения установлены как на западном, так и на восточном побережьях. При этом на западе ось сжатия постоянная в двух полях напряжений и имеет СЗ простирание, а на восточном деформирование происходит при постоянной горизонтальной оси растяжения ВСВ простирания. На западном побережье установлено второе поле напряжений с вертикальной ориентировкой оси растяжения (взбросовое поле), а на восточном второе поле характеризуется вертикальной ориентировкой оси сжатия (сбросовое поле). Очертания п-ова Шмидта указывают на его разворот на СЗ относительно остальной части о. Сахалин. Разные ориентировки общих полей напряжений, наличие двух фаз деформирования свидетельствуют о значительных неотектонических движениях на полуострове, обусловленных прохождением по нему границы между Охотской и Амурской микроплитами. Тектонические напряжения восточного побережья хорошо объясняются развитием впадины Дерюгина в Охотском море, западная граница которой параллельна берегу п-ова Шмидта.

Таким образом, новейшая геодинамика п-ова Шмидта обусловлена развитием крупнейших структур на СВ Азиатского континента – движением литосферных плит и формированием впадины Дерюгина восточнее п-ова Шмидта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Расцветаев Л.М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений // Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. М.: ГИН АН СССР, 1987. Ч. 2. С. 173–235.
2. Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В. От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методики и алгоритмы. М.: ГЕОС, 2017. 233 с.

УДК 551.3+551.4.042+551.4.044+551.21

**ГОРА СПАНБЕРГ НА САХАЛИНЕ – ГИГАНТСКИЙ СКАЛЬНЫЙ ОПОЛЗЕНЬ
ИЛИ ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ВУЛКАН?**А.Л. Стром^{1,2}¹ ООО «Центр геодинамических исследований», г. Москва, Россия² ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве», г. Москва, Россия

E-mail: strom.alexandr@yandex.ru

Гора Спанберг (Шпанберг) (47°34'13" с.ш., 142°11'32" в.д.) – наивысшая точка Южно-Камышового хребта и одна из наиболее высоких вершин южной части Сахалина (1029.7 м). Возвышается примерно на 500 м над окружающими ее горами, венчает горный массив, представляющий собой уникальное геолого-геоморфологическое образование. На Государственной геологической карте СССР, лист L-54-IV,V, на этом участке показан плиоценовый шток, примерно 2 × 1.5 км, сложенный монцонитами и диорит-порфирами с зоной контактового метаморфизма, прорывающий вулканогенно-осадочные отложения аркайской свиты миоценового возраста. В рельефе это тело выражено в виде подковообразной гряды с крутым обрывистым западным и более пологим восточным склонами. У западного подножия гряды на высоте примерно 600–800 м находится холмистое плато ~2.5 × 3.5 км (площадью около 8 км²) с многочисленными бессточными впадинами, заполненными озерами. Всего на участке 18 озер. С юго-юго-запада плато ограничено отчетливо выраженным в рельефе молодым разрывом протяженностью около 1.5 км. В целом рельеф этого участка напоминает либо открытую на запад полукальдеру, либо колоссальный оползневый цирк.

Принципиально важным является то, что, как видно на аэрофото- и космических снимках, крупнообломочные отложения, слагающие это плато, заполняют верховья долин, дренирующих его с запада. Это однозначно указывает на то, что плато образовалось в позднечетвертичное время, после формирования эрозионного рельефа в этой части Южно-Камышового хребта. Тело, образующее это плато, может быть либо чисто гравитационным образованием – колоссальным скальным оползнем (каменной лавиной), либо вулканическим (вулкано-гравитационным) образованием, напоминающим отложения, образовавшиеся при обрушении вулкана Бандай-Сан в 1888 г. Объем отложений, мощность которых может достигать ~150 м, составляет порядка 1 км³. Наличие постоянно существующих озер говорит о том, что, несмотря на грубообломочный (глыбовый) состав отложений, залегающих на поверхности плато, ниже должны быть грунты с намного меньшей водопроницаемостью, что характерно для каменных лавин с грубообломочной панцирной фацией и сильно раздробленной основной фацией с низким коэффициентом фильтрации. В северо-восточной части участка, в верховьях р. Чеховка, находится расширенный участок долины длиной 2100 и шириной около 350 м с выровненным плоским дном, в конце которого расположен Шуйский водопад. Микрорельеф этого участка с перепадом высот около 340 м и средним углом около 9° характерен для таких образований, как оползни-потоки или лавовые потоки.

Возможный генезис описанных образований противоречив и во многом загадочен. Обрушение столь крупного массива прочных интрузивных пород с большой вероятностью могло быть вызвано сильным землетрясением, в пользу чего свидетельствует отчетливый, хотя и очень короткий разрыв вдоль южной границы цирка. В то же время участок располагается достаточно далеко от основных сейсмогенерирующих разломов Сахалина. В случае вулканического происхождения описанных тел это будет наиболее молодое, позднечетвертичное проявление вулканизма на Сахалине, где такие явления ранее не отмечались.

Цель данного сообщения – привлечь внимание исследователей к этому уникальному природному объекту Сахалина, заслуживающему тщательного и детального изучения.

УДК 556:551.24

**ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОЛЯ ГЕЛИЯ, ВОДОРОДА И МЕТАНА
ОСТРОВА САХАЛИН****Н.С. Сырбу¹, Р.В. Жарков², А.О. Холмогоров¹**¹ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, РоссияE-mail: ¹syrbu@poi.dvo.ru; ²rafael_zharkov@mail.ru

Большинство окраинных бассейнов, примыкающих к континенту, заложено на материковом основании. В связи с этим недооценка материковой части окраинных морей, зоны перехода континент–океан, приводит к неполному пониманию процессов распределения газогеохимических полей, напрямую связанных с основными геологическими структурами, тектоникой и углеводородным потенциалом территории. В настоящее время проблема изменчивости газогеохимических параметров в транзитных зонах становится одной из самых актуальных и наиболее сложных.

Для выявления особенностей аномальных газогеохимических полей гелия и водорода с 2011 г. были проведены мониторинговые исследования термальных, минеральных источников и грязевых вулканов на о. Сахалин.

Глубина сахалинских сдвигов определена по глубине очагов землетрясений – 15–20 км. По данным сейсмических исследований [1], таким глубинам соответствуют зоны трещиноватости, насыщенные флюидами, соединяющиеся с вертикальными разломами сдвигового типа. В таких местах происходит активная миграция газов. Вдоль Хоккайдо-Сахалинского и Центрально-Сахалинского разломов вертикальная амплитуда смещения блоков составляет 400–600 м. В периоды землетрясений в районе глубоких тектонических прогибов, вероятно, может происходить процесс смешивания глубинных флюидов и седиментогенных растворов, содержащих углеводородные газы, гелий и водород и др.

Повышенная концентрация водорода приурочены к южной части Сахалина, как и концентрации углекислого газа, что связано с геологическими особенностями строения острова, обнаруженными в пределах шельфа в Татарском проливе газовыми факелами и газовыми гидратами, а также повышенной сейсмичностью этого района.

Локальное повышенное поле гелия выделено в центральной части острова Сахалин, что связано с линейными структурами – глубинными активными разломами, а также выходами гранитоидов.

По своему генезису территория острова Сахалин является непосредственной частью шельфа Хоккайдо-Сахалинской складчатой области, следовательно, характер субвертикальной миграции гелия и водорода контролируется глубинными разломами, вдоль которых закономерно изменяются концентрации природных газов, а также находится под влиянием повышенной сейсмотектонической активности Охотоморского региона.

Наиболее важный результат проведенных многолетних исследований – выявление тесной связи современной динамики геологической среды и флюидодинамики в виде вертикальной миграции флюидов из фундамента, внутри осадочного чехла и до поверхности, которая происходит в зонах проводящих разломов и отражается в вариациях геохимических полей.

Исследования выполнены в рамках гостемы 0211-2021-0012 «Исследование состояния и изменений природной среды на основе комплексного анализа и моделирования гидрометеорологических, биогеохимических, геологических процессов и ресурсов Дальнего Востока», а также при поддержке гранта Президента МК-357.2021.1.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаевский В.Н., Рамазанов Т.К. Генерация и распространение волн вдоль глубинных разломов // Известия АН СССР. Физика Земли. 1986. № 10. С. 3.

УДК 550.34

КИРГИЗСКАЯ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКАЯ СЕТЬ KNET

Н.А. Сычева

*Научная станция РАН в г. Бишкеке, Кыргызская Республика**E-mail: ivtran@mail.ru*

Киргизская сейсмологическая сеть (*Kyrgyz NETWORK – KNET*), установленная в 1991 г. на территории Северного Тянь-Шаня, включает в себя 10 цифровых широкополосных сейсмологических станций, на каждой из которых установлен датчик STS-2. В настоящее время сеть является уникальным инструментом для проведения различных сейсмологических исследований. Многие ученые из разных стран активно используют данные этой сети при решении различных научных задач. Темы этих работ разнообразны: распределение сейсмической скорости и строение структур Тянь-Шаня и Центральной Азии [1; и др.]; градуировочные записи для изучения распространения сейсмических волн [2; и др.]; исследования, связанные с возможностью контроля ядерных взрывов и изучения порога обнаружения [3; и др.]; исследования глубинных структур Земли [4, 5; и др.]; и многое другое. Благодаря сейсмологическим данным сети KNET стало возможным массовое определение механизмов очагов землетрясений Северного Тянь-Шаня [6 и др.] и расчет их динамических параметров [7; и др.]. Данные сети также позволили обнаружить новые проявления триггерных эффектов в сейсмичности при воздействиях магнитных бурь с резким началом [8 и др.] и электромагнитных зондирований коры на Бишкекском геодинамическом полигоне (Северный Тянь-Шань) [9; и др.]. В работе представлены характеристики сети и некоторые результаты исследований, полученные на основе данных этой сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mellors R.J., Vernon F.L., Pavlis G.L., Abers G.A., Hamburger M.W., Ghose S., Iliasov B. An evolutionary programming method for estimating layered velocity structure // *Bull. Seismol. Soc. Amer.* 1997. Vol. 87, No. 1. P. 11–22.
2. Pavlis G.L., Mahdi F.L., Vernon F.L. Surface wave propagation in Central Asia: Observations of scattering and multipathing with the Kyrgyz Broadband Array // *Proceedings – 16th Annual Seismic Research Symposium.* 1994. P. 291–297.
3. Vernon F.L., Mellors D.R., Thomson D.J. Broadband signal enhancement of seismic array data: Applications to long-period surface waves and high-frequency wakefield's // *Proceedings – 17 Annual Seismic Research Symposium.* 1995. P. 807–814.
4. Адамова А.А. Оценка термодинамических условий и вещественного состава земной коры Тянь-Шаня на основе сейсмологических данных // *Геодинамика и геоэкологические проблемы высокогорных регионов / отв. ред. С.В. Гольдин, Ю.Г. Леонов. Москва; Бишкек: ИС РАН, 2003. С. 106–122.*
5. Sychev I.V., Koulakov I., Sycheva N.A. et al. Collisional processes in the crust of the northern Tien Shan inferred from velocity and attenuation tomography studies // *J. Geophys. Res.: Solid Earth.* 2018. Vol. 123, No. 2. P. 1752–1769. doi: 10.1002/2017JB014826.
6. Сычева Н.А., Юнга С.Л., Богомолов Л.М., Мухамадиева В.А. Сейсмотектонические деформации земной коры Северного Тянь-Шаня (по данным определений механизмов очагов землетрясений на базе цифровой сейсмической сети KNET) // *Физика Земли.* 2005. № 11. С. 62–78.
7. Сычева Н.А., Богомолов Л.М. Закономерности падения напряжений при землетрясениях Северного Тянь-Шаня // *Геология и геофизика.* 2016. Т. 57, № 11. С. 2071–2083.
8. Сычева Н.А., Богомолов Л.М., Сычев В.Н. О геоэффективных солнечных вспышках и вариациях уровня сейсмического шума // *Физика Земли.* 2011. № 3. С. 55–71.
9. Богомолов Л.М., Сычев В.Н., Авагимов А.А. и др. Корреляционный анализ локальной сейсмичности на Бишкекском геодинамическом полигоне в связи с проблемой активного мониторинга // *Геофизика XXI столетия: 2005 год. М.: Науч. мир, 2006. С. 317–325.*

УДК 550.34.098

**ОБНОВЛЕННЫЕ ДАННЫЕ О ГЕОЭФФЕКТИВНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШКАХ
И ВАРИАЦИЯХ УРОВНЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА****Н.А. Сычева¹, Л.М. Богомолов²***Научная станция РАН в г. Бишкеке, Киргизская Республика**Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия**E-mail: ivtran@mail.ru*

В работах [1, 2] проведены исследования взаимосвязи сильных магнитных бурь, вызванных солнечными вспышками, и вариаций сейсмичности. Мощность вспышек часто определяют по яркости производимого ими рентгеновского излучения. Самые сильные солнечные вспышки относятся к рентгеновскому классу X. К классу M относятся солнечные вспышки, которые имеют мощность излучения в 10 раз меньшую, чем вспышки класса X. При анализе сейсмического шума в указанных работах используются данные о временных зависимостях параметров сейсмического шума (среднего уровня, среднеквадратичного отклонения, СКО), регистрируемого станциями сейсмической сети KNET при мониторинге территории Бишкекского геодинамического полигона (Северный Тянь-Шань). В работах отмечены проявления влияния магнитных бурь, произошедших после сильных и сверхсильных солнечных вспышек в 2000–2006 гг.

В период с 2010 по 2017 г. произошло несколько вспышек класса $M > 7$ и несколько вспышек с классом $X > 4.9$. В данной работе продолжены исследования взаимосвязи уровня сейсмического шума (СКО) и магнитных бурь, произошедших после солнечных вспышек в период с 2010 по 2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сычева Н.А., Богомолов Л.М., Сычев В.Н. Солнечные вспышки, вариации уровня сейсмического шума и сейсмический режим Северного Тянь-Шаня // Триггерные эффекты в геосистемах: Материалы Всерос. семинара-совещ., г. Москва, 22–24 июня 2010 года / под ред. акад. В.В. Адушкина и проф. Г.Г. Кочаряна. М.: ГЕОС, 2010. С. 326–336.
2. Сычева Н.А., Богомолов Л.М., Сычев В.Н. О геоэффективных солнечных вспышках и вариациях уровня сейсмического шума // Физика Земли. 2011. № 3. С. 55–71.

УДК 550.34.06.013.3

**НЕЭКСТЕНСИВНЫЙ АНАЛИЗ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ****В.Н. Сычев, Н.А. Сычева, Д.С. Кульков***Научная станция РАН в г. Бишкеке, Киргизия**E-mail: koitash@mail.ru*

В основе анализа сейсмологических и экспериментальных данных по одноосному испытанию на прочность образцов геоматериалов лежит концепция энтропии, которая была введена в 1988 г. Константино Цаллисом в качестве основы для обобщения стандартной статистической механики для случая неэкстенсивных (неаддитивных) систем [1]. Для описания функций распределения землетрясений и сигналов акустической эмиссии по энергиям использовалась модифицированная модель очага землетрясения stick-slip (прерывистое скольжение двух плит друг относительно друга вдоль разлома при наличии трения и заполняющих фрагментов между поверхностями разлома) и принцип максимума энтропии Тсаллиса [2]. В этой модели фрагменты, заполняющие пространство между плоскостями разлома, могут играть роль подшипников, а также препятствовать относительному движению плоскостей. Напряжение накапливается до тех пор, пока не сместятся или не разрушатся заполняющие фрагменты, и не произойдет выделение энергии. Исходя из этого, смещение тектонических блоков и выделяемая энергия пропорциональны размерам фрагментов между разломами. В работе [3] получено аналитическое выражение, описывающее распределение землетрясений по энергиям во всем диапазоне магнитуд, в отличие от эмпирической формулы Гутенберга–Рихтера, которое требовательно к выбору границ линейного участка графика повторяемости. Предложенный подход позволяет оценить степень неэкстенсивности сейсмичности в рассматриваемом регионе. Параметр Тсаллиса q можно использовать как меру стабильности активной тектонической зоны. Резкое увеличение параметра q указывает на усиление взаимодействия между разломными блоками и их фрагментами и связано с отклонением их от равновесного состояния [4].

Показано, что поток землетрясений представляет собой систему с памятью и дальними пространственными корреляциями, а вычисленные значения параметра Тсаллиса $q \sim 1.5$ практически совпадают со значениями, полученными для магнитуд каталогов различных сейсмоактивных регионов. Указанный подход использовался для исследования изменения дальних пространственных корреляций непосредственно перед главным событием и во время следования афтершоков. Параметр Тсаллиса q для афтершоковых последовательностей превышает значение q , вычисленное для всего каталога землетрясений, что указывает на то, что дальние пространственные корреляции возрастают перед землетрясением и продолжают оставаться повышенными во время следования афтершоков. Неэкстенсивный анализ был применен и к анализу распределения сигналов акустической эмиссии по энергиям. Совпадение количественных значений параметров Тсаллиса указывает на самоподобие процессов разрушения, протекающих на разных масштабных уровнях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tsallis C. Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics // J. of Statistical Physics. 1988. Vol. 52 (1–2). P. 479–487. <https://doi.org/10.1007/bf01016429>
2. Sotolongo-Costa O., Posadas A. Fragment-Asperity Interaction Model for Earthquakes // Physical Review Letters. 2004. Vol. 92, N 4. doi:10.1103/PhysRevLett.92.048501
3. Telesca L. Tsallis-based nonextensive analysis of the Southern California seismicity // Entropy. 2011. Vol. 13 (7). P. 127–1280. <https://doi.org/10.3390/e13071267>
4. Complexity of seismic time series: Measurement and application / Eds T. Chelidze, F. Vallianatos, L. Telesca. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2018. 548 p. <https://www.elsevier.com/books/complexity-of-seismic-time-series/chelidze/978-0-12-813138-1>

УДК 622.831

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РИСКИ РАЗРАБОТКИ УДАРООПАСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

Ю.В. Федотова

Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

E-mail: fjulia@mail.ru

Сейсмическая активность участков земной коры зависит от параметров движения литосферных плит и полей напряжений, как унаследованных в асейсмичных районах, так и изменяемых в сейсмически активных областях. Геодинамические риски при ведении горных работ определяются уровнем двух основных факторов – природной и техногенной сейсмичностью массивов (количеством регистрируемых горных ударов и техногенных землетрясений) в пределах шахтных полей отработываемых месторождений.

Для скальных массивов, представленных наиболее прочными и хрупкими породами, способными накапливать значительные напряжения и разгружаться в динамической форме, проблема техногенной сейсмичности является острой и актуальной во многих горнорудных провинциях мира. В особенности в сейсмически активных регионах.

В настоящее время наиболее употребительным нормативным показателем риска является индивидуальный риск, характеризующий частоту аварий со смертельным исходом (или аварий со всеми случаями различной степени травмирования работников при расширенном анализе) и учитывающий вероятность реализации негативного события. Различные значения предельно допустимого уровня (ПДУ) индивидуального риска, используемые в разных странах, указывают на то, что уровень риска смерти выше 0.0001 в год в качестве значения для ПДУ однозначно признается неприемлемым (чрезмерным).

Принятые в сфере геодинамической безопасности классификации и показатели риска носят в основном качественный характер. Это объясняется сложностью физического процесса формирования очага и реализации динамического явления, большим числом взаимно влияющих факторов и трудностью математической формализации для определения количественных параметров уровня опасности. При этом уровни геодинамического риска, в зависимости от возможного геодинамического явления, этапа развития опасной ситуации, описания возможного опасного процесса – подразделяются на «низкий», «средний», «высокий» (или «пренебрежимо», «приемлемо» и «неприемлемо»).

Все это в полной мере применимо при оценке геодинамических рисков для удароопасных месторождений на основе анализа изменений их геомеханического состояния по мере развития горных работ. Такая оценка необходима для разработки мероприятий и принятия решений по управлению рисками и обеспечению безопасности отработки месторождений.

На примере удароопасных месторождений Дальневосточного региона РФ рассмотрены условия возникновения геодинамических рисков на конкретных месторождениях, выявлены участки с различной степенью вероятности реализации техногенных землетрясений при сейсмической активности блоков, вмещающих данные месторождения. Показано влияние природной сейсмической активности на реализацию техногенной сейсмичности. Выполненными геодезическими исследованиями установлена специфика колебаний разномасштабных блоков пород при влиянии природной и техногенной сейсмичности, а анализ сейсмоакустических данных показал характер развития трещинообразования на отдельных участках, предшествующий разрушению участков массива в динамической форме.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 20-55-53028 ГФЕН_а).

УДК 550.348.425.2

ТЕХНОГЕННАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ

Д.В. Федченко, А.А. Ерёменко

Институт угля ФИЦ угля и углекислоты СО РАН, г. Кемерово, Россия

E-mail: fedfromsib@gmail.com

Объемы добычи полезных ископаемых открытым способом продолжают расти, соответственно увеличиваются объемы бурения и взрывчатых веществ (ВВ), применяемых при производстве буровзрывных работ. Все это обуславливает возрастание воздействия человека на природные массивы и повышает опасность возникновения техногенной сейсмической активности, которая может быть вызвана проведением массовых взрывов на добывающих предприятиях Кузбасса.

Техногенной сейсмичностью называют микроколебания, сейсмические толчки и землетрясения, возникающие в земной коре при любых антропогенных воздействиях на окружающую среду либо появляющиеся и развивающиеся вслед за воздействием уже с участием собственных энергетических запасов в самих структурах земной коры.

Понятие «массовый взрыв» означает взрыв смонтированных в общую взрывную сеть двух и более скважинных, котловых или камерных зарядов, независимо от протяженности выработки, а также единичных зарядов в выработках протяженностью более 10 м.

Проведенные исследования дают возможность в качестве рекомендаций предложить ряд способов, позволяющих на каждом из этапов добиться снижения техногенной сейсмичности при массовых взрывах в условиях угольных разрезов.

1. Глубина, форма и сетка пробуренных для взрывания скважин.

При определенном изменении размера сетки уменьшается объем ВВ и происходит соответствующее снижение сейсмической активности во время массовых взрывов.

Таким образом, мы уменьшаем удельный расход ВВ, улучшаем качество дробления породы, а также учитываем факторы, влияющие на интенсивность источника сейсмических колебаний.

2. Свойства взрывчатого вещества, применяемого при взрывных работах.

Ввиду того что свойства ВВ влияют на распределение затрат энергии на дробление и возбуждение сейсмических колебаний, на изменение времени воздействия взрыва на окружающую среду и частотного состава колебаний, более предпочтительными с точки зрения уменьшения сейсмического эффекта взрыва оказываются ВВ с меньшей скоростью детонации.

3. Формирование заряда в скважине.

На этом технологическом этапе в зонах повышенного риска важно использовать меньшее количество взрывчатых веществ или выполнять дополнительное «рассредоточение» ВВ в скважине. С увеличением числа плоскостей обнажения скорость колебания частиц пород уменьшается. При этом сейсмический эффект может снижаться в 4–5 раз по сравнению со взрыванием в зажатой среде.

4. Тип и скорость поверхностного замедления.

При расчете схемы инициирования поверхностной взрывной сети для снижения негативного сейсмического воздействия рекомендуется применять неэлектрические системы инициирования или систему электронного инициирования.

При использовании данных систем инициирования в схеме монтажа взрывной сети при «поскважинном» замедлении, когда перед каждой скважиной устанавливается поверхностное устройство инициирования, есть возможность произвести точный расчет фактического времени подхода инициирующего импульса, а также смоделировать его прохождение по поверхностной взрывной сети.

Если учитывать вышеуказанные факторы на каждом из этапов подготовки горного массива к взрыванию, можно добиться значительного снижения техногенной сейсмичности, не ухудшая при этом запланированные параметры буровзрывных работ.

УДК 582.29+504.73+504.5

СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И КОЛЕБАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ МЕТАНА В ЯПОНСКОМ МОРЕ

А.О. Холмогоров¹

¹ Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
E-mail: kholmogorov.ao@poi.dvo.ru

Пространственное распределение метана, растворенного в морской воде, во взаимосвязи с сейсмической активностью играет исключительно важную роль. На примере 54-ого рейса НИС «Академик Опарин» рассмотрена концентрация метана в приповерхностном слое морской воды (нМ/л), на основе полученных результатов можно проследить связь сейсмической активности и концентрации метана в пробах морской воды.

Для сопоставительного анализа были взяты данные о землетрясениях, произошедших в период проведения рейса 29.09.2017–31.10.2017 в пределах разломов рассматриваемой области (Японское море).

Выявлена тенденция к повышению концентрации метана в пробах морской воды после землетрясений, что указывает на связь данных явлений. Возможно, после землетрясений флюидопроводящие каналы литосферы деформируются либо закупориваются, что приводит к накоплению поднимающихся газов в теле литосферы. Резкий рост концентрации и такой же резкий спад с последующим сохранением уровня концентрации вызван интенсивным выбросом скопившихся газов через новые флюидопроводящие каналы литосферы, образованные избыточным давлением газов и флюидов. При этом явление авершоков представляется следствием закупорки каналов, приводящей к образованию новой области скопления газов и их взрыва.

Выявлена тенденция к понижению уровня концентрации метана в пробах морской воды перед землетрясениями.



Рис. 1. Диаграмма изменения концентраций метана до и после сейсмических событий с 6.10.2017 по 15.10.2017: 1 – концентрация метана, нМ/л в поверхностном слое морской воды; 2 – землетрясение.

На примерах видно падение уровня концентрации метана на 10–30% за 2–4 часа до землетрясения (рис. 1). Подобная картина наблюдается перед каждым землетрясением, произошедшим в рассматриваемый период. Причем уровень концентрации метана снижается не зависимо от глубины землетрясения.

Триггер землетрясения неким образом связан с процессом глубинного образования метана и его трансферта к поверхности литосферы.

Исходя из данных по снижению уровня концентрации метана в пробах морской воды, можно предположить, что относительно интенсивное движение литосферных плит происходит примерно за 2–4 часа до их контакта друг с другом, приводящего к землетрясению. Видимо, факторы, приводящие литосферные плиты в движение, связаны с процессами образования и трансферта метана к поверхности.

Исследования выполнены при поддержке гранта Президента МК-357.2021.1.5.

УДК 551.24:550.394

ИЗУЧЕНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ БЫСТРЫХ СМЕЩЕНИЙ БЕРЕГОВЫХ ЛИНИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ КОСЕЙСМИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ВДОЛЬ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ

А.Л. Хомчановский, Ф.И. Батанов, Т.К. Пинегина

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

На Дальнем Востоке России первые исследования геологических следов вертикальных косейсмических деформаций были проведены в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН [1, 2]. Авторы используют специальную методику таких исследований, базирующуюся на методах тефростратиграфии и тефрохронологии, описаниях и датировании почвенно-пирокластического чехла, перекрывающего береговые валы. В северной части Авачинского залива за последние 5 тыс. лет было выявлено всего 3 сейсмических события, сопровождавшихся косейсмическими опусканиями побережья [2], к югу от Петропавловска-Камчатского было выявлено опускание от сильнейшего исторического цунамигенного землетрясения 1952 г. [3]. В Кроноцком заливе и на п-ове Шипунском за последние примерно 6000 лет произошло 5 таких событий [4]. Амплитуды вертикальных косейсмических деформаций были оценены по геологическим данным тремя различными методами [1, 2]. Когда происходит косейсмическое опускание побережья, активизируется размыв берегового уступа, интенсивность которого определяется методом математического моделирования по формуле Брууна [5]. В данном исследовании мы провели математическое моделирование изменений положения береговых линий в случае косейсмических опусканий побережий.

Детальные исследования на о. Итуруп предполагается провести в 2022 г. Изучение и моделирование изменений береговых линий в ходе сейсмических событий вдоль Курило-Камчатской зоны субдукции крайне важно для оценки прогноза геоморфологических последствий сильнейших землетрясений.

Исследования выполнены при поддержке РНФ (грант № 21-17-00049, рук. Е.И. Гордеев).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пинегина Т.К. Пространственно-временное распределение очагов цунамигенных землетрясений тихоокеанского и беринговоморского побережий Камчатки по отложениям палеоцунами: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. Москва, 2014. 43 с.
2. Pinagina T.K., Bourgeois J., Bazanova L.I., Zelenin E.A., Krashennikov S.P., Portnyagin M.V. Coseismic coastal subsidence associated with unusually wide rupture of prehistoric earthquakes on the Kamchatka subduction zone: A record in buried erosional scarps and tsunami deposits // *Quaternary Science Reviews*. 2020. Vol. 233. P. 106171.
3. Батанов Ф.И., Хомчановский А.Л. Первые данные о косейсмическом опускании побережья бухты Виллой Авачинского залива (полуостров Камчатка) в результате камчатского землетрясения 4 (5) ноября 1952 г. (Mw 8.8–9.0) // *Вулканизм и связанные с ним процессы: Материалы XXIV Всерос. науч. конф., посвящ. Дню вулканолога, г. Петропавловск-Камчатский, 29–30 марта 2021 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2021. С. 72–74.*
4. Пинегина Т.К. Вероятная сегментация Камчатской зоны субдукции по палеосейсмологическим данным // *Вулканизм и связанные с ним процессы: Материалы XXIV Всерос. науч. конф., посвящ. Дню вулканолога, г. Петропавловск-Камчатский, 29–30 марта 2021 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2021. С. 102–105.*
5. Bruun P. The Bruun rule of erosion by sea-level rise: a discussion on large-scale twoand threedimensional usage // *Journal of Coastal Research*. 1988. Vol. 4, № 4. P. 627–648.

УДК 551.248.2:550.36

ВЛИЯНИЕ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ О. ПАРАМУШИР (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

О.Р. Хубаева¹, О.В. Бергаль-Кувикас¹, М.Д. Сидоров²

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

² Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

E-mail: grifon03@yandex.ru

Для Курильских островов, расположенных в зоне перехода океан–континент, важно понимание соотношения разрывных нарушений с вулканической деятельностью и деятельностью связанных с ней гидротермально-магматических систем. Основной геологической структурой, обеспечивающей транспортировку тепловой энергии в гидротермально-магматических системах северной части о. Парамушир, является силло-дайковый комплекс, сопряженный с системой трещин северо-восточного и субширотного простирания. Формирование разрывных нарушений северо-восточного направления перпендикулярно простиранию погружающейся плиты и отражает процессы сжатия в островодужной обстановке. На севере о. Парамушир фиксируется серия разрывных нарушений субширотного простирания [1]. Например, региональный разлом, расположенный перпендикулярно оси задугового Курильского бассейна [2, 3]. Расположение моногенных, шлаковых конусов вулкана Алайд, форма вулканической постройки вулкана Эбеко, каньон р. Юрьева подчеркивают субширотное направление разрывов, сформированных в результате развития задугового Курильского бассейна.

Гидротермально-магматические системы северного сектора о. Парамушир имеют разветвленную систему магматического питания. Магма поднимается к поверхности по ослабленным зонам разломов северо-западного простирания, выходит на поверхность в районе его пересечения с разломом север-северо-восточного направления, поддерживая активность вулканических центров Эбеко и Богдановича, расположенных на хр. Вернадского. В узлах пересечения разломов северо-западного простирания с зонами субпараллельных разломов север-северо-восточного простирания магматический материал, не достигший поверхности, образует субвулканические интрузивные тела (силлы, дайки), обеспечивающие тепловое питание гидротермальных систем, приуроченных к вулканическим центрам Эбеко и Богдановича.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хубаева О.Р., Брянцева Г.В., Сим Л.А. Новейшие деформации и гидротермальные поля северной части острова Парамушир // Вестник Московского университета. Серия 4, Геология. 2007. № 4. С. 20–23.
2. Baranov B., Wong H.K., Dozorova K., Karp B., Lüdmann T., Karnaukh V. Opening geometry of the Kurile Basin (Okhotsk Sea) as inferred from structural data // Island Arc. 2002. Vol. 11, N 3. P. 206–219.
3. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусов А.А. Подводный вулкан Григорьева (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2006. № 5. С. 17–26.

УДК 550.34:528

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ**Н.В. Шестаков^{1,2}, Г.В. Нечаев^{1,2}, А.К. Кишкина^{1,3}, А.С. Прытков⁴,
А.Ю. Полец⁴, М.Д. Герасименко^{1,2}**¹ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия² Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия³ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия⁴ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: kishkina.ako@dvfu.ru

Вопрос о влиянии сильных сейсмических событий на координатную основу Российской Федерации и закрепляющую ее сеть пунктов государственной геодезической сети (ГГС) остается актуальным для сейсмоактивных районов страны – региона Северного Кавказа, юга Сибири, Дальнего Востока. Известно, что землетрясения вызывают заметные, а иногда значительные подвижки земной поверхности, что приводит к изменению координат пунктов ГГС как в глобальных пространственных системах координат, так и в отношении взаимного положения пунктов, особенно если эти пункты располагаются достаточно далеко друг от друга (десятки и сотни километров).

Согласно нормативной документации, необходимо выполнять работы по перенаблюдению пунктов ГГС для сейсмически активных районов один раз в три года, для других регионов один раз в пять лет. Вблизи эпицентров землетрясений с $M_w \geq 5$ повторное определение координат пунктов проводится в более короткие сроки с опорой на пункты, не затронутые сейсмическим событием. Однако на практике, в силу различных причин, работы по перенаблюдению и переуравниванию фрагментов геодезических сетей производятся значительно реже, либо не производятся вовсе на протяжении десятилетий. Данная ситуация делает актуальными вопросы оперативного определения (прогноза) косейсмических измерений пространственных положений пунктов ГГС, создания Интернет-портала, на котором заинтересованные пользователи могли бы получить оперативную информацию о таких изменениях, и др.

В настоящей работе рассмотрено воздействие ряда землетрясений с $M_w \geq 5.5$, произошедших в пределах о. Сахалин либо оказавших заметное влияние на движения земной коры на острове, за последние 30 лет (1990–2020). За этот период в указанной области произошло 12 землетрясений магнитудой от 5.5 до 7.1. С использованием информации о параметрах очага нами получены данные о суммарных (кумулятивных) косейсмических смещениях, вызванных наиболее сильными сейсмическими событиями за указанное время: Шикотанское землетрясение 1994 г. ($M_w = 8.3$), Нефтегорское землетрясение 1995 г. ($M_w = 7.1$), Углегорское землетрясение 2000 г. ($M_w = 6.8$), Охотоморское глубокофокусное землетрясение 2013 г. ($M_w = 8.3$), Онорское землетрясение 2016 г. ($M_w = 5.8$).

На основе полученных результатов численного моделирования сделаны выводы о том, что территория о. Сахалин за последние 30 лет испытала заметные, а в ряде районов значительные движения и деформации земной коры (от сантиметра до метра). Даже отдаленное глубокофокусное Охотоморское землетрясение 2013 г. инициировало косейсмические смещения порядка 10 мм на севере острова, что должно быть соответствующим образом отражено в каталогах пунктов ГГС и имеет не только научное, но и производственно-прикладное значение. Наличие возможных постсейсмических движений, например вызванных сильным коровым Нефтегорским и глубокофокусным Охотоморским землетрясениями, делает еще более важным и дополнительно усложняет учет изменения пространственного положения пунктов ГГС.

УДК 551.24.035+551.248.2

**НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОТРЯДА КОМПЛЕКСНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ
«ВОСТОЧНЫЙ БАСТИОН – КУРИЛЬСКАЯ ГРЯДА»****Е.А. Шалаева¹, И.В. Бондарь², Д.С. Мягков²**¹ Геологический институт РАН, г. Москва, Россия² Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

E-mail: dsm@ifz.ru

В 2019 г. была проведена комплексная экспедиция на о. Итуруп (Большая Курильская гряда), организованная Русским географическим обществом совместно с Экспедиционным центром Министерства обороны Российской Федерации. В ходе экспедиции выполнены геологические исследования с целью выявления признаков новейшей тектонической активности острова и изучения особенностей химического и минералогического состава вулканических пород, формирующихся в надсубдукционной обстановке.

Всего было проведено 18 маршрутов. В основном исследования проводились в центральной и южной частях острова – в районе вулканов Богдан Хмельницкий и Атсонупури, заливов Касатка, Одесский и Доброе Начало; в северной части острова были вкратке изучены кальдера Медвежья, вулканы Кудрявый и Меньший брат. Некоторые маршруты выполнялись «вслепую», без предварительной информации об особенностях геологического строения и рельефа местности, а высокая плотность растительного покрова чрезвычайно затрудняла поиск геологических обнажений.

Несмотря на это, удалось собрать некоторый фактический материал по особенностям неотектонической активности о. Итуруп.

Ряд разломов, показанных на геологической карте [1] как достоверные или предполагаемые, в рельефе никак не выражены. Характерные признаки активных разломов в виде оврагов или русел рек, иногда спрямленных по разломам или смещенных при их пересечении, не выявлены. Дизъюнктивные и пликативные деформации в зоне геодинамического влияния разломов также не обнаружены. Исключением является серия небольших, но ярко выраженных сбросовых нарушений, выявленных в долине ручья Лагерный (условное название ручья, протекающего рядом с базовым лагерем экспедиции; 44.985286 с.ш., 147.623906 в.д.). Зеркала скольжения обнаружены только в бортах ручья Лагерный и на южном склоне вулкана Богдан Хмельницкий. Следы тектонической трещиноватости горных пород отсутствуют. Выявленная в редких обнажениях трещиноватость связана либо с остыванием лав, либо с трещинами усыхания в слоях осадочных пород.

Кроме того, была собрана коллекция образцов для изучения особенностей химического и минералогического состава вулканических пород, формирующихся в надсубдукционной обстановке, и образцов морских отложений, слагающих террасы, для микропалеонтологического анализа, что позволит получить информацию о возрасте террас с последующей оценкой средних скоростей тектонического поднятия.

Предварительные выводы. В связи с активным развитием современного вулканизма в сочетании с высокой плотностью растительного покрова, поиски молодых складчато-разрывных дислокаций как индикаторов тектонической активности являются затруднительными. Тектоническая активность острова проявлена главным образом в формировании морских террас. Наиболее явно в рельефе острова выражен 30-метровый террасовый уровень, наблюдающийся как на Охотоморском побережье (зал. Доброе Начало, Одесский зал.), так и на Тихоокеанском побережье (зал. Касатка).

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1 : 200 000 (первое поколение). Серия Курильская. Лист L-55-XXVIII – о. Итуруп. Авторы: В.Е. Бевз, А.В. Шапошников. Л.: Картогр. фабрика ВСЕГЕИ, 1974.

UDC 551.2

**CRUSTAL DEFORMATION IN THE NORTHWESTERN PACIFIC REGION
OVER THE RECENT QUARTER CENTURY BY REGIONAL GNSS DATA****H. Takahashi^{1,2}, Y. Ishida^{1,3}, M. Ohzono^{1,4}, G. Meng², W. Wu², N. Shestakov^{2,5,6}**¹ *Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, Sapporo, Japan*² *Institute of Earthquake Forecasting, China Earthquake Administration, Beijing, China*³ *Graduate School of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan*⁴ *Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, Tokyo, Japan*⁵ *Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia*⁶ *Institute of Applied Mathematics, Far Eastern Branch, Russian Academy of Science, Vladivostok, Russia*

E-mail: hiroaki@sci.hokudai.ac.jp

Regional GNSS observation data during recent quarter century were reviewed in order to check out characteristics of crustal deformation in northwestern Pacific region. Coordinate time series suggested stable motion at stations inside Pacific plate of Minami-Torishima and Wake islands. It was confirmed that the 2011 great Tohoku earthquake of Mw 9.0 did not affect regional Pacific plate motion. Coordinates from station inside Phillipine Sea plate of Oki-no-Tori Shima and Daito Islands, and relative motion between Pacific and Phillipine Sea plates also showed stable motion. These indicated stable motion of these two oceanic plates. Transient signals due to slow slip events were recognized at Chichijima Islands of Pacific and Phillipine sea plate boundary.

Clear velocity change were recognized at stations in northeastern China, Korea, Sakhalin and Japan after the 2011 Tohoku earthquake. This postseismic deformation seems not to extend to Yangtze block. Coordinate time series from Beijing, Changchun and Suwon stations show exponential decay at the beginning but linear attenuation for succeeding part, and still continue. Continuous extensions have been observed in baselines from north Japan to continent stations, while contractions were between southwestern and Hokkaido and continent stations. Contraction rate between northern Hokkaido and northeast China is >10 mm/yr, and extension between Tohoku and northeast China is >60 mm/yr. This suggest extension in central Japan Sea and rapid strike shear strain build up in north and southwest Japan Sea regions. No clear strike-slip active faults there suggest this strain field is transient phenomena during great earthquake cycle of about 500 yrs interval along Japan and Kuril trenches. Continuous compressional strain build-up west-off northern Hokkaido and Sakhalin imply potential of great earthquake there. Deconvolution of plate/block motion and transient phenomena is justified to evaluate crustal deformation in northeastern China and Far East continent.

Stable northwestern velocities have been continued in western Hokkaido since 1996 due to plate coupling in southwestern Kuril trench. No clear signal due to slow slip events has been recognized. This fact suggests interplate full-coupling in this region toward near future great earthquake of Mw >8.8 . This anticipated earthquake will generate strong ground shaking and more than 20 m high tsunami in Hokkaido and southwestern Kuril regions. Fine hypocenter data using recent development of cabled ocean bottom seismic stations and GNSS-acoustic seafloor crustal deformation observation in southwestern Kuril trench will give interesting clue to evaluate earthquake activity.

This work is supported by JSPS KAKENHI Grant Number 19H01984, 20KK0073 and the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan, under its The Second Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program.

УДК 550.348.432

**ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА
В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19
В г. ЮЖНО-САХАЛИНСК (О. САХАЛИН)**

Н.В. Богинская

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: fily77@mail.ru*

С началом пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 многими сейсмологами мира отмечено резкое (до 30–50 %) понижение повседневного фонового сейсмического шума в период с марта по май 2020 г. [1]. Авторами проведено исследование влияния введенного в Российской Федерации с 30 марта 2020 г. режима нерабочих дней [2] и, как следствие этого, ограничения работы общественных заведений и мобильности населения на качество сейсмологических наблюдений на сейсмической станции «Южно-Сахалинск» за период с 23.03.2020 по 12.04.2020 г.

Проанализированы записи сейсмического шума станции «Южно-Сахалинск», расположенной в относительно «тихом» районе города. Построены спектры мощности и временные вариации уровней микросейсмических шумов по данным записей широкополосных сейсмометров в диапазоне 1–20 Гц. Проведена корреляция вариаций уровня шумов с данными о мобильности населения на основании показателей индекса самоизоляции Яндекс, показывающего уровень городской активности за выбранный период. Выявлены основные источники повышенного микросейсмического шума на сейсмической станции.

Дополнительно проведена оценка влияния производственной деятельности на уровень микросейсмических шумов в здании с режимом ограниченного доступа, на примере Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (г. Южно-Сахалинск) на основании записей сейсмометра Raspberry Shake [3], установленного на фундаменте здания Института, для периодов до начала пандемии и во время нее.

Сделаны выводы о степени влияния и изменения уровня техногенных помех в период самоизоляции в зависимости от расположения по отношению к станции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lecocq T., Hicks S.P. et al. Global quieting of high frequency seismic noise due to COVID-19 pandemic lockdown measures // *Science*. 2020. Vol. 369 (6509). P. 1338–1343.
2. Об объявлении в Российской Федерации нерабочих дней: Указ Президента Российской Федерации от 25.03.2020 г. № 206 // *Собрание законодательства РФ*. 2020. № 13 (30 марта). Ст. 1898.
3. Anthony R.E., Ringler A.T., Wilson D.C., Wolin E. Do low-cost seismographs perform well enough for your network? An overview of laboratory tests and field observations of the OSOP Raspberry Shake 4D // *Seismol. Res. Lett.* 2019. Vol. 90. P. 219–228.

УДК 550.34.03

ПУНКТЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В СОСТАВЕ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ МЧС РФ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ**Д.В. Костылев^{1,2}**¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*² *Сахалинский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск, Россия**E-mail: d.kostylev@imgg.ru*

В 2017 г. федеральная целевая программа «Социально-экономическое развитие Курильских островов (Сахалинская область) на 2016–2025 годы» была дополнена укрупненным проектом «Создание и развитие системы комплексной безопасности и защиты от рисков чрезвычайных ситуаций» [1]. В рамках этого проекта в 2020 г. завершено строительство объектов Аварийно-спасательного центра мониторинга и прогноза (АСЦМП) чрезвычайных ситуаций на Курильских островах в поселке городского типа Южно-Курильск (о. Кунашир) и селе Китовое (о. Итуруп).

Сахалинским филиалом ФИЦ ЕГС РАН разработана и реализована система мониторинга сейсмической активности посредством организации пунктов инструментальных сейсмологических наблюдений (ПИН) на островах Кунашир и Итуруп, в целях обеспечения поддержки принятия решений АСЦМП Главного управления МЧС России по Сахалинской области. Созданные пункты являются частью системы комплексной безопасности и защиты от рисков чрезвычайных ситуаций.

Работающий в автономном режиме ПИН включает в себя сейсмологическое оборудование, средства передачи данных, систему первичного сбора и обработки информации, а также оборудование гарантированного электропитания, размещенные в едином специализированном блок-контейнере на территории АСЦМП [2]. Дополнительно предусмотрено предоставление оперативной информации для сотрудников АСЦМП о произошедших сейсмических событиях, в том числе и с использованием автоматизированного сервиса оценки инструментальной интенсивности сотрясений по записи сильных движений в режиме квазиреального времени [3].

Созданная система мониторинга позволяет обнаруживать и регистрировать как слабые, так и сильные сейсмические события, а интеграция этой системы в Федеральную сеть сейсмологических наблюдений развивает уже существующую сеть мониторинга на Южных Курилах, в том числе и в решении задач по предупреждению о цунами.

ЛИТЕРАТУРА

1. О внесении изменений в федеральную целевую программу «Социально-экономическое развитие Курильских островов (Сахалинская область) на 2016–2025 годы»: Постановление Правительства Российской Федерации от 12.10.2017 г. № 1236 // Собрание законодательства РФ. 2017. № 43 (23 окт.). С. 18474–18509 (ст. 6319).
2. Костылев Д.В. Формирование единой системы сбора сейсмологической информации в Сахалинском филиале ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. 2021. Т. 3, № 1. С. 41–53.
3. Дрознин Д.В., Чебров Д.В., Дрознина С.Я., Ототюк Д.А. 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.

УДК 550.34.03

**ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА РАЙОНА СОЛНЦЕВСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА
(О. САХАЛИН)****Д.В. Костылев^{1,2}**¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*² *Сахалинский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск, Россия**E-mail: d.kostylev@imgg.ru*

Во многих исследованиях [1, 2] доказано существование наведенной сейсмичности около горнодобывающих предприятий. Эпицентральная зона Углегорского землетрясения 13 сентября 2020 г. с $M_w = 4.8$ ($I_0 = 5$) и последовавших афтершоков располагалась в районе активной добычи угля на Солнцевском угольном разрезе (СУР), что не исключает связи сейсмического процесса с техногенной сейсмичностью [3]. В 2021 г. начаты работы в рамках выполнения решения протокола Сахалинского филиала Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска от 6 октября 2020 г. о проведении детального мониторинга в эпицентальной зоне землетрясения.

Новые пункты сейсмического мониторинга установлены непосредственно в районе разреза. Обеспечена интеграция данных, поступающих с пунктов, в режиме реального времени в единую систему сейсмического мониторинга в Сахалинской области. Приведены результаты регистрации сейсмических событий различного происхождения с момента ввода станций в эксплуатацию. Отмечено значительное повышение точности определяемых эпицентров и возможностей детерминирования землетрясений и промышленных взрывов. На основании полученных данных выполнена оценка регистрационных возможностей созданной сети мониторинга.

Дополнительно проведено доукомплектование сейсмической станции «Углегорск» молекулярно-электронным гидрофоном, позволяющим проводить спектральный анализ сейсмического шума до частоты 125 Гц [4], и оборудованием для регистрации изменения уровня подпочвенного радона с целью оценки возможных изменений структуры трещинно-порового пространства, в том числе и при прохождении фронта ударной волны от промышленных взрывов [5].

Созданная система мониторинга позволяет вести представительную регистрацию сейсмических событий с $M_L \geq 0.8$ в непосредственной близости к угольным разрезам, что дает возможность с повышенной точностью контролировать проводимые взрывные работы, а также слабую и возможную наведенную сейсмичность, сформировавшуюся вследствие постоянного техногенного воздействия на недра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенная сейсмичность – индуцированная и триггерная. М.: ИДГ РАН, 2015. 364 с.
2. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В. и др. Сейсмический эффект промышленных взрывов в Западной Сибири и наведенная сейсмичность // Вопросы инженерной сейсмологии. 2018. Т. 45, № 4. С. 5–24.
3. Семенова Е.П., Богинская Н.В., Костылев Д.В. Углегорское землетрясение 13 сентября 2020 года (о. Сахалин): предпосылки возникновения и результаты наблюдений в эпицентальной зоне // Геосистемы переходных зон. 2020. Т. 4, № 4. С. 474–485.
4. Костылев Д.В., Богинская Н.В. Сейсмоакустические наблюдения с применением молекулярно-электронных гидрофонов на Сахалине и южных Курильских островах (о. Кунашир) // Геосистемы переходных зон. 2020. Т. 4, № 4. С. 486–499.
5. Козлова И.А., Парыгин Г.И., Юрков А.К. Изменение объемной активности почвенного радона в верхней части геологического разреза при проведении промышленных карьерных взрывов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2015. № 7. С. 110–115.

УДК 551.501.42

**ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ АЭРОЗОЛЬНОГО НАПОЛНЕНИЯ
И ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА СТРАТОСФЕРЫ НАД ТОМСКОМ
НА БАЗЕ ЛИДАРНОГО МОНИТОРИНГА**

В.Н. Маричев, Д.А. Бочковский

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия
E-mail: marichev@iao.ru

Одним из важных применений лидарных методов является изучение аэрозольного состава и термического режима стратосферы. Такие исследования в режиме мониторинга были начаты в Институте оптики атмосферы с 1986 г. (аэрозоль), 1994 г. (температура) и продолжают до настоящего времени. Особое внимание уделяется изучению аномалий аэрозольной компоненты стратосферы, вызванных вулканическими извержениями, образованием стратосферных, пирокумулятивных и серебристых облаков, усилением тропосферно-стратосферного обмена и неожиданных температурных возмущений, связанных с зимними стратосферными потеплениями [1–6]. В данной работе представлены результаты исследований внутри- и межгодовой изменчивости содержания стратосферного аэрозоля и его вертикальной стратификации, а также вертикального распределения температуры в стратосфере над Томском за последние годы.

Проведение экспериментов и набор данных по зондированию стратосферы выполнены в рамках государственного задания ИОА СО РАН, а обработка и анализ результатов измерений – при финансовой поддержке РФФИ (проект р_а № 19-45-700008).

ЛИТЕРАТУРА

1. Маричев В.Н. Анализ поведения плотности воздуха и температуры в стратосфере над Томском в периоды ее возмущенного и спокойного состояний, выполненный по результатам лидарных измерений // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26, № 09. С. 783–792.
2. Маричев В.Н. Исследование особенностей проявления зимних стратосферных потеплений над Томском по данным лидарных измерений температуры в 2010–2011 гг. // Оптика атмосферы и океана. 2011. Т. 24, № 12. С. 1041–1046.
3. Маричев В.Н., Бочковский Д.А. Результаты исследования внутригодовой изменчивости наполнения стратосферы фоновым аэрозолем над Томском по данным лидарных измерений в 2011–2015 гг. // Оптика атмосферы и океана. 2017. Т. 30, № 07. С. 605–615. DOI: 10.15372/AOO20170709
4. Николашкин С.В., Титов С.В., Маричев В.Н., Бычков В.В., Куркин В.И., Черниговская М.А., Непомнящий Ю.А. Лидарные исследования поведения внезапных зимних стратосферных потеплений на территории Сибири и Дальнего Востока // Наука и образование. 2013. Т. 69, № 1. С. 10–17.
5. Черемисин А.А., Маричев В.Н., Новиков П.В. Лидарные наблюдения за содержанием вулканического аэрозоля в атмосфере над Томском // Метеорология и гидрология. 2011. № 9. С. 46–56.
6. Черемисин А.А., Маричев В.Н., Новиков П.В. Перенос полярных стратосферных облаков из Арктики к Томску в январе 2010 г. // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26, № 02. С. 93–99.

УДК 550.8.04

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ, ОПЫТ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

С.Ж. Орунбаев^{1,2}, Ш.Э. Усупаев¹, А. Шаршебаев¹,
Т. Алтынбек уулу¹, А.В. Зубович¹, Б.Д. Молдобеков¹

¹Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли, г. Бишкек, Кыргызская Республика

²Американский университет Центральной Азии, г. Бишкек, Кыргызская Республика

E-mail: orunbaev_s@auca.kg

В горных условиях мы должны быть особенно подготовлены к землетрясениям. Очень часто жертвы бывают из-за того, что люди не готовы и теряются в экстремальных условиях. Сегодня в мире делается большой шаг к профилактике и безопасности. Запуск комплексной системы оповещения в стране требует тщательно изучить грунтовые условия. Ведь скорость сейсмических волн, распространяемых на поверхностном грунтовом слое, значительно меньше, чем в скальных грунтах. А если скорость сдвиговых волн (V_s) в каком-нибудь районе оказывается в интервале 175–250 м/с, то речь идет и вовсе о разжиженных грунтах.

Очевидна необходимость учета грунтовых условий при разработке системы раннего оповещения о сильных землетрясениях в условиях редкой сети сейсмических станций. Система раннего оповещения включает задачи в трех направлениях: 1) оперативная автоматическая генерация карт изосейст после события, 2) создание акселерометров с возможностью отправки данных на центральный сервер, 3) последующий расчет ожидаемой интенсивности колебаний и времени ожидания события; непрерывно рассчитывается спектр колебаний по вертикальной компоненте и подается сигнал при поступлении волны с периодом больше 2 с и величиной ускорений определенной величины.

К настоящему времени системы раннего оповещения о возникновении сильного землетрясения эффективно используются в Японии, Тайване, Мексике, США, тестируются в Греции, Румынии, Турции (в рамках проекта REAKT). В Центральной Азии, в частности в Кыргызстане, была начата разработка пилотного прототипа системы оповещения на основе SOSEWIN (On-site) и ACROSS (regional) совместно с коллегами из GFZ [развернуть](#), и в данный момент идет тестирование. Алгоритмы работы подобных систем детально описаны в работах сейсмологов США, Японии и Италии [1].

Полученные данные дают возможность реализовать систему оповещения о сильных землетрясениях в различных решениях:

- Оповещение о приходе колебаний на защищаемую территорию с указанием ожидаемой интенсивности в баллах по шкале EMS-98 и времени начала сейсмических воздействий.
- Оповещение о возникновении землетрясения с большой магнитудой ($M > 5$).
- Оперативная генерация карт изосейст после прихода сейсмических волн от сильных землетрясений.
- Реализация алгоритмов P-alert, ElarmS или Virtual Seismologist возможна при применении протокола передачи данных GDI, разработанному в компании Guralp, который, по заявлению разработчиков, в 25 раз быстрее протокола SeedLink [2]. В этом случае необходимо использование отдельных сейсмических станций со своими каналами передачи данных.

Исследования выполнены при поддержке проекта ACROSS.

ЛИТЕРАТУРА

1. Allen R.M., Gasparini P., Kamigaichi O., Böse M. The status of earthquake early warning around the world: an introductory overview // Seismological Research Letters. September/October 2009. Vol. 80, No. 5. P. 682–693. doi:10.1785/gssrl.80.5.682
2. Guralp Support: Release Notes for dig – Guralp Systems – Mode of access: <https://guralp.net/documents/MAN-FOR-0002.pdf>

УДК 622.833.5:550.34

ДИАГНОСТИКА ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ В РАЙОНЕ Г. КАТАВ-ИВАНОВСК**А.А. Панжин***Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: panzhin@igduran.ru*

Сейсмичность Уральского региона характеризуется большим количеством мелкофокусных событий с магнитудой 2–3. В сентябре 2018 г. на Южном Урале произошла серия землетрясений с магнитудами 4.2–4.5. Эпицентр землетрясений находился в 7 км северо-западнее города Катав-Ивановск на глубине 10 км.

Ранее геодинамические исследования на Урале проводились в основном геофизическими методами, постоянные деформационные измерения ведутся на единственной IGS станции ARTU. Исследования геодинамики Северного и Среднего Урала по данным GPS были выполнены под руководством В.И. Уткина (ИГФ УрО РАН) в 2009–2010 г. При переопределении координат пунктов геодезических сетей было установлено изменение напряженно-деформированного состояния (НДС) массива.

В дальнейшем мониторинг НДС не был организован и исследования не проводились. Однако в Институте горного дела велись исследования региональной геодинамики с использованием исходных данных постоянно действующих GNSS станций Урала. Производилось вычисление их координат от пунктов IGS, определение скоростей в системе ITRF-2014, построение полей сдвижений и деформаций по разностям скоростей.

В связи с произошедшим в сентябре 2018 г. землетрясением, был проведен эксперимент, в котором было задействовано 9 постоянно действующих GNSS станций Южного Урала. Размеры района исследований составили 280 × 250 км.

Была сделана выборка исходных данных за период с 15.08.2018 по 15.10.2018, для фиксации движений и деформаций до и после землетрясения.

Программа эксперимента включала:

- определение абсолютных координат и их изменения по осям координат ежесуточно в течение 61 суток, путем привязки их от 10–12 исходных пунктов IGS в системе INRF-2014;
- обработку и уравнивание GNSS сети, для исследования трендовых движений.

В результате были определены:

- суточные амплитуды изменений координат по трем осям координат, амплитудная и трендовая составляющие до землетрясения, между сериями землетрясений и после них;
- горизонтальные сдвижения и деформации массива горных пород в районе в виде перемещений на восток с амплитудами 7–10 мм.
- зафиксированы вертикальные сдвижения, которые проявляются в виде равномерного наклона: поднятия в юго-западной части, оседания на северо-востоке.
- отмечены деформации растяжения в юго-западной и западной частях участка под азимутами 135° и 45°, в восточной части преобладают сжимающие деформации.

Также построены азимут-диаграммы сдвижений по всем возможным ΔX , ΔY , ΔH , 2D, 3D между пунктами GNSS сети. Установлено и соответствие, и несоответствие по основным направлениям преобладающих ориентировок разломов в Уральском регионе по С.Н. Тагильцеву (УГГУ).

Сделаны выводы о необходимости расширения GNSS сети до 25–30 пунктов за счет включения дополнительных станций по внешнему контуру.

УДК 550.3:550.34

**ВОЗМУЩЕНИЯ, ВЫЗВАННЫЕ ПОДЗЕМНЫМ ЯДЕРНЫМ ИСПЫТАНИЕМ
3 СЕНТЯБРЯ 2017 ГОДА В СЕВЕРНОЙ КОРЕЕ****Н.П. Перевалова¹, А.А. Добрынина^{2,3}, Н.В. Шестаков^{4,5}, М. Guojie⁶, W. Wu⁷**¹ *Институт солнечно-земной физики СО РАН (ИСЗФ СО РАН), г. Иркутск, Россия*² *Институт земной коры СО РАН (ИЗК СО РАН), г. Иркутск, Россия*³ *Геологический институт СО РАН (ГИН СО РАН), г. Улан-Удэ, Россия*⁴ *Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток, Россия*⁵ *Институт прикладной математики ДВО РАН (ИПМ ДВО РАН), Владивосток, Россия*⁶ *Institute of Earthquake Forecasting, China Earthquake Administration, China*⁷ *College of Surveying and Geo-Informatics Engineering, Tongji University, China**E-mail: pereval@iszf.irk.ru*

По данным сетей сейсмических станций и наземных приемников GPS/ГЛОНАСС проведено исследование литосферных и ионосферных возмущений, вызванных подземным ядерным испытанием (взрывом), проведенным в Северной Корее 3 сентября 2017 г. (03:30 UTC, 41.34° N, 129.03° E, магнитуда Mb 6.3).

Проанализирован частотный состав продольных и поверхностных волн, записанных на более чем 40 сейсмических станциях. Частотный состав продольных волн показал преобладание в спектре низких частот $\sim 0.45 \pm 0.21$ Гц; почти для половины станций (24) наблюдался второй пик на частотах 1.24 ± 0.39 Гц; для 6 станций проявлен третий пик в диапазоне частот 2.37 ± 0.11 Гц. Излучение поверхностных волн Рэлея происходило в достаточно широком диапазоне: от 0.03 до 0.67 Гц. Для обоих типов волн наблюдалось убывание частот с расстоянием по степенному закону.

Анализ пространственного распределения пиковых частот выявил две тенденции. Основная связана с расположением низкочастотных пунктов на периферии рассматриваемой области: для области континентального массива характерны высокие и средние значения частот (0.14–0.50 Гц), а для областей, примыкающих к окраинным морям (зона переходной литосферы между океанической и континентальной корой), наблюдаются низкие частоты поверхностных волн (от 0.13 Гц и ниже). Вторая тенденция связана с неравномерным изменением частоты в разных азимутах относительно эпицентра взрыва: частоты продольных и поверхностных волн быстро спадают в восточном, юго-восточном и юго-западном направлениях от эпицентра; в направлении внутренних частей континентального массива изменение частоты происходит существенно медленнее.

По записям продольных волн, зарегистрированных на расстояниях 344–500 км и в дальней зоне (>900 км), получены размер области очага – радиус 1.06 км, включающий в себя область оседания размерами $800 \times 800 \times 300$ м; по удаленным станциям – радиус (2.97 км) и площадь (8.87 км^2) области максимальных деформаций, соответствующие области максимальных деформаций $\sim 9 \text{ км}^2$.

На основе анализа данных приемных станций GPS/ГЛОНАСС, расположенных вблизи Корейского полуострова, выявлены ионосферные возмущения, с большой вероятностью обусловленные подземным ядерным испытанием. Возмущения в ионосфере начали регистрироваться через ~ 8 мин после взрыва и наблюдались более 3 ч. При этом в первые 1.5–2 ч после взрыва регистрировались перемещающиеся ионосферные возмущения (ПИВ), распространявшиеся от эпицентра со скоростями 400–1200 и 150–390 м/с. ПИВ имели периоды 1–9 мин и могли быть связаны с акустическими волнами, вызванными подземным ядерным испытанием в атмосфере Земли. После прохождения ПИВ над местом взрыва наблюдалась долгоживущая (до 2.5–4 ч) область малоподвижных возмущений ионосферной плазмы, скорость которых была менее 100 м/с. Данная скорость характеризует не столько перемещение возмущения, сколько время пересечения лучом «приемник-спутник» этого возмущения. Причина формирования данной области требует дальнейшего исследования и моделирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России и РФФИ (грант № 20-05-00509а).

УДК 519.63+519.612

ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ МОРСКОЙ АКУСТИКИ: ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ**М.А. Шишленин^{1,3}, С.И. Кабанихин^{1,2}**¹ Новосибирский государственный университет, Россия² Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

E-mail: mshishlenin@ngs.ru

В докладе будут представлены несколько постановок обратных и некорректно поставленных задач, возникающих в морской акустике [1, 2].

Одной из практически важных задач является определение источников акустических волн имеют огромное практическое приложение в морской акустике, геофизике, нефтяной инженерии [3, 4].

Задача определения источника формулируется как обратная задача [3]. Для ее численного решения применяется градиентный метод минимизации целевого функционала [3, 4] и метод дискретизации [6]. На каждом этапе градиентного метода решается прямая и сопряженная задача. Получена формула градиента через решение сопряженной задачи. Метод дискретизации позволяет свести обратную задачу к решению системы линейных алгебраических уравнений большой размерности. Проведен сравнительный анализ численных методов.

Представлены несколько подходов для моделирования диаграмм направленности источников волновых процессов в динамических задачах [6].

Разработан метод вычисления градиента функционала, позволяющий уменьшить требование к памяти в два раза [7].

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ 19-11-00154.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kabanikhin S.I., Gasimov Y.S., Nurseitov D.B., Kasenov S., Shishlenin M.A., Sholpanbaev B.B. Regularization of the continuation problem for elliptic equations // *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*. 2013. Т. 21. № 6. Pp. 871–884.
2. Kabanikhin S.I., Shishlenin M.A. Regularization of the decision prolongation problem for parabolic and elliptic equations from border part // *Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications*. 2014. Т. 2. № 2. Pp. 81–91.
3. Kabanikhin S.I., Nurseitov D., Shishlenin M.A., Sholpanbaev B.B. Inverse Problems for the Ground Penetrating Radar // *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*. 2013. Vol. 21, No. 6. Pp. 885–892.
4. Kabanikhin S.I., Krivorotko O.I., Shishlenin M.A. A numerical method for solving an inverse thermoacoustic problem // *Numerical Analysis and Applications*. 2013. Т. 6. № 1. Pp. 34–39.
5. Kabanikhin S.I., Shishlenin M.A., Nurseitov D.B., Nursetova A.T., Kasenov S.E. Comparative analysis of methods for regularizing an initial boundary value problem for the Helmholtz equation // *Journal of Applied Mathematics*. 2014. Vol. 2014, 7 pages.
6. Шишленин М.А. Матричный метод в задачах определения источников колебаний // *Сиб. электрон. матем. изв.* 11 (2014), 161–171.
7. Kabanikhin S.I., Klyuchinskiy D.V., Novikov N.S., Shishlenin M.A. On the problem of modeling the acoustic radiation pattern of source for the 2D first-order system of hyperbolic equations // *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, 1715(1), 012038.
8. Klyuchinskiy D.V., Novikov N.S., Shishlenin M.A. CPU-time and RAM memory optimization for solving dynamic inverse problems using gradient-based approach // *Journal of Computational Physics*, 2021, 439, 110374.

УДК 551.46

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОМПОНЕНТЫ ВОЛНЕНИЯ В ЗАЛИВЕ ТЕРПЕНИЯ (О. САХАЛИН)

А.С. Борисов, К.В. Кириллов

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

К числу основных характеристик описания морского волнения относятся значимые высоты волн, средний период волнения, периоды волн с максимальной энергией. Знание этих характеристик необходимо в различных сферах деятельности человека, связанных с описанием волновых режимов [1], судоходством и гидротехническим строительством [2] и даже анализом сейсмических колебаний [3].

В работе представлены результаты анализа амплитуд и периодов максимальных энергетических компонент в спектре морского волнения в зал. Терпения. Расчеты проводились по записям регистраторов давления, установленных с 22 мая по 6 октября 2010 г. в районе пос. Взморье на глубинах 3 и 17 м и на расстояниях приблизительно 500 и 700 м от береговой линии. За этот период наблюдались как относительно спокойное состояние моря с высотой волны около 0.3 м, так и умеренные и сильные штормы с высотами волн до 7 м. Все время наблюдений преобладали максимумы на периодах ветрового волнения 5 с, а иногда в спокойную погоду выделялись максимальные составляющие на периодах зыби в окрестности 15 с. При этом максимальные значения энергетических компонент на периодах ветрового волнения достигали значений 0.26 см·с, а на периодах зыби не превышали 0.07 см·с за все время наблюдений. Здесь следует отметить, что энергетический спектр волнения имеет несколько устойчивых пиков в диапазоне периодов волн зыби – на периодах 13, 14, 15 и 17 с, что также отмечается в работе [4], в которой авторы, проводя анализ натурных данных, записанных в августе–сентябре 2000 г. в районе мыса Острый, также наблюдают разделение волн зыби на близких частотах.

В работе также выполнен анализ максимальных энергетических компонент в диапазоне инфрагравитационных (ИГ) волн. Выделены максимальные компоненты на периодах приблизительно 75 и 135 с, причем энергия этих компонент возрастает во время штормов или при продолжительном присутствии волн зыби. Наличие колебаний на периодах 75 и 135 с, возможно, обусловлено краевыми ИГ волнами. Так, в работе [5] по измерениям морского волнения в районе пос. Взморье в 2007 г. были выделены ИГ волны на периодах 95 и 170 с и по дисперсионному соотношению для краевых волн Стокса установлено, что они соответствуют модам краевых волн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Borisov A.S., Kirillov K.V. Space-time variability of wave characteristics near the coasts of the Southern Kuril Islands // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2019. Vol. 324. 012019 doi: 10.1088/1755-1315/324/1/012019
2. Ковалев Д.П., Ковалев П.Д., Борисов А.С. Анализ особенностей колебаний пришвартованного судна при волнении // Морские интеллектуальные технологии. 2020. № 2 (48), с. 108–117. doi: 10.37220/MIT.2020.48.2.007
3. Борисов А.С., Ковалев Д.П., Костылев Д.В., Левин Ю.Н. Микросейсмы на севере о. Сахалин, обусловленные морским волнением // Геосистемы переходных зон. 2019. Т. 3, № 2. С. 201–208. doi: 10.30730/2541-8912.2019.3.2.201-208
4. Ковалёв П.Д., Шевченко Г.В., Ковалев Д.П. Исследование динамики прибойных биений у юго-восточного побережья о. Сахалин // Метеорология и гидрология. 2006. № 9. С. 76–87.
5. Ковалев П.Д., Ковалев Д.П. Исследование особенностей генерации инфрагравитационных волн в прибрежной зоне моря // Вестник ДВО РАН. 2013. № 3. С. 60–64.

УДК 551.6:551.466.62(571.63)

РЕКОНСТРУКЦИИ СИЛЬНЫХ ЦУНАМИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ПРИМОРЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ

Л.А. Ганзей¹, Н.Г. Разжигаева¹, Т.А. Гребенникова¹, Т.Р. Макарова¹,
А.О. Горбунов², В.М. Кайстренко², А.А. Харламов³

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

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

³ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

E-mail: lganzev@mail.ru

Проведена реконструкция проявления сильных цунами в историческое время и в позднем голоцене в бухтах Восточного Приморья и о-вах Русский и Шкота. Наиболее древнее событие, оставившее прослой песка, имеет возраст около 3.5 тыс. кал. лет.

На побережье бухт, которые относятся к наиболее цунамиопасным, найдены отложения цунами 1983, 1993 гг. Осадочные покровы хорошо выражены в бухтах, где высота заплеска превышала 3 м. Цунами переносили песок с пляжей, древних штормовых валов, низких морских террас и с подводного берегового склона, а также захватывали материал из приустьевых лагун и береговых озер, которые находились в зоне затопления. Наиболее протяженные покровы образовывались в бухтах с обилием песчаного материала на подводном склоне и развитыми аккумулятивными формами. Осадки включают морские сублиторальные планктонные и бентосные диатомеи, среди которых преобладают виды, свидетельствующие, что материал поступал с глубин не более 15 м. Встречаются также глубоководные виды диатомей. Пресноводные включают виды разной экологической принадлежности, что связано с эрозией разнофациальных отложений [1].

Летопись палеоцунами, восстановленная по геологическим следам, позволяет предположить, что крупные цунами в регионе происходили каждые 200 лет, хотя не исключены ситуации, когда сильные цунами могли проходить чаще. Определены источники поступления материала и оценены параметры цунами в разных бухтах. Анализ распределения отложений палеоцунами показывает, что зоны затопления ненамного превышали горизонтальный заплеск современных цунами.

Изучение двух разрезов отложений палеоозер на островах Русский и Шкота [2] показало, что периодически в водоемы происходил заплеск морской воды, связанный с прохождением сильных штормов или цунами. Помимо морских сублиторальных диатомей в отложениях найдены неритические виды и силикофлагелляты. Определен возраст фаз, когда поступление морской воды происходило более интенсивно. Наличие линз песка с глубоководными видами диатомей в разрезе на о. Русский (бухта Красная) дает основание предположить, что отложения были оставлены палеоцунами ~4920–5000 кал. л.н. Сильная инъекция морской воды была ~4510–4590 кал. л.н. Событие, выделенное около 3510 кал. л.н. имеет аналоги на побережье бухты Триозерье. Наиболее сильный заплеск морской воды связан с цунами 1026 г., очаг которого располагался в юго-восточной части Японского моря, его причиной был крупный подводный оползень [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Арсланов Х.А., Нишимура Ю., Гребенникова Т.А., Горбунов А.О., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Харламов А.А. Проявление палеоцунами на побережье Приморья в голоцене // Геоморфология, 2018. № 2. С. 20–31.
2. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Макарова Т.Р., Корнюшенко Т.В., Кудрявцева Е.П., Ганзей К.С., Судьин В.В., Харламов А.А. Палеоозеро острова Шкота (залив Петра Великого): природный архив изменений климата и ландшафтов // Геосистемы переходных зон. 2020. № 2. С. 230–249.
3. Minoura K., Sugawara D., Yamanoi T., Yamada T. Aftershocks of Subduction-Zone Earthquakes: Potential Tsunami Hazards along the Japan Sea Coast // Tohoku J. Exp. Med. 2015. Vol. 237. P. 91–102.

УДК 550.374:621.314:621.382.2/3

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

С.А. Гуляков

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

Для осуществления геофизических исследований верхних слоев земной коры с помощью электромагнитного воздействия необходим специальный источник, формирующий это воздействие, – геофизический генератор импульсных напряжений. Это прибор, который обязательно входит в состав оборудования для проведения электроразведки. Существенным недостатком такого оборудования является его высокая рыночная стоимость. Летом 2018 г. сотрудники центра коллективного пользования Института морской геологии и геофизики ДВО РАН «Комплексные исследования природных и техногенных систем» разработали аналог такого геофизического генератора. Основным элементом его является коммутатор постоянного напряжения на базе полупроводникового электронного ключа, имеющий в своем составе систему управления электронным ключом для ручной, полуавтоматической и автоматической генерации импульсов напряжения с заранее заданной формой и длительностью.

В октябре 2018 г. в пункте комплексных геофизических наблюдений «Карымшина» (ИКИР ДВО РАН) были проведены первые полевые испытания разработанного генератора – проверено его влияние на регистрирующее геофизическое оборудование, в частности на молекулярный гидрофон. Результатом стала модернизация программной части устройства, что позволило производить более гибкие настройки частоты коммутации импульсов в автоматическом режиме.

В сентябре 2019 г. были продолжены исследования с применением модернизированного источника, но уже в геофизической обсерватории «Михнево» Института динамики геосфер РАН. Эксперименты позволили уточнить рабочие параметры коммутатора путем увеличения числа заземлителей и расстояния между ними.

Испытания продолжились 29 октября 2020 г. в пос. Петропавловское Анивского района на комплексном геофизическом полигоне ИМГиГ ДВО РАН, оснащенном аппаратурой регистрации сейсмического и сейсмоакустического шума (молекулярно-электронный широкополосный сейсмометр СМЕ-6111 и молекулярно-электронный гидрофон), а также многоэлектродной системой заземления. Использование данной аппаратуры совместно с геофизическим генератором импульсов позволило наглядно представить процесс проведения эксперимента и определить периоды воздействия импульсов тока на регистрацию сейсмического шума молекулярно-электронными измерительными приборами пункта наблюдений.

В настоящее время активно ведется работа по повышению энергии импульсов электромагнитного воздействия путем увеличения мощности геофизического генератора, одновременно с этим был разработан и создан усовершенствованный вариант генератора импульсных напряжений с более развитым интерфейсом управления: контролем параметров на LCD-дисплее и настройкой режимов работы при помощи цифровой клавиатуры.

УДК 551.467(265.546)

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВИТОСТИ ТАТАРСКОГО
ПРОЛИВА ОТНОСИТЕЛЬНО КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ 1961–1990 И 1991–2020 ГГ.**

Д.В. Дорофеева¹, В.М. Пищальник¹, В.А. Романюк²

¹ ФГБОУ ВО «СахГУ», г. Южно-Сахалинск, Россия

² ООО «РН-СахалинНИПИморнефть», г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: dariadorofeyeva26@gmail.com

Современное потепление в Северном полушарии охватило не только приземную атмосферу [1, 2], но и проявилось в изменении состояния морского ледяного покрова, как составной части климатической системы [3, 4]. Одним из индикаторов потепления служит сокращение ледовитости, наблюдаемое в акватории дальневосточных морей с конца 1980-х годов. Перспективные участки залежей углеводородного сырья, выявленные в Татарском проливе, а также существующая потребность в транспортировке углеводородов по судоходным трассам в проливе обусловили возникший интерес к изучению ледового режима Японского моря в современную климатическую эпоху.

Авторами исследованы изменения ледовитости Татарского пролива относительно опорной 1961–1990 и современной 1991–2020 гг. климатических норм [5]. Выявлены закономерности многолетней изменчивости ледовитости в пределах непересекающихся 30-летних периодов, выполнен анализ динамики аномалий ледовитости, рассчитанных для каждой нормы в отдельности. Проведена оценка распределения типов зим в исследуемых периодах. Определены характерные особенности вариаций внутрисезонного хода ледовитости и даты наступления ледовых фаз в различные типы зим.

Установлено незначительное снижение средней величины ледовитости с 31 % до 29 %. Наклон линейного тренда ледовитости в современную климатическую норму стремится к нулю. Продолжительность ледового сезона сократилась практически на месяц (с 190 до 163 сут.) [6]. Анализ календаря аномалий ледовитости позволил заключить, что различные типы зим относительно равномерно распределены по исследуемым рядам, соответствующим разным климатическим нормам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. – ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» Обнинск, 2012. – 194 с.
2. Гудкович З.М., Захаров В.Ф., Аксенов Е.О., Позднышев С.П. Взаимосвязь современных климатических изменений в атмосфере, океане и ледяном покрове // Тр. ААНИИ. 1997. Т. 437. С. 7–17.
3. Крындин А.Н. Сезонные и межгодовые изменения ледовитости и кромки льда на дальневосточных морях в связи с особенностями атмосферной циркуляции // Труды ГОИН. 1964. № 71. С. 5–81
4. Пищальник В.М., Анализ изменений ледового режима в отдельных районах Охотского моря в период потепления / В.М. Пищальник, И.Г. Минервин, В.А. Романюк // Вестник РАН, 2017. – Т. 87. – № 5. – С. 429–440. DOI: 10.7868/S0869587317050024.
5. Руководство по климатологической практике (ВМО-№ 100). Женева. 2011.
6. Якунин Л.П., Ледовые условия/ Л.П. Якунин, В.В. Плотников, А.Г. Петров // Проект «Моря». Гидрология и гидрохимия морей. Том VIII. Японское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеониздат. – 2003. – С. 347–394.

УДК 551.46

ОСОБЕННОСТИ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В БУХТАХ И ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

В.С. Зарочинцев, П.Д. Ковалев, А.А. Шишкин

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

В работе рассмотрены результаты изучения волнения в бухтах Церковная, Димитрова и на восточном побережье о. Шикотан, Малой Курильской гряды по данным натуральных наблюдений за волнением в течение 2015–2018 годов. Целью исследований – анализ волновых процессов на периодах опасных морских явлений таких как тягун и экстремальных сейш в бухтах и прибрежной зоне Курильских островов, представляющие угрозу для маломерных судов, обеспечения безопасности мореплавания и, в частности, якорной стоянки рыболовецких судов [1].

Анализ волновых процессов в диапазоне периодов 30 с – 40 мин. по данным натуральных наблюдений показал наличие в бухтах хорошо выраженных систем собственных колебаний. Основные энергонесущие пики в спектрах расположены на периодах около 3 мин. для бухты Димитрова и 3.8 мин для бухты Церковная, острова Шикотан.

Показано, что добротность [2], характеризующая резонансные свойства бух. Димитрова и бух. Церковная, высокая на периодах около трех минут и более шести, и можно ожидать значительного резонансного усиления амплитуды приходящих на вход бухт волн с периодами близкими к резонансным. Поэтому на этих периодах возможно проявление тягуна в бухтах, который представляет опасность для маломерных судов, стоящих в бухтах во время шторма.

Проведенный расчет периодов сейш в бухтах Димитрова и Церковная показал возможность их генерации с периодами от 1.6 до 9 минут и соответствие периодов сейш с зарегистрированными в спектрах максимумами. Кроме того, в спектрах выделяются максимумы с периодами 18 мин. для бух. Церковная и 17 мин. для бухты Димитрова, что согласуется с данными расчетов для мод Гельмгольца этих бухт.

По рассчитанной диаграмме текущей когерентности наблюдается устойчивый максимум достигающий 0.8 на периоде колебаний около 15 мин., который на спектрах колебаний уровня не выделяется, поскольку его энергия на порядок меньше, чем сейш с нулевой модой, и он как бы сливается с их пиками. Объяснение этому волновому процессу дано после расчета, который показал существование краевой волны с периодом 15.2 мин на восточном побережье о. Шикотан. Это подтверждается и рассчитанной диаграммой текущей фазы.

Спектры колебаний уровня моря показали наличие волновых процессов в диапазоне периодов 30–200 минут. Установлено, что первый из них, с периодом около 35 мин., вызван третьей модой шельфовой сейши, а другие относятся к краевым волнам [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Borisov A.S., Kirillov K.V. Space-time variability of wave characteristics near the coasts of the Southern Kuril Islands // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. Vol. 324. 012019. DOI:10.1088/1755-1315/324/1/012019
2. Рабинович А.Б. Длинные гравитационные волны в океане: захват, резонанс, излучение. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 325 с.

УДК 551.577

АНАЛИЗ И УТОЧНЕНИЕ ОПЕРАТИВНОГО КАТАЛОГА ЦЕНТРА ЦУНАМИ ЗА ПЕРИОД 2000–2020 ГОДЫ

Т.Н. Ивельская

ФГБУ «Сахалинское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Россия
E-mail: ivelskaya@mail.ru

Гидрофизическая подсистема цунами (наряду с сейсмической подсистемой и подсистемой связи) существует с момента организации в Сахалинской области (1958 г.) службы предупреждения о цунами и относится к компетенции Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Подсистема включает в себя сеть морских гидрометеорологических станций и постов на Сахалине и Курильских островах, средства связи и регистрации цунами, круглосуточную службу сбора, обработки информации и принятия соответствующих решений в г. Южно-Сахалинске (Центр цунами) [1, 5].

В повседневном режиме работы подсистема решает текущие задачи по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, входящие в нее подразделения, руководствуются действующим законодательством, ведомственными нормативными документами, приказами и распоряжениями руководства Росгидромета и начальника Сахалинского УГМС. В режиме повышенной готовности (при регистрации сильного землетрясения или обнаружении необычных колебаний уровня моря) подсистема переклещается на цунами, а входящие в нее подразделения руководствуются соответствующими Порядками работ при ЧС [1].

В настоящей работе описываются основные задачи и функции Службы предупреждения о цунами. Выполнены анализ тревог цунами, выпущенных Сахалинским филиалом ФГБУН Геофизической Службы и Центром цунами ФГБУ «Сахалинское Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» и уточнение оперативного каталога Сахалинского Центра цунами за период 2000–2020 гг. Определены заблаговременность предупреждения, продолжительность тревожного режима, эффективность действий Сахалинской Службой предупреждения о цунами [3–5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ivetskaya T. The analysis of activity of a Sakhalin Tsunami Warning Service for the period of its existence (1958-1999) and actions of the Tsunami Centre in case of tsunami threat // IOC-IUGG Joint International Workshop on Tsunami Warning Beyond 2000 Theory, Practice and Plans; Seoul, Republic of Korea, 30 September – 2 October: Abstracts. P. 3
2. Ivetskaya T.N., Dushenko P.V., Shevchenko G.V., Kovalev P.D. The using of information about sea level in tsunami warning service//IUGG XXIII General Assembly Tsunami Symposium on JSS07 “Tsunamis: Their Science, Engineering and Hazard Mitigation: Abstracts, 9 July - 10 July, 2003-Sapporo, Japan.
3. Ивельская Т.Н., Шевченко Г.В. Об учете особенностей проявления Чилийского цунами (май 1960) в северо-западной части Тихого океана при оценке риска воздействия на прибрежные объекты // Материалы XII Совещания географов ДВО РАН, 2004. стр.174.
4. Ивельская Т.Н., Поплавский А.А., Спирин А.И., Золотухин Д.Е. Симуширские цунами 2006 и 2007 гг.: проявления на Курильских островах и акватории Тихого океана // Проблемы комплексного геофизического мониторинга дальнего Востока России: Первая региональная научно-техническая конференция, 11–17 ноября 2007 года, Петропавловск-Камчатский, тезисы докладов. С. 40.
5. Ивельская Т.Н., Шевченко Г.В., Храмушин В.Н. Российская Служба предупреждения о цунами – история и современное состояние // История наук о Земле. 2012. Т. 5, № 1. – С. 5 – 20.

УДК 550.344.42

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ О ПАЛЕОЦУНАМИ ДЛЯ ОЦЕНОК ЦУНАМИОПАСНОСТИ

В.М. Кайстренко

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

Сильные цунами представляют собой серьезнейшую опасность на значительной части побережья Дальнего Востока России. Однако цунами опасного масштаба происходят достаточно редко, и нехватка натурального материала об исторических событиях, зафиксированных в каталогах начиная с 1737 г., создает существенные трудности при создании вероятностных моделей проявлений цунами, которые являются базой для количественных оценок цунамиопасности [1]. В то же время сильные цунами часто оставляют следы в виде прослоев пляжного материала, отложенного цунами в прибрежных торфяниках, и эти дополнительные данные позволяют надеяться на существенный прогресс в вероятностном описании проявлений цунами [2, 3, 4, 5]. В настоящее время выявились проблемные стороны в использовании палеоданных, одна из которых – лишь частичная сохранность отложений цунами [6, 7]. На основе обзора результатов исследований изменчивости и сохранности отложений цунами построена модель для количественного учета сохранности отложений палеоцунами. В итоге удалось продвинуться в развитии методов оценки повторяемости цунами с использованием данных о палеоцунами. Модель протестирована на материалах о палеоцунами на побережье в районе Халактырки (поселка в составе г. Петропавловск-Камчатский), полученных ранее, для четырех временных интервалов, задаваемых четко прослеживаемыми в разрезах отложениями маркирующих пеплов извержений вулканов Ксудач в 1907 г., Авачинский в 1855 и в 1779 гг., Опала в 606 г. Методом максимального правдоподобия [8] получены оценки количества цунамигенных горизонтов для указанных временных интервалов. Проанализированы ограничения построенной модели, связанные с заложенными в нее с условиями.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН «Мониторинг и моделирование океанологических процессов, прогноз катастрофических явлений на шельфе и в прибрежной зоне», № 121021000268-9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kaistrenko V. Tsunami recurrence function: Structure, methods of creation, and application for tsunami hazard estimates // *Pure Appl. Geophys.* 2014. Vol. 171. P. 3527–3538.
2. Minoura K., Nakaya S. Traces of tsunami preserved in inter-tidal lacustrine and marsh deposits: some examples from northeast Japan // *The Journal of Geology.* 1991. Vol. 99. P. 265–287.
3. Bourgeois J., Pinagina T.K., Ponomareva V., Zaretskaia N. Holocene tsunamis in the southwestern Bering Sea, Russian Far East, and their tectonic implications // *GSA Bulletin.* 2006. Vol. 118, № 3/4. P. 449–463.
4. Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Харламов А.А., Кайстренко В.М., Арсланов Х.А., Горбунов А.О. Проявление палеоцунами на Малой Курильской гряде в голоцене // *Тихоокеанская геология.* 2012. Т. 31, № 6. С. 48–56.
5. Пинегина Т.К., Разжигаяева Н.Г. Исследования палеоцунами на дальневосточном побережье России // *Мировой океан.* Т. I. Геология и тектоника океана. Катастрофические явления в океане. М.: Науч. мир, 2013. С. 488–498.
6. Szczucin'ski W. The post-depositional changes of the onshore 2004 tsunami deposits on the Andaman Sea coast of Thailand // *Nat Hazards.* 2012. Vol. 60. P. 115–133.
7. Spiske M., Piepenbreier J., Benavente C., Bahlburg H. Preservation potential of tsunami deposits on arid siliciclastic coasts // *Earth-Science Reviews.* 2013. Vol. 126. P. 58–73.
8. Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975. 648 с.

УДК 532.59

**ПРОТОТИП ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ
ОНЛАЙН СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ДЛИННЫХ
КОРОТКОПЕРИОДНЫХ ВНУТРЕННИХ ВОЛН В ОХОТСКОМ МОРЕ**

М.В. Кокоулина, О.Е. Куркина, А.А. Куркин

*Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия
E-mail: kokoulinamaria97@gmail.com*

Внутренние волны наблюдаются во всех акваториях Мирового океана. Наиболее полное представление об их параметрах дают контактные измерения, однако это достаточно трудоемкий и экономически затратный процесс, поэтому данных ограниченное количество. Но благодаря развитию наблюдательных сетей в океане появилось большое количество гидрологических данных в открытых источниках, что позволяет проводить исследование и анализ с помощью математического моделирования. Доступность атласов, содержащих гидрологические данные (массивы усредненных и сглаженных данных натуральных измерений температуры, солености и других гидрологических параметров) Мирового океана, позволяет проводить анализ, который может дать общее представление об экзогенных параметрах внутренних волн в различных акваториях.

Мы начали разработку и предлагаем прототип океанографической геоинформационной онлайн-системы, которая позволит провести анализ дисперсионных зависимостей, модового состава, фазовой и групповой скорости внутренних волн. В качестве основного источника данных был выбран международный климатологический атлас World Ocean Atlas 2018; для обеспечения высокой скорости доступа к данным исходный файл с усредненными данными температуры и солености был преобразован в бинарный формат, шаг по сетке был выбран 1 градус. Реализованы алгоритмы расчета дисперсионных, кинематических, нелинейных характеристик внутренних волн, и проведен расчет на примере участка акватории Охотского моря, который включает в себя 82 точки. Для удобного доступа и хранения данных было решено создать океанографическую интерактивную систему, которая представляет собой карту мира, на которой с пространственным шагом в 1 градус доступны полученные данные расчетов характеристик внутренних волн. При реализации была использована интерактивная карта Google Maps (URL: <https://www.google.com/maps>). Данный сервис представляет собой карту Земли и ее спутниковые снимки. Он прост в использовании, пользователь может сам ставить метки и добавлять туда необходимую информацию в виде фотографий и текста, кроме того, готовую карту можно легко импортировать в свой проект.

Разрабатываемая система значительно упростит процесс исследования такого явления, как внутренние волны. Результаты расчетов могут использоваться для предварительных оценок возможных нелинейных волновых режимов, инициализации расчетов по глобальным негидростатическим моделям, при планировании и проведении океанотехнических инженерных расчетов.

Представленные результаты получены при поддержке гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ РФ НШ-2485.2020.5 и стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам (СП-692.2021.5).

УДК 550.344.42+551.466.62

ОПЕРАТИВНЫЙ ПРОГНОЗ ЦУНАМИ

Ю.П. Королев

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

Проблема оперативного прогноза цунами состоит в том, чтобы давать адекватный, заблаговременный, дифференцированный по участкам побережья прогноз времен прихода первой и максимальной волн цунами в заданный пункт и их амплитуд. Прогноз должен обеспечивать своевременную эвакуацию населения в тех пунктах, в которых цунами представляет реальную угрозу [1, 2].

Представлен обзор современных способов прогноза цунами, основанных на использовании данных о цунами глубоководных станций системы DART [3]. Оперативный прогноз цунами [4–7] в настоящее время выполняется для северо-западного побережья США, побережья Аляски и Алеутских островов.

В силу ряда причин этот способ неприменим для прогноза цунами на Курилах.

Представлен подробный вывод способа (экспресс-метода) оперативного прогноза цунами. Метод заключается в построении передаточной функции, с помощью которой по данным о цунами в открытом океане возможен заблаговременный расчет формы ожидаемого цунами в любой заданной точке в океане или вблизи побережья.

Для выполнения прогноза требуется сейсмологическая информация только о времени начала и координатах эпицентра землетрясения и информация о цунами, получаемая от одной, ближайшей к очагу, станции DART.

Применение технологии быстрого счета и методики вложенных сеток позволит осуществлять прогноз цунами сразу после получения информации о прохождении цунами через ближайшую к очагу станцию DART.

Экспресс-метод может применяться для прогноза цунами в тех областях, для которых описанные выше способы неприменимы.

Исследования выполнены в рамках госзадания ИМГиГ ДВО РАН (№ 121021000268-9, «Мониторинг и моделирование океанологических процессов, прогноз катастрофических явлений на шельфе и в прибрежной зоне»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Korolev Yu.P. An approximate method of short-term tsunami forecast and the hindcasting of some recent events // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2011. Vol. 11. P. 3081–3091.
2. Intergovernmental Oceanographic Commission. 3rd ed. Tsunami Glossary. Paris, UNESCO. 2016. IOC Technical Series, 85. (IOC/2008/TS/85 rev.2). URL: http://legacy.ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=10442 (accessed 28.06.2021).
3. NOAA Center for Tsunami Research: DART. URL: <http://nctr.pmel.noaa.gov/Dart> (accessed 28.06.2021).
4. Satake K. Inversion of tsunami waveforms for the estimation of a fault heterogeneity: method and numerical experiments // J. Phys. Earth. 1987. Vol. 35. P. 241–254.
5. Gonzalez F.I., Titov V.V., Avdeev A.V., Bezhaev A.Yu., Lavrentiev M.M., Jr., Marchuk An.G. Real-time tsunami forecasting: Challenges and solutions. In: Proceedings of the International Conference on Mathematical Methods in Geophysics–2003. Novosibirsk, Russia. ICM&MG Publ., 2003. P. 225–228.
6. Wei Y., Cheung K.F., Curtis G.D., McCreery Ch.S. Inverse algorithm for tsunami forecasts // J. Waterway, Ports, Coastal and Ocean Engineering. ASCE. 2003. Vol. 129 (2). P. 60–69.
7. NOAA Center for Tsunami Research: Tsunami Forecasting. URL: <https://nctr.pmel.noaa.gov/tsunami-forecast.html> (accessed 28.06.2021).

УДК 550.344.42+551.466.62

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ПРОГНОЗ НЕДАВНИХ ЦУНАМИ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

П.Ю. Королев¹, Ю.П. Королев¹, А.В. Лоскутов^{1,2}

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

² Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

E-mail: pasha200482@mail.ru

За последние четыре года в северной части Тихого океана произошло несколько землетрясений, вызвавших наблюдаемые цунами. Землетрясения 23.01.2018 с $M_w = 7.9$ вблизи п-ова Аляска (юго-восточнее о. Кодьяк), 25.03.2020 с $M_w = 7.5$ вблизи центральных Курильских островов (восточнее о. Симушир), 22.07.2020 с $M_w = 7.8$ и 19.10.2020 с $M_w = 7.6$ вблизи п-ова Аляска (район островов Шумагина) [1]. Цунами не причинили ущерба, однако являются событиями, данные о которых могут быть использованы для проверки различных моделей возбуждения цунами и эффективности различных методов прогноза.

Для указанных событий выполнено численное моделирование распространения цунами с целью воспроизведения оперативного прогнозирования (ретроспективный анализ) волновых форм на глубоководных станциях DART [2], а также в точках вблизи населенных пунктов. Оперативный прогноз производился экспресс-методом, предложенным в [3]. Экспресс-метод заключается в построении передаточной функции, с помощью которой по данным о цунами в открытом океане возможен расчет формы цунами в любой заданной точке в океане или вблизи побережья.

Для построения передаточной функции применен прямой расчет цунами от источников, построенных по данным USGS [4] с использованием графических ускорителей. Расчет для акватории Тихого океана на разностной сетке с пространственным шагом 0.5 угловой минуты с длительностью процесса 1440 мин (1 сутки) производился примерно за 90 мин машинного времени. Расчет выполнялся в одном потоке на 1 видеокарте [5]. При использовании гибридного кластера с несколькими ускорителями и должной оптимизации алгоритма счета это время можно сократить в десятки раз, и время построения передаточной функции будет сравнимо с временем пробега цунами до станций измерения уровня, данные которых используются для прогноза. Это позволит выполнять прогноз формы цунами в любых точках с заблаговременностью, достаточной для принятия решения об объявлении тревоги цунами в пунктах, в которых цунами представляет реальную опасность.

Результаты расчетов хорошо совпадают с фактическими данными о цунами как в океане, так и вблизи населенных пунктов. Качество прогноза сравнимо с качеством расчетов другими способами [6].

Исследования выполнены в рамках госзадания ИМГиГ ДВО РАН 121021000268-9 «Мониторинг и моделирование океанологических процессов, прогноз катастрофических явлений на шельфе и в прибрежной зоне».

ЛИТЕРАТУРА

1. National Centers for Environmental Information: Search Tsunami Events. URL: <https://www.ngdc.noaa.gov/hazel/view/hazards/tsunami/event-search> (accessed 28.06.2021).
2. NOAA Center for Tsunami Research: DART. URL: <http://nctr.pmel.noaa.gov/Dart> (accessed 28.06.2021).
3. Korolev Yu.P. An approximate method of short-term tsunami forecast and the hindcasting of some recent events // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2011. Vol. 11. P. 3081–3091.
4. U.S. Geological Survey, 2021, Significant Earthquakes archive. URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/significant.php> (accessed 28.06.2021).
5. Nickolls J., Buck I., Garland M., Skadron K. Scalable parallel programming with CUDA // Queue. 2008. Vol. 6, No. 2. P. 40–53.
6. NOAA Center for Tsunami Research: Events. URL: https://nctr.pmel.noaa.gov/database_devel.html (accessed 28.06.2021).

УДК 551.466.8

РЕЖИМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ БАРОКЛИННЫХ ПРИЛИВНЫХ ВОЛН В
УСЛОВИЯХ ШЕЛЬФА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ

А.А. Куркин, О.Е. Куркина, Е.А. Рувинская, П.Д. Кузнецов, М.А. Шохв

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия
E-mail: aakurkin@gmail.com*

Одним из классических и наиболее ярко выраженных механизмов генерации интенсивных внутренних волн является трансформация бароклиновой приливной волны над неровностями дна. В этом смысле дальневосточные моря, богатые разнообразными природными ресурсами – как минеральными, так и биологическими, являются благоприятной средой для осуществления этого сценария. Они стратифицированы (большую часть года имеют выраженную слоистую структуру) по плотности, подвержены воздействию баротропного многокомпонентного прилива, обладают сложной батиметрией. В результате генерируются короткопериодные интенсивные внутренние волны, играющие важную роль в экосистеме стратифицированного морского шельфа. И хотя в нашей стране внутренние волны пока редко учитываются при проектировании гидротехнических конструкций, исследование характерных режимов их генерации является актуальной задачей, имеющей инженерные приложения. Натурные и спутниковые наблюдения свидетельствуют о высокой активности этого вида волн в некоторых областях Охотского и Берингова морей, однако количество таких данных ограничено. Поэтому для исследования режимов трансформации бароклиновых волн в выбранных акваториях необходимо прибегать к численному моделированию.

В шельфовой зоне морей было выбрано несколько вертикальных «разрезов» (в северо-западной части Берингова моря и вблизи о. Сахалин в Охотском море), соответствующих направлению распространения преобладающей компоненты баротропного прилива. Для численного моделирования использовалась полнонелинейная модель, основанная на системе уравнений гидродинамики невязкой несжимаемой стратифицированной жидкости в приближении Буссинеска для вертикальной плоскости. На поверхности моря задавалось приближение «твердой крышки». Граничное условие на дне ставилось как условие непротекания. Правая и левая границы являлись открытыми, на глубоководной границе задавался приливный форсинг. Усредненная топография дна параметризовалась с помощью полиномиальных функций, горизонтально-однородное поле плотности морской воды – в виде суперпозиции экспоненциальных функций, коэффициенты которых были найдены на основе климатологического атласа GDEM для июля либо января. Амплитуды и фазы многокомпонентного прилива (M_2 , S_2 , Q_1 , O_1 , P_1 , K_1) определялись из модели TPXO 8 (A TOPEX/Poseidon Global Tidal Model), основанной на данных спутниковой альтиметрии.

На основании выполненных расчетов выявлены региональные и сезонные особенности трансформации бароклиновых волн и структуры индуцированного ими течения в условиях шельфа Охотского и Берингова морей. Построены временные и пространственные спектры изопикн, находящихся на разных глубинах, проанализированы распределения энергии (в том числе APE), выделены области с «критическим» режимом по критерию Фруда, вычислены придонные и приповерхностные скорости и для них построены распределения вероятности превышения уровня.

Показано, что вблизи о. Сахалин осуществляется классический сценарий образования солибора, значение амплитуды бароклиновой волны в среднем составляет порядка 10 м. В более глубоководной части Берингова моря также наблюдались различные режимы образования солибора, амплитуда которого достигала 40 м.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема № FSWE-2020-0007 «Волновой климат стратифицированного морского шельфа: нелинейные динамические процессы и их влияние на прибрежную зону и гидротехнические сооружения») и при поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам (СП-1225.2019.5).

УДК 519.684.4:550.394.2

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ЦУНАМИ

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

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

² Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³ Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

E-mail: mmlavrentiev@gmail.com

Авторами разработана архитектура специализированного вычислителя, работающего в составе современного персонального компьютера. Его применение позволяет существенно (до одной минуты) сократить время численного решения системы уравнений мелкой воды на сетке 2500×3000 узлов. Ускорение расчетов достигается за счет использования возможностей печатной платы на базе кристалла FPGA (Field Programmable Gates Array). Проведено сравнение с аналитическими решениями (известными для случаев плоского наклонного и параболического дна), а также с результатами расчетов на программном пакете MOST (Method Of Splitting Tsunami – официальный инструмент оценки опасности цунами службами NOAA USA) [1, 2].

Размер сетки лимитируется емкостью оперативной памяти используемых кристаллов FPGA. При шаге сетки около 300 м это соответствует расчетной области 750×900 км, достаточной, по мнению авторов, для быстрой оценки опасности цунами в случае событий ближней зоны. Реализован также подход вложенных сеток для быстрого расчета распространения волн цунами путем численного решения системы уравнений мелкой воды. Численный эксперимент основан на реальной цифровой батиметрии у северо-восточного побережья японского острова Хонсю. Вся расчетная область охватывает географическую область от $140,00^\circ$ до $147,46^\circ$ в.д. и от $34,02^\circ$ до $41,97^\circ$ с.ш. Изменение шага сетки составляет от 276 м до всего 17 м. Использована реалистичная форма начального смещения морской поверхности в очаге цунами.

Численные эксперименты проводились в трех вычислительных областях: В1 (параметры области указаны выше), В2 – вложена в В1 и В3 – вложена в В2. Для численного моделирования используется версия (из литературы) источника цунами для события 11 марта 2011 г. Достигнуты следующие результаты по производительности. Численное моделирование 6000 временных шагов (2160 с) распространения цунами для области В1 из 3000×3200 узлов занимает 36 с обработки. В подобласти В2 (2601×4000 узлов) те же 6000 временных шагов (2160 с) распространения волны занимают 39 с времени обработки. А для моделирования на заключительном этапе с 12 000 временных шагов (2160 с) распространения цунами в подзоне В3 размером 2098×2152 узлов требуется 34 с времени обработки. Таким образом, даже при последовательном вычислении этих трех этапов получение оценок высоты волны вдоль всего рассматриваемого побережья занимает менее 2 минут.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lavrentiev M., Romanenko A., Oblaukhov K., Marchuk An., Lysakov K., Shadrin M. FPGA Based Solution for Fast Tsunami Wave Propagation Modeling // Proc. 27th International Ocean and Polar Engineering Conference, 25–30 June, 2017, San Francisco, California. P. 924–929.
2. Lavrentiev M., Oblaukhov K., Marchuk An., Lysakov K., Shadrin M. Hardware Acceleration of Tsunami Wave Propagation Modeling in the Southern Part of Japan // Appl. Sci. 2020. Vol. 10(12). P. 4159.

УДК 551.46

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛЯ ПРИЗЕМНОГО АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НАД ОХОТСКИМ МОРЕМ И ПРИЛЕГАЮЩИМИ АКВАТОРИЯМИ

Д.М. Ложкин¹, Г.В. Шевченко^{1,2}

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

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

E-mail: dima-lm@rambler.ru

Для Охотского моря и прилегающих к нему акваторий сформированы ряды среднемесячных значений приземного атмосферного давления по спутниковым измерениям продолжительностью в 23 года (1998–2020 гг.). В каждой пространственной ячейке размером около 0.25×0.25 градусов методом наименьших квадратов определены коэффициенты линейного тренда. Такие коэффициенты были рассчитаны для каждого месяца отдельно, для среднегодовых значений, а также для средних значений давления за сезон. Помимо этого были рассчитаны амплитуды и фазы гармоник с периодом от 3 до 11 лет. Также для исследования пространственно-временной изменчивости поля атмосферного давления над Сахалино-Курильским регионом был применен метод естественных ортогональных функций (ЕОФ). Построены пространственные распределения первых двух мод ЕОФ, а также графики их амплитуд.

В осенне-зимний период наблюдается тенденция к небольшому ослаблению Сибирского максимума (до 0.5 гПа за 10 лет) и более значительному ослаблению Алеутской депрессии (до 2.5 гПа за 10 лет). Это приводит к снижению градиента давления между зимними центрами действия атмосферы и, как следствие, ослаблению зимнего муссона, что может являться причиной уменьшения ледовитости Охотского моря.

В летний период зоны влияния 3- и 8-летней гармоник для температуры поверхности Охотского моря [1] и приземного атмосферного давления имеют некие схожие черты, что может свидетельствовать о связи этих двух параметров. 3-летняя гармоника сильно выражена в северо-западной части Охотского моря, в то время как 8-летняя находится в зоне влияния стока р. Амур.

Метод ЕОФ подтвердил устойчивость поля приземного атмосферного давления и выявил некоторую нерегулярность возникновения положительных и отрицательных аномалий. В дальнейшем для получения лучших результатов следует расширить район исследования, чтобы полностью охватить сезонные центры действия атмосферы, а не захватить лишь их часть.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ложкин Д.М., Шевченко Г.В. Циклические вариации температуры поверхности Охотского моря и прилегающих акваторий по спутниковым данным в 1998–2018 гг. // Исследование Земли из космоса. 2020. № 1. С. 44–51.

УДК 551.465.75(265.52)

ШТОРМОВЫЕ НАГОНЫ НА ЮГО-ЗАПАДНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ БЕРИНГОВА МОРЯ

Ю.В. Любичкий

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

Для получения режимно-статистической характеристики штормовых нагонов на юго-западном побережье Берингова моря использованы данные ежечасных наблюдений над уровнем моря СУМ в б. Лаврова (1977–1992 гг.) и Никольском (о. Беринга) (1977–1999 гг.) и АП службы цунами в Никольском (2016, 2017, 2019, 2020 гг.), Тиличихах (2014–2020 гг.), Оссоре (отдельные месяцы 2011–2013, 2020 гг.).

Сгонно-нагонную составляющую суммарного уровня моря выделяли из данных наблюдений вычитанием из них приливной компоненты, рассчитанной методом наименьших квадратов [1] непосредственно по анализируемому ряду измерений.

В течение года в каждом из береговых пунктов обычно возникают три-пять штормовых нагонов величиной более 40 см. Исключением является Никольское, где нагоны указанной интенсивности в отдельные годы не формируются. Максимальная величина штормовых нагонов, по имеющимся данным наблюдений, относительно невелика и составила в б. Лаврова – 96 см, Тиличихах – 67 см, Оссоре – 80 см, Никольском – 63 см. Тем не менее, несмотря на небольшую величину нагонов в исследуемом районе, при их сочетании с ветровым волнением в населенных пунктах Алука, Корф, Ивашка возникают опасные природные явления, во время которых затопливаются расположенные на берегу сооружения. В частности, из-за негативного влияния штормовых нагонов на инфраструктуру п. Корф, в 2006 г. было принято решение о закрытии поселка и переселении его жителей в другие населенные пункты (в настоящее время местный аэропорт в Корфе регулярно затопливается).

Наиболее часто штормовые нагоны величиной более 40 см возникают в октябре–феврале (82% случаев). В эти же месяцы они достигают наибольшей величины. Иногда нагоны формируются в марте, апреле и сентябре (15% случаев). В период с мая по август нагоны бывают крайне редко (3% случаев). Выявленные закономерности в основном определяются годовым ходом циклонической активности над Беринговым морем (все значительные нагоны в пределах исследуемого объекта возникают при прохождении над акваторией моря глубоких циклонов). Некоторое влияние на режим штормовых нагонов на юго-западном побережье Берингова моря, возможно, оказывает ледяной покров. Не исключено, что из-за его наличия несколько уменьшается интенсивность нагонов в марте и апреле. Продолжительность штормовых нагонов в основном составляет 1–5 суток и определяется скоростью перемещения циклонов над морем.

Несмотря на то что пространственное распределение величины штормовых нагонов зависит от траекторий движения и характера эволюции циклонов, с помощью численного моделирования [2] выявлена устойчивая закономерность – нагоны имеют наименьшую величину на Командорских островах (о. Беринга и о. Медный) и севернее б. Лаврова, наибольшую – на материковом побережье Карагинского залива (от о. Манчжур до б. Гека) с локальными экстремумами в Тымлате и вблизи лагуны Аннуянгвын. Эта закономерность объясняется особенностями морфометрии исследуемого объекта – в основном различием ширины шельфа в разных районах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Foreman M.G.G. Manual for tidal heights analysis and prediction // Pacific Marine Science Report 77–10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Victoria, B.C. 2004. 58 p.
2. Любичкий Ю.В. Метод краткосрочного прогноза уровня моря на побережье и акватории Охотского и Японского морей и на восточном побережье полуострова Камчатка // Труды ДВНИГМИ. Владивосток: Дальнаука, 2017. Вып. 155. С. 32–68.

УДК 551.465.432

ПРИЛИВНОЙ АПВЕЛЛИНГ В РАЙОНЕ ОСТРОВА МОНЕРОН

В.Е. Марыжихин, Г.В. Шевченко

*Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: jonyr.27@mail.ru*

Частые туманы, штормы, сложная система приливов и отливов, транспортное и рыбопромысловое значение (добыча камбал, бычков, мойвы, минтая) южной части Татарского пролива определяют необходимость изучения данного района для обеспечения эффективности хозяйственной деятельности [1].

В 1995–1997 гг. проводилось совместное российско-японское исследование кормовой базы рыб и условий окружающей среды в районе прол. Лаперуза и прилежащих водах Японского и Охотского морей. Программа работ включала повторные океанологические и гидрохимические съемки на стандартизованной сети разрезов [2], а также постановку измерителей скорости и направления течений [3].

В 1996 г. на разрезе Т1 в районе о. Монерон выявлены значительные суточные колебания температуры воды на горизонте 100 м, изменявшиеся во времени с закономерностью, типичной для приливов, и характеризовавшиеся высокой степенью корреляции с приливными течениями. Температура воды менялась от значений, близких нулю, при экваториальном приливе до 2.1 °С при тропических приливах. Для такой глубины вариации температуры около 2 °С являются весьма значительной величиной, и выявление их природы представляет существенный интерес.

В поверхностном слое резкие понижения температуры воды, достигавшие 7–8 °С на протяжении всего нескольких часов, отмечены в моменты наиболее сильных приливов.

Наиболее вероятной причиной наблюдаемого явления является подъем вод с глубины при взаимодействии приливной волны с резко выраженным свалом глубин подобно тому, как это происходит вблизи островов или на подводных возвышенностях (банка Кашеварова, скала Камень опасности и т.д.).

Таким образом, в районе резко выраженного свала глубин вблизи о. Монерон при направлении приливного течения (носящего суточный характер) в сторону берега наблюдался подъем холодных вод с глубины, вызывающий колебания температуры с размахом около 2 °С на горизонте около 100 м. При наиболее сильных течениях подъем этих вод достигал поверхностного слоя, что вызывало понижения температуры воды на 7–8 °С на глубине около 10 м. Область подъема холодных вод характеризовалась также повышенными концентрациями биогенных элементов и хлорофилла-а, что подтверждает выдвинутое предположение о существовании приливного апвеллинга на свале глубин у юго-западного побережья о. Сахалин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко Г.В., Частиков В.Н., Марыжихин В.Е. Сезонные вариации морских гидрологических характеристик у юго-западного побережья острова Сахалин // Метеорология и гидрология. 2018. Вып. 12. С. 98–104.
2. Пропп Л.Н., Гаврина Л.Ю. Сезонные вариации гидролого-гидрохимических параметров и хлорофилла-а в проливе Лаперуза (Соя) и прилегающих районах Охотского и Японского морей в 1996–1997 гг. // Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. 2019. Вып. 15. С. 243–279.
3. Кантаков Г.А., Частиков В.Н., Шевченко Г.В. Современные исследования течений в рыбопромысловых районах Сахалино-Курильского региона. Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов Сахалино-Курильского региона и сопредельных акваторий // Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. 2002. Вып. 4. С. 3–21.

УДК 519.25

ЭЛЕМЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИБРЕЖНЫХ РИСКОВ ОСТРОВА САХАЛИН, СВЯЗАННЫХ С ПРИРОДНЫМИ КАТАСТРОФАМИ

А.А. Москвитин¹, Л.С. Шабрамова¹, А.И. Зайцев¹

¹ Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН,
г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: skb@skbsami.ru

В настоящее время возрастает роль Мирового океана в экономике всех стран, что приводит к активному освоению прибрежных территорий и увеличению на них численности населения. В связи с этим возрастает и риск морских природных катастроф. Как известно, степень риска определяется как физическими характеристиками катастроф, так и социальными характеристиками населенных пунктов. Не последнюю роль здесь играют и изменения климата, проходящие хоть и длительно, но постепенно меняющие условия жизни населения. Отсюда возникает необходимость разработки соответствующих планов, направленных на смягчение последствий природных катастроф и уменьшение риска для населения. Такие планы базируются на результатах научных исследований в данной междисциплинарной области знаний. Для этого необходимо иметь физические и математические модели, позволяющие рассчитать возможные параметры катастроф, а также проводить непрерывный мониторинг окружающей среды. Также нужно внедрять системы оценки и прогноза природных процессов (волновые и ветровые характеристики, зона затопления и т.д.) через распознавание изображений с прибрежных камер и другой доступной информации на основе аппарата искусственных нейронных сетей. Это было внедрено в представленную разработку, которая приносит множество новых возможностей.

Главным результатом данной работы являются разработанные элементы и прототипы информационной системы прибрежных рисков, связанных с природными катастрофами. Для этого был выполнен анализ прошедших природных катастроф, а также оценены возможные события в будущем. Были рассчитаны вызванные этими событиями зоны затопления и гидродинамическое воздействие на берег. На основе этих расчетов построены карты риска, включая пути эвакуации. Эта научно-исследовательская работа выполнена для нескольких прибрежных пунктов Сахалинской области.

УДК 551.46

НЕЛИНЕЙНЫЕ ТЕОРИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ЦУНАМИ

Е.Н. Пелиновский^{1,2,3}

¹ Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия

² Нижегородский гос. технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия

³ Научно-исследовательский университет – Высшая школа экономики, г. Нижний Новгород, Россия
E-mail: pelinovsky@appl.sci-nnov.ru

Оползни, сходящие с крутых склонов высоких гор, приводят к аномально высоким цунами. Так, «мировой рекорд» в высотах заплеска цунами за все время наблюдения – 524 м после схода оползня на Аляске в 1958 г. Такие события происходят довольно часто. Так, 17 октября 2015 г. произошло оползневое цунами с высотой около 200 м на Аляске, 17 июня 2017 г. – в Гренландии (высота 100 м). За этот же период два оползневых цунами случились в России: 1 сентября 2017 г. в Баксане, недалеко от нейтринной обсерватории (высота 1 м, один человек погиб), и в декабре 2018 г. на р. Бурей (Дальний Восток), когда высота заплеска достигла 90 м. К счастью, оползневые цунами достаточно локальны, и наиболее громадные из них проходят в необжитых местах.

В докладе обсуждаются несколько нелинейных моделей оползневых цунами. Наиболее простой из них является модель оползня в виде твердого недеформируемого тела, играющего роль заданной внешней силы в уравнениях гидродинамики (см., например, [1, 2]). Динамика самого оползня тривиально описывается вторым законом Ньютона; правда, есть проблемы учета присоединенной массы и волнового сопротивления. Волновые задачи такого типа хорошо известны в теории корабельных волн на мелкой воде, все различия связаны только с размерами волн. Наиболее сильные эффекты возникают при резонансе, когда скорость движения оползня совпадает со скоростью длинных волн [3]. В этом случае применяют модели типа вынужденного уравнения Кортевега–де Вриза или уравнения Кадомцева–Петвиашвили. В частности, отметим последнюю опубликованную работу в этом направлении [4].

На практике, однако, оползень представляет собой сыпучую среду, размеры которой деформируются при его движении. Если предполагать, что распределение скорости течения материала оползня по его толщине однородно, то основные уравнения движения оползня описываются уравнениями Савадже–Хутера [5, 6]. В докладе описаны аналитические решения этих уравнений, а также приводятся другие подходы для описания цунами оползневого происхождения.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Президента РФ по государственной поддержке научных исследований ведущих научных школ РФ НШ-2485.2020.5 и гранта РФФИ № 20-05-00162.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pelinovsky E., Poplavsky A. // Phys. Chem. Earth. 1997. Vol. 21. P. 13–17.
2. Beizel S., Chubarov L., Khakimzyanov G. // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2011. Vol. 26. P. 17–38.
3. Didenkulova I., Pelinovsky E. // Pure and Applied Geophysics. 2013. Vol. 170. P. 1661–1671.
4. Ermakov A., Stepanyants Y. // Chaos. 2019. Vol. 29, No. 013117.
5. Pudasaini S.P., Hutter K. *Avalanche Dynamics: Dynamics of Rapid Flows of Dense Granular Avalanches*. New York: Springer, 2007.
6. Zahibo N., Pelinovsky E., Talipova T., Nikolkina I. // J. Geophysical Research. 2010. Vol. 115, No. B03402.

УДК 551.46.081:004.021

РАЗРАБОТКА ДВУХКАНАЛЬНОГО ЧАСТОТОМЕРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГИСТРАТОРА УРОВНЯ МОРЯ

Н.С. Стобун

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

Для выявления опасных морских явлений, таких как цунами и штормы, необходим мониторинг волновых явлений. Необходимость в таких исследованиях обусловлена обеспечением безопасности различных прибрежных объектов, а также морской деятельности человека – транспорта и рыболовства [1]. Одним из средств регистрации волновых процессов является измерение гидростатического давления на заданной глубине. В Институте морской геологии и геофизики в качестве таких регистраторов используются различные приборы погружного типа [2]. Недостатком некоторых версий данных моделей является необходимость во внешнем устройстве, которое способно считывать, записывать, а также представлять полученную информацию в виде, удобном для последующей обработки. Широко распространены модели регистраторов уровня моря, имеющих частоту в качестве выходного сигнала, потому возникла необходимость в разработке собственного частотомера. Такой прибор должен синхронно измерять динамически изменяемую частоту нескольких регистраторов с последующим сохранением их в энергонезависимую память для последующей обработки, а также быть транспортируемым и способным работать в полевых условиях.

В Центре коллективного пользования Института морской геологии и геофизики ДВО РАН «Комплексные исследования природных и техногенных систем» был разработан, изготовлен и испытан двухканальный частотомер для использования совместно с регистраторами гидростатического давления с частотным выходом. Данный прибор может измерять частоту по двум каналам с периодом дискретизации в диапазоне от 100 мс до 100 с с точностью измерения частоты 0.015 Гц. При измерениях используется синхронизация при помощи модуля часов реального времени на базе термокомпенсированного кварцевого генератора, имеющего рассогласование не более ± 0.432 с в день. Полученные данные сохраняются на микро-SD. При измерениях частоты параллельно измеряются температура и давление окружающей среды, что стало возможным благодаря применению интегрального модуля барометра/термометра, установленного в корпусе частотомера. В качестве управляющего и вычислительного ядра использованы три восьмьбитных микроконтроллера семейства AVR, имеющих сверхнизкое энергопотребление, работающих параллельно и связанных между собой внутрисхемной шиной TWI. Такое решение позволило обеспечить параллельное выполнение одновременно трех задач (два измерения и запись данных) с гарантией отсутствия пропущенных измерений при минимальном энергопотреблении.

Разработанный частотомер позволяет измерять гидростатическое давление, а также давление и температуру окружающей среды, автоматически и непрерывно в режиме реального времени. Были проведены лабораторные испытания. Планируется модернизация частотомера путем использования 32-разрядных микроконтроллеров с ядром ARM, что позволит уменьшить размеры, упростить схему и снизить энергопотребление частотомера, что в перспективе позволит создать автономную систему, способную длительно работать в режиме непрерывных измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириллов К.В. Исследования волнового поля с помощью автономного регистратора волнения АРВ-К14 в прибрежной зоне моря // Геосистемы переходных зон. 2018. Т. 2, № 4. С. 339–345.
2. Ковалев Д.П., Ковалев П.Д., Кириллов К.В. Исследование опасных морских явлений в прибрежной зоне по результатам натурных наблюдений // Геосистемы переходных зон. 2017. Т. 1, № 2. С. 18–34.

УДК 551.466

ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТИЦИКЛОНИЧЕСКОГО ВИХРЯ, СФОРМИРОВАВШЕГОСЯ В РАЙОНЕ О. ШИКОТАН ВЕСНОЙ 1999 Г.

А.Т. Цой¹, Г.В. Шевченко^{1,2}, В.Н. Частиков¹

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

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

E-mail: shevchenko_zhora@mail.ru

Антициклонические вихри с теплыми ядрами достаточно часто наблюдаются в акватории, прилегающей к южным Курильским островам. Их динамике посвящен целый ряд работ как российских [1], так и японских исследователей [2]. Большинство публикаций было основано на анализе спутниковых карт температуры поверхности океана с использованием материалов судовых съемок, в последние годы привлекались карты динамической топографии, построенные по альтиметрическим измерениям. Как правило, антициклонические вихри, выходящие к побережью Южных Курил, формируются в результате меандрирования теплого течения Куроисио, реже – Сангарского течения (типизация мезомасштабных структур по характеру их происхождения и траекториям дана в работе [2]) и характеризуются более высокими значениями температуры и солености по сравнению с окружающими водами [2].

Интерес к изучению мезомасштабных вихревых структур обусловлен прежде всего их прикладным значением – как на периферии, так и в центральных частях этих образований осуществляется промысел сайры, скумбрии, кальмара Бартрама и других видов морских биологических ресурсов [1].

Сахалинский филиал ВНИРО регулярно выполняет океанологические исследования в акваториях, прилегающих к южным Курильским островам. В июне 1999 г. теплый антициклонический вихрь попал в область океанологических исследований, полученные материалы представляли возможность для изучения характеристик ринга, имевшего необычное «местное» происхождение, что является редким событием. Для определения условий его формирования и динамики привлекались данные наблюдений за ТПО, а также спутниковой альтиметрии.

Результаты анализа спутниковых карт ТПО показали, что вихрь сформировался вблизи субарктического фронта во второй декаде марта (вероятно, в результате взаимодействия со струей холодного течения Ойясио), и диссипировал во второй декаде июня. После его распада остатки теплой воды присоединились к теплой водной массе, располагавшейся к югу от субарктического фронта. По результатам океанологической съемки, ядро вихря находилось на глубинах 150–300 м и имело значения температуры 4–4.6 °С и солености 33.55–33.65 е.п.с., что существенно меньше значений, характерных для антициклонических рингов иного происхождения. Скорости обусловленных им течений (около 10 см/с) также были в несколько раз меньше типичных значений и недостаточны для продолжения его существования, что подтверждается распадом вихря через несколько дней после выполнения зондирований. Изучаемый вихрь достаточно слабо выделялся в поле плотности как на горизонтальных, так и на вертикальных распределениях, а также на карте динамической топографии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самко Е.В., Булатов Н.В., Капштер А.В. Два типа антициклонических вихрей к востоку от Японии: происхождение, характеристики, влияние на промысел // Известия ТИНРО. 2008. Т. 154. С. 190–203.
2. Itoh S., Yasuda I. Characteristics of mesoscale eddies in the Kuroshio–Oyashio Extension Region detected from the distribution of the sea surface height anomaly // Journal of Physical Oceanography. 2010. Vol. 40. P. 1018–1034.

УДК 551.466

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ СУТОЧНЫХ ШЕЛЬФОВЫХ ВОЛН В РАЙОНЕ ЮЖНЫХ КУРИЛ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ

Г.В. Шевченко^{1,2}, А.Т. Цой¹

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

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: shevchenko_zhora@mail.ru

Захваченные шельфовые волны приливного происхождения суточной периодичности представляют собой весьма специфическое явление, во многом определяющее не только гидродинамику, но и гидрологию и гидробиологию акваторий, на которых они существуют. Это связано с тем, что эти волны, представляющие собой пару знаменующихся вихрей (меняющих свой знак каждые 12 ч), характеризуются весьма высокими скоростями течений. Наиболее наглядным примером в этом отношении служит северная часть северо-восточного шельфа о. Сахалин. Многочисленные исследования их проявлений, включая обусловленные ими вариации температуры и солёности, интенсивный дрейфа льда и т.д., приведены в книге [1].

Приливные шельфовые волны наблюдаются в сравнительно небольшом числе районов Мирового океана, так как для их существования необходимы весьма специфические условия: они обнаруживаются в поясе средних широт на достаточно протяженных шельфах. Благоприятные условия для их существования выявлены в Охотском море и прилегающих районах, в частности на шельфе Малой Курильской гряды и п-ова Немуро [2, 3], однако действительная зона их существования не была определена.

В работе [3] для определения характеристик суточных шельфовых волн в районе Северных Курил использовались данные спутниковой альтиметрии. Их идентификация основывалась на характерных мелкомасштабных вариациях амплитуд и фаз главных суточных волн O1 и K1, наблюдающихся в зоне их существования. В данной работе аналогичное исследование выполнено для района южных Курильских островов. Выявлены суточные шельфовые волны у побережья островов Уруп и Итуруп. Для баротропных волн шельф здесь недостаточно протяженный, здесь могут существовать только бароклинные шельфовые волны, параметры которых определялись в работе [4]. Волна O1 проявляется также на шельфе о. Шикотан, что согласуется с полученными ранее результатами [2].

Суточные шельфовые волны являются причиной резкого увеличения амплитуд суточных волн O1 и K1 на береговых станциях островов Итуруп (особенно в южной части) и Уруп по сравнению с открытым океаном. Также они обуславливают интенсивные суточные течения, что подтверждается инструментальными измерениями, и вертикальные движения, вызывающие вариации температуры морской воды на достаточно больших глубинах (50–100 м), что может оказывать существенное влияние на условия обитания гидробионтов, в частности на формирование бентосных сообществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власова Г.А., Васильев А.С., Шевченко Г.В. Пространственно-временная изменчивость структуры и динамики вод Охотского моря. М.: Наука, 2008. 356 с.
2. Ефимов В.В., Куликов Е.А., Рабинович А.Б., Файн И.В. Волны в пограничных областях океана. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 280 с.
3. Шевченко Г.В., Романов А.А. Определение параметров приливных суточных шельфовых волн в районе северных Курильских островов по данным спутниковой альтиметрии // Исследование Земли из космоса. 2008. № 3. С. 76–87.
4. Rabinovich A.B., Thomson R.E. Evidence of diurnal shelf waves in satellite-tracked drifter trajectories off the Kuril Islands // Journal of Physical Oceanography. 2001. Vol. 31. P. 2650–2668.

УДК 551.466

ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПРИЕМНОЙ
ЕМКОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ О. САХАЛИНГ.В. Шевченко^{1,2}, В.Н. Частиков¹, П.В. Полупанов¹¹ Сахалинский филиал ВНИРО (СахНИРО), г. Южно-Сахалинск, Россия² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: shevchenko_zhora@mail.ru

В течение последних нескольких лет Сахалинский филиал ВНИРО проводит регулярные работы по оценке приемной емкости акваторий, прилегающих к устьям нерестовых рек, по которым весной скатывается молодь лососевых рыб как искусственного, так и естественно-го воспроизводства. Важными элементами этих исследований являются изучение ее кормовой базы (фито- и зоопланктона), наличия выедающих ее хищников (наибольшую опасность представляет красноперка), а также океанологических условий в этих акваториях – температурного режима и преобладающих течений. Характеристика последних вблизи устьев рек Островка (зал. Анива), Долинка и Дудинка (юго-восточное побережье о. Сахалин), в районе которых проводились работы в 2018–2020 гг., и составляют предмет данной работы.

Океанологические исследования осуществлялись путем постановки автономной буйковой станции (АБС) (как правило, в мае на срок около 2 мес., охватывающий ранний морской период жизни молоди лососевых рыб) и зондирования водного слоя портативным STD-зондом с борта моторной лодки. АБС содержала акустический доплеровский измеритель течений Argonaut и STD-зонд SBE 37. Для обеспечения сохранности оборудования постановка выполнялась в притопленном варианте на глубинах 15–20 м, измерения осуществлялись в придонном слое.

Наиболее важной особенностью гидрологических условий, выявленной при анализе данных наблюдений на АБС, были резкие, до отрицательных значений, понижения температуры морской воды в прибрежных акваториях. Соленость изменялась в противофазе с температурой (коэффициент корреляции около -0.85), что типично для акваторий, в которых в зависимости от направления действующих ветров развиваются явления апвеллинга и даунвеллинга.

Так, в районе устья р. Островка резкие понижения температуры наблюдались при отжимных ветрах северо-восточного и близких к нему румбов, которые весной и летом 2018 г. достаточно часто отмечались над изучаемым районом, несмотря на то что в теплый период года обычно преобладают ветра южного – юго-западного румбов (летний муссон). У юго-восточного побережья Сахалина отжимной характер имеют ветра юго-западного и южного румбов [1]. В районе устья р. Долинка наиболее значительное понижение температуры (до -1.5 °С) было зафиксировано в период с 18 по 21 мая 2019 г. на глубине около 17 м. Подобные ситуации являются важным фактором риска для молоди лососевых рыб на ранних стадиях ее жизненного цикла.

Еще одним важным результатом океанологических исследований была оценка преобладающего направления прибрежных течений. В районе устья р. Островка в весенне-летний период преобладают течения северного румба. В акватории, прилегающей к устью рек Дудинка и Долинка, преобладают течения южного румба, что может приводить к сносу зоопланктона на различных стадиях развития и молоди лососевых рыб на ранней стадии в южном направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко Г.В., Кириллов К.В. Вариации температуры воды у побережья о. Сахалин по данным инструментальных измерений // Метеорология и гидрология. 2017. № 3. С. 68–78.

УДК 551.21:550.36

КИСЛЫЙ ВУЛКАНИЗМ И ГЕОТЕКТОНИКА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ РАЙОНОВ

В.И. Белоусов, О.Р. Хубаева

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия
E-mail: bvi36@yandex.ru, grifon03@yandex.ru*

Образование больших объемов пород кислотного вулканизма – важный процесс в геотермальных районах Камчатки [1, 2, 3]. В Банно-Паратунском геотермальном районе на Камчатке произошло формирование мощной толщи кислых и сверхкислых пород, вложенной в межгорную депрессию (~275 км³), исследования которой не обнаружили следов тектонического обрушения. В связи с этим предполагается, что в данном случае гипотеза о происхождении огромных масс продуктов кислого вулканизма в связи с образованием кальдер, в основе которой заложена идея кристаллизационной дифференциации [4], не подтверждается.

В настоящее время появились свидетельства того, что крупномасштабные игнимбриты и риолиты сформированы из метаморфических пород, в том числе и в Банно-Паратунском геотермальном районе [5]. В связи с этим мы предлагаем новую концепцию их образования, основанную на роли гидротермального метаморфизма в недрах артезианских гидротермальных систем. Они заполняют межгорные впадины между стратовулканами островной дуги, геодинамика которых обусловлена подъемом магматических очагов в земной коре. В результате образуются оперяющие разломы на периферии впадины. Потоки термальных вод типа артезианских склонов разгружаются в эту депрессию. Образуется артезианский термальный бассейн. Высокотемпературные воды кипят и отлагают коллоидный кремнезем. Образуется кремнистый слой мощностью 1–2 км, который характеризуется водоупорными и теплоизоляционными свойствами. В периоды оледенения такие впадины являются накопителями мощных ледников. Они дополняют действие горизонта окремненных пород. Формирование такого комплексного покрова сопровождалось как повышением температуры, так и увеличением концентрации газов (СО₂, СН₄, Н₂ и др.). Выделение аккумулированных газов усиливает процессы кипения с понижением уровня откачки в очагах разгрузки артезианского бассейна до глубины до 2 км. Значительное повышение температуры в недрах при условии увеличения мощности комплексного покрова до 2–3 км приводит к частичному плавлению и образованию игнимбритов и кислых расплавов. Под влиянием повышающегося давления в недрах гидротермальной системы, веса ледников и окружающих пород эти пластические образования поднимались вверх вплоть до появления экструдий и потоков игнимбритов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьев В.В. Гидротермальный процесс в вулканических областях и его связь с магматической деятельностью // Труды Второго Всесоюз. вулканол. совещ. «Современный вулканизм», 3–17 сент. 1964 г. М.: Наука, 1966. С. 118–128.
2. Белоусов В.И. Геология геотермальных полей в областях современного вулканизма. М.: Наука, 1978. 176 с.
3. Belousov V.I., Belousova I.V., Khubaeva O.R. Long-lived volcanic centers of Kamchatka geothermal areas // Proceedings World Geothermal Congress 2020 Reykjavik, Iceland, April 26 – May 2. 2020.
4. Леонов В.Л., Рогозин А.Н. Карымшина – гигантская кальдера-супервулкан на Камчатке: границы, строение, объем пирокластики // Вулканология и сейсмология. 2007. № 5. С. 14–28.
5. Bindeman I.N., Leonov V.L., Colón D.P., Rogozin A.N., Shipley N., Jicha B., Loewen M.W., Gerya T.V. Isotopic and petrologic investigation, and a thermomechanical model of genesis of large-volume rhyolites in arc environments: Karymshina Volcanic Complex, Kamchatka, Russia // Frontiers in Earth Science. 2019. Vol. 6, Article 238. P. 1–27.

УДК 550.36:550.4

ЗОЛОТО В ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: КОЛЛОИДНАЯ КОНЦЕПЦИЯ

В.И. Белоусов¹, Г.П. Королева², О.Р. Хубаева¹

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН Петропавловск-Камчатский, б. Пийна, 6.

² Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН Иркутск, ул. Фаворского, д.1 «А».

E-mail: ²bvi36@yandex.ru

Исследования активных гидротермально-магматических систем показывают, что в их термальных водах присутствуют Au, Ag, As, Sb и др. рудные элементы, например, в Паужетской гидротермально-магматической системе [1, 3, 4]. Как правило, такие воды насыщены кремнезёмом и соединениями серы. При разгрузке и понижении температуры термальные растворы претерпевают изменения. Кремнезём образует коллоидные частицы наряду с появлением в водах различных форм окисления серы (сульфитов, тиосульфатов и др.) и коллоидов элементарной серы. Это и является основой образования коллоидных форм кварца и сульфидов, содержащих золото и другие металлы. Предполагается, что их образование контролируется процессами коллоидной химии [2]. Главным является сорбционная активность силикагель-сульфидного комплекса, характеризующаяся лиофильно-лиофобными отношениями. Силикагели могут быть водородными и катион-замещёнными. Эти комплексы имеют отрицательный заряд, и они способны присоединять катионы рудных элементов, в том числе и благородных металлов. Са-силикагель обладает значительно большей обменной ёмкостью (в 50–100 раз) по сравнению с Н-силикагелем, даже в кислой области pH. Са²⁺ сравнительно легко и обратимо обменивается на другие катионы. Трансформация Са-силикагеля в форму с меньшей сорбционной способностью, наиболее вероятно, вызывается кипением термальных вод с дегазацией CO₂ [5].

В результате понижается их температура и концентрация кальция, который отлагается в карбонатах и Са-силикатах. Уменьшение сорбционной способности силикагеля приводит к быстрому отложению адсорбированных металлов, в особенности, с большими ионами. Коллоиды сульфидов также способны сорбировать благородные металлы. Понижение температуры рудонесных термальных вод вызывает коагуляцию силикагелей, и потерю ими защитных свойств от коагуляции коллоидов сульфидов, которые отлагаются с адсорбированными металлами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королева Г.П. и другие в книге Структура гидротермальной системы / ред. В.И. Белоусов, И.С. Ломоносов. М.: Наука, 1993. 298 с.
2. Belousov V.I., Belousova I.V.: Colloids in the hydrothermal-magmatic systems of Kamchatka and the Kuril Islands // Proceedings, 43rd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, February 11–13, 2019 SGPTR-214.
3. Gartman A., Hannington M., Jamieson J.W., Peterkin B., Garbe-Schönberg D., Findlay A., Fuchs S., Kwasnitschka T. Boiling-induced formation of colloidal gold in black smoker hydrothermal fluids // *Geology*. 2018. Vol. 46, № 1; p. 39–42.
4. Grant H.L.J., Hannington M.D., Hardardóttir V., Fuchs S.H., Schumann D. Trace metal distributions in sulfide scales of the seawater-dominated Reykjanes geothermal system: Constraints on sub-seafloor hydrothermal mineralizing processes and metal fluxes // *Ore Geology Reviews* 116 (2020) 103145.
5. Kokh M.A., Akinfiev N.N., Pokrovski G.S., Salvi S., Guillaume D. The role of carbon dioxide in the transport and fractionation of metals by geological fluids / M.A. Kokh, N.N. Akinfiev, G.S. Pokrovski et al. // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2017. Vol. 197. P. 433–466.

УДК 551.2.03:551.24

КОРРЕЛЯЦИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ВУЛКАНИЗМА, ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАГМ С ДАННЫМИ МАНТИЙНОЙ ТОМОГРАФИИ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

О.В. Бергаль-Кувикас¹, Г.П. Авдейко¹, М.В. Портнягин^{2,3}, Кулаков И.Ю.^{1,4},
Кай Хернле², Фолкмар Хауфф², Рейнхард Вернер²

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

² Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия

³ Гельмгольц центр исследования океана ГЕОМАР, Киль, ФРГ

⁴ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: kuvikas@mail.ru

Курильская островная дуга (КОД) является одним из звеньев Курило-Камчатской островодужной системы и входит в Тихоокеанское Огненное Кольцо. В пределах дуги выделено 36 активных наземных вулканов и 116 подводных вулканов четвертичного возраста [1]. Несмотря на многочисленные исследования данного региона, особенности магмогенезиса и пространственного проявления вулканизма КОД остаются мало изученными.

Цель настоящей работы заключается в систематизации всех имеющихся изотопно-геохимических результатов исследований, данных по пространственному положению вулканов, их продуктивности в корреляции с геофизическими наблюдениями, в том числе с данными мантийной томографии.

КОД простирается от Малко-Петропавловской зоны поперечных дислокаций на Камчатке до сочленения с северо-восточной дугой Хонсю (NE Honshu arc) на о. Хоккайдо [2]. Мощность коры варьирует от 32–36 км под южной Камчаткой, >35 км на севере Хоккайдо и минимальна (15–20 км) в центральном сегменте КОД, в районе прол. Буссоль. Вариации мощности коры находят отражение в вариациях отношений изотопов стронция. Максимальные отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.7032–0.7042) характерны для юга Камчатки и севера Хоккайдо, минимальные – для центрального сегмента КОД. Максимальные объемы вулканизма (размеры вулканических построек) установлены для центрального сегмента КОД [3]. Именно для этого сегмента типичны также и максимальные отношения изотопов неодима $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0.51304–0.51312). Максимальные отношения флюид-мобильных элементов к немобильным элементам, например Ва/Th, характерны для северных Курил и южной Камчатки. Наличие термальной аномалии под южной Камчаткой [4], магмы с повышенными Sr/Y отношениями, наряду с высоким термальным градиентом под северными Курилами, предполагают не только дегидратацию плиты, но и возможное начало плавления осадков и базальтов субдуцирующей Тихоокеанской плиты.

Исследования выполнены при поддержке российско-германского проекта КОМЕХ, действовавшего с 1998 по 2004 г., и РФФИ (грант № 21-17-00049).

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдейко Г.П., Антонов А.Ю., Вольнец О.Н., Цветков А.А. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. М.: Наука, 1992. 527 с.
2. Авдейко Г.П., Палуева А.А., Хлебородова О.А. Геодинамические условия вулканизма и магмообразования Курило-Камчатской островодужной системы // Петрология. 2006. Т. 14, № 3. С. 248–265.
3. Бергаль-Кувикас О.В. Объемы четвертичных вулканитов Курильской островной дуги: анализ пространственного расположения и связь с зоной субдукции // Тихоокеанская геология. 2015. Т. 34, № 2. С. 103–116.
4. Manea V.C., Manea M., Kostoglodov V., Sewell G. Thermal models, magma transport and velocity anomaly estimation beneath southern Kamchatka // Melting Anomalies: Their Nature and Origin, GSA Post-Conference Book, 2004. P. 108–164.

УДК 550.34+551.21

СЕЙСМОТОМОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКТИВНЫХ ВУЛКАНОВ НА КАМЧАТКЕ

Е.И. Гордеев¹, И.Ю. Кулаков^{1,2}, И.Ф. Абкадыров¹

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

² Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

E-mail: gordeev@kscnet.ru

Сейсмическая томография – это метод для реконструкции распределения сейсмических параметров с применением характеристик сейсмических волн при распространении в среде от источника к приемнику. Основными параметрами, которые используются для построения томографических моделей, являются скорости продольных (P) и поперечных (S) сейсмических волн. При исследовании вулканов часто используют отношение скоростей продольных и поперечных волн (V_p/V_s), которое проявляет значительные контрасты для объемов среды, содержащих флюиды и расплавы. Детализация (разрешение) и размеры внутренних областей среды, для которых производятся сейсмотомографические построения, зависят от плотности и апертуры наблюдательных сетей.

На Камчатке сейсмотомографические методы для изучения строения вулканических систем начали применяться с конца 1990-х годов [1, 2]. В первых сейсмотомографических исследованиях использовались данные наблюдений на стационарных сетях сейсмических станций. Недостаточная плотность таких сетей не позволяла получать детальные модели скоростного строения вулканических систем. Более детальные исследования Камчатских вулканов начались с 2010 г., когда для сейсмотомографических построений начали использовать программный комплекс LOTOS. С использованием данных наблюдений на локальной сейсмической сети были построены детальные скоростные модели среды для активных вулканов Ключевской группы – Ключевской, Безымянный и Толбачик [3]. Дальнейшее развитие сейсмотомографических исследований вулканов на Камчатке было связано с организацией наблюдений на временных сейсмических сетях автономными сейсмическими станциями. Такие наблюдения были проведены на Авачинской группе вулканов (2012–2013 гг.), на вулкане Горелый (2013–2014), на вулкане Толбачик (2014–2015), Международный эксперимент KISS на Ключевской группе вулканов (2015–2016), на вулкане Безымянный (2017–2018), на вулкане Удина (2018), на Авачинской группе вулканов (2018–2019), на вулкане Камбальный (2018–2019). В основном использовались сейсмические сети с малым числом сейсмических станций (10–20 станций) с размерами сети 15–25 км. По таким наблюдениям возможно получить строение среды до глубин 10–15 км. Самым значительным экспериментом была организация сейсмических наблюдений по Международному проекту KISS (Klyuchevskoy Investigation – Seismic Structure) на Ключевской группе вулканов в 2015–2016 гг. Наблюдения проводились на сейсмической сети, состоящей из 120 станций с размерами более 120 км. Это позволило получить строение среды до глубины 100–120 км. Были уточнены источники и каналы питания Ключевской группы вулканов. Выявлено существование восходящего астеносферного потока в зоне стыка Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг [4]. Дополнительное питание вулканов Ключевской группы от астеносферного потока объясняет значительную разницу в продуктивности вулканов Ключевской группы по сравнению с другими вулканами Восточного вулканического пояса Камчатки [4].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 21-17-00049).

ЛИТЕРАТУРА

1. Gorbатов A., Dominguez J., Suarez G., Kostaglodov V., Zhao D., Gordeev E. Tomographic imaging of P wave velocity structure beneath Kamchatka Peninsula // *Geophys. J. Int.* 1999. Vol. 137. P. 269–279.
2. Lees J.M., Symons N., Chubarova O., Gorelchik V., Ozerov A. Tomographic images of Klyuchevskoi Volcano P-wave velocity. In: *Volcanism and Subduction: The Kamchatka Region*. Washington: AGU, 2007. P. 293–302. (Geophysical Monograph Series; 172).
3. Koulakov I., Gordeev E.I., Dobretsov N.L., Vernikovskiy V.A., Senyukov S., Jakovlev A. Feeding volcanoes of the Klyuchevskoy group from the results of local earthquake tomography // *Geophys. Res. Lett.* 2011. Vol. 38, № L09305.
4. Gordeev E.I., Koulakov I.Y., Shapiro N.M. The magma feeding system of the Klyuchevskaya Group of volcanoes (Kamchatka) // *Dokl. Earth Sci.* 2020. Vol. 493. P. 627–631.

УДК 551.21

ГОЛОЦЕНОВЫЕ ПЕПЛОПАДЫ О. ИТУРУП (ЮЖНЫЕ КУРИЛЫ): ВОЗРАСТ, ЧАСТОТА, ИСТОЧНИКИ

А.В. Дегтерев¹, Н.Г. Разжигаева², А.К. Ежкин¹, А.В. Рыбин¹

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

² *Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

E-mail: d_a88@mail.ru

Современный андезитовый вулканизм Курильской островной дуги характеризуется преимущественно эксплозивным характером активности, поэтому практически каждое извержение сопровождается различной интенсивности пеплопадами. Регулярное поступление пеплового материала, выпадающего на обширных площадях, приводит к формированию почвенно-пирокластического чехла (слоисто-пепловой почвы), окаймляющего эруптивные центры и образующего непрерывный покров. При этом наилучшим образом пепловые прослойки сохраняются в торфяниках, формируя таким образом, последовательную летопись вулканических событий. В настоящей работе на основе проведенных тефростратиграфических работ, радиоуглеродных датировок и макроэлементного состава вулканического стекла определен возраст и источники тефры из торфяника, расположенного в центральной части о. Итуруп (Южные Курильские острова). Учитывая актуальность проблемы оценки вулканической опасности следует отметить, что все населенные пункты острова (г. Курильск, с. Китовое, с. Рыбаки, с. Буревестник, с. Горное, с. Горячие Ключи, с. Рейдово) с объектами инфраструктуры и хозяйства (аэропорт, порты, рыбоперерабатывающие заводы и пр.) также локализованы в пределах центральной части острова. В изученном разрезе нами обнаружено не менее 19 прослоев вулканических пеплов мощностью 0.5–2 см (отдельные слои включают примесь мелкозернистого песка, в основании встречены прослойки грубой тефры до 3.5 см), представленных главным образом коричневатато-желтыми алевритами. Изучение состава вулканического стекла показало, что большая часть пеплов была связана с активностью местных вулканических центров – вулканов Баранского и Иван Грозный [2]. В основании разреза обнаружена тефра кальдерообразующего извержения влк. Львиная Пасть, включающая среди прочих породообразующих минералов амфиболы. Также в торфянике обнаружены пеплы дальнего разноса, белые алевриты, с высоким содержанием K_2O , по времени и составу соотносятся с маркирующим пеплом Ten-a (1.9 кал. л.н.), источник которого расположен на п-ове Сиретоко (о. Хоккайдо) [1].

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 21-17-00049.

ЛИТЕРАТУРА

1. Goto Y. A fallout tephra from Tenchozan volcano, Shiretoko Peninsula, Hokkaido, Japan. // Bulletin of Volcanological Society of Japan. 2011. V. 56. P. 137–145.
2. Razzhigaeva N.G., Matsumoto A., Nakagawa M. Age, source, and distribution of Holocene tephra in the southern Kurile Islands: Evaluation of Holocene eruptive activities in the southern Kurile arc // Quat. Int. 2016. V. 397. P. 63–78.

УДК 551.23

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ДАГИНСКИХ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ (О. САХАЛИН) В ПЕРИОД ИХ ОБУСТРОЙСТВА В 2019–2021 ГГ.

Р.В. Жарков

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

Дагинское месторождение термоминеральных вод находится на северо-востоке о. Сахалин, на побережье Ныйского залива Охотского моря. На месторождении несколько десятков источников делятся на три участка: Северный, Центральный и Южный. Источники Северного участка разгружаются в пределах литоральной зоны Ныйского залива и в максимальный прилив заливаются морскими водами. Хлоридные натриевые гидротермы имеют среднюю температуру 28–40 °С и относительно высокую минерализацию (2–9 г/л). Источники Северной группы не затронуты проектом обустройства. Источники Центрального и Южного участков расположены на заболоченной территории, имеют температуру 25–50 °С и минерализацию 1.5–2.5 г/л. Преимущественно хлоридно-гидрокарбонатные натриевые источники этих участков пользуются большой популярностью у жителей и гостей острова, но они были плохо обустроены и эстетически не привлекательны. В 2019 г. по заказу Правительства Сахалинской области началась реконструкция источников и облагораживание территории вокруг них. Для обустройства выбрали 6 наиболее популярных и посещаемых источников. Проведенные комплексные исследования в 2019–2021 гг. показали для нескольких источников изменения в температурном режиме по сравнению [1, 2] с периодом до начала их обустройства: из-за неправильного проектного решения и некачественного проведения строительных работ средняя температура воды стала на несколько градусов ниже. Выявлено, что в результате обустройства котлованы источников значительно расширены, участие холодных грунтовых вод увеличилось, поэтому гидротермы, поступающие в них с определенным дебитом, не нагревают увеличенный объем воды до прежних температур. Предпринятые попытки строителями оградить поступление холодных грунтовых вод в котлованы источников принесли небольшой временный эффект, но при этом ухудшили водообмен в источниках. На сегодняшний день из 6 обустроенных источников активно посещаются, в зависимости от сезона года, только 2–3 источника. Для полного восстановления температурного режима Дагинских источников необходимо проведение их реконструкции, основанной на научном подходе и современных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жарков Р.В. Дагинское месторождение термоминеральных вод на севере о. Сахалин // Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз: сборник материалов II Сахалинской молодежной научной школы, Южно-Сахалинск, 4–10 июня 2007 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2008. С. 285–290.
2. Жарков Р.В. Современные физико-химические особенности термоминеральных вод Дагинского месторождения (о. Сахалин) // Мониторинг. Наука и технологии. 2018. № 4(37). С. 6–11.

УДК 551.2

**АКТИВНОСТЬ ПУГАЧЕВСКИХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ (О. САХАЛИН)
В 2019–2021 ГГ.**

Р.В. Жарков, Д.Н. Козлов

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

Грязевой вулканизм острова Сахалин описывается с 20-х годов XX в., когда он изучался японскими, а затем и отечественными исследователями. Среди нескольких проявлений современного грязевого вулканизма на Сахалине наиболее активной является Пугачёвская группа, в которую входит Малый Северный, Главный (Центральный) и Малый Южный грязевые вулканы. Согласно исследованиям, обобщенным в работе [1], установлена многогранная периодичность извержений: сравнительно частые и слабые по величине происходят через 1–2 года у Главного Пугачёвского грязевого вулкана и очень редкие, но сильные извержения происходят через 65–70 лет у всех трёх вулканов.

Исследования активности Пугачёвских грязевых вулканов в 2019–2021 гг. проводились по данным космических снимков местности, визуальным наблюдениям, в том числе с использованием БПЛА. Полученные данные сравнивались с предыдущими обследованиями в 2018 г. [2]. Малый Северный Пугачёвский грязевой вулкан, извержение на котором отмечалось в 2000 г., в настоящее время не проявляет активность. На Главном Пугачёвском грязевом вулкане зафиксировано два новообразованных грязевых поля. Западное поле округлой формы в мае 2021 г. имело диаметр 75 м и площадь около 4600 м², объём грязевой массы можно оценить примерно в 1400 м³. Восточное поле в 2020 г. было вытянуто в северо-западном направлении и имело размеры 124×113 м. В 2021 г. новообразованное поле из изверженной грязевой массы вытянуто в северо-восточном направлении, имеет размеры 166×137 м и занимает площадь около 18000 м², при этом объём свежей грязи можно оценить примерно в 13000 м³. В мае 2021 г. на Малом Южном Пугачёвском грязевом вулкане обнаружено новообразованное поле площадью 350 м². Примерный объём грязевой массы можно оценить в 70 м³. Поле имеет сложную форму, его размеры 25×19 м. По всей видимости, грязевое поле образовалось в летне-осенний период 2020 г. в результате небольшого извержения.

Учитывая периодическую активность Пугачёвской группы грязевых вулканов, необходимо продолжение комплексных обследований с применением современных средств и методов ДЗЗ и БПЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников О.А. О динамике и природе Пугачевской группы газоводолитокластитовых («грязевых») вулканов на Сахалине по данным визуальных наблюдений и орогидрографии // Вулканология и сейсмология. 2011. № 6. С. 47–59.
2. Мишурицкий Д.В., Ершов В.В., Жарков Р.В., Копанина А.В., Козлов Д.Н., Лебедева Е.В., Абдуллаева И.В., Власова И.И., Михалев Д.В. Геолого-геоморфологические и ландшафтно-экологические особенности Пугачевского грязевого вулкана как основа для организации и информационного сопровождения туристического маршрута (остров Сахалин) // Геосистемы переходных зон. 2018. Т. 2, № 4. С. 398–408.

УДК 551.432.7+556.55

**МАТЕРИАЛЫ К БАЗЕ ДАННЫХ ПО КРУПНЕЙШИМ ОЗЕРАМ
КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ (МОРФОМЕТРИЯ, ГЕНЕЗИС
И ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ)**

Д.Н. Козлов

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

Оценка водных ресурсов и их рациональное использование – существенная общемировая проблема, с каждым годом все более актуальная и для России. Одними из основных водоохозяйственных объектов являются озера, а, следовательно, необходима постоянная актуализация данных по их морфометрии, пространственному распределению, классификации, генезису и т.д., это позволит использовать водные ресурсы эффективнее. Рассматривая данный вопрос на примере Сахалинской области можно отметить: озера Сахалина изучены относительно хорошо, в то время как многие курильские озера исследованы либо весьма поверхностно, либо в разрезе весьма специфичных вопросов (рыбохозяйственные, вулканологические исследования), существенная часть имеющихся сведений потеряла свою актуальность и нуждается в обновлении. В регионе насчитывается 17219 озер, из которых 1099 расположены на Курильских островах, крупнейшими являются вулканогенные озера, а также некоторые лагунные водоемы.

С целью генерализации выборки на территории Курильских озер автором был произведен отбор водоемов, удовлетворяющих критерию $S \geq 1 \text{ км}^2$ и соответствующих по морфометрической классификации П.В. Иванова [1] малым водоемам. Были отобраны 20 малых и средних водоемов, представленные 7 вулканогенными и 13 лагунными озерами, все они разделяются по не только по генезису, но и по морфометрии. Была поставлена задача по обобщению имеющейся информации и созданию базы данных (БД) по озерам Курильских островов. Первым шагом стало изучение самых крупных озер, так как они обладают наибольшим водозапасаем и потенциалом использования. Был проведен обзор их морфометрических параметров, генезиса и географического положения, выполнен сбор и актуализация наблюдений из экспедиционных исследований лаборатории вулканологии и вулканопасности ИМГиГ ДВО РАН за период с 2005 по 2020 гг [2, 3], а также сопоставление с материалами из открытых геоинформационных ресурсов (Google Earth, SAS.Planet), с литературным данным [4–7]. Полевые исследования вулканогенных водоемов проводились при помощи успешно апробированной методики цифровой батиметрической съемки со спутниковой привязкой профилей [Козлов, 2015], ранее по результатам интерпретации этих данных были составлены батиметрические схемы и таблицы морфометрических параметров озер, так же послужившие основой для создания БД. Указанные сведения были обобщены и добавлены в БД по крупнейшим озерам Курильских островов. В задачи дальнейшей работы входит наполнение, актуализация и публикация БД в сети интернет, а также расширение базового набора критериев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов П.В. 1948. Классификация озер мира по величине и по их средней глубине. Бюллетень ЛГУ, 20: 29–36.5.
2. Козлов Д.Н. 2015. Кратерные озера Курильских островов. Южно-Сахалинск: Сахалин. обл. краеведч. музей, Ин-т морской геологии и геофизики ДВО РАН, 112 с.
3. Козлов Д.Н. Самые крупные озера Курильских островов: морфометрия и географическое распределение (материалы к базе данных). Геосистемы переходных зон, 2020, т. 4, № 4, с. 506–513.
4. Корсунская Г.В. 1958. Курильская островная дуга. М.: Гл. изд-во геогр. Лит-ры, 222 с.
5. Горшков Г.С. 1967. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 287 с.
6. Зеленов К.К., Канакина М.А. Бирюзовое озеро (кальдера Заварицкого) и изменение химизма его вод в результате извержения 1957 г. Бюл. вулк. станции, 1962, 32, с. 33–44.
7. Курильские острова. Злобин Т.К., Высоков М.С., Фархутдинов И.П. и др. Южно-Сахалинск: Сахалин. кн. изд-во, 2004. 227 с.

УДК 550.34

**СТРУКТУРА ВЕРХНЕЙ КОРЫ ПОД ВУЛКАНОМ КАМБАЛЬНЫЙ
(ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ И ШУМОВОЙ ТОМОГРАФИИ**

В.П. Комзелева^{1,2}, Н.Н. Беловежец^{1,2}, И.Ю. Кулаков²

¹ Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

² Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия
E-mail: komzelevavp@ipgg.sbras.ru

Работа посвящена изучению вулкана Камбальный (Южная Камчатка) с помощью сейсмической и шумовой томографии. 25 марта 2017 г. произошло сильное извержение вулкана Камбальный, пепловый шлейф от которого растянулся на тысячу километров [1]. Так как вулкан до этого извержения считался неактивным, его сейсмический мониторинг, а также другие геофизические исследования практически не проводились. Данные для исследования получены с сети станций, установленной на вулкане Камбальный, в период с июля 2018 г. по июль 2019 г. при участии ИНГГ СО РАН.

С использованием времен прихода продольных (P) и поперечных (S) волн от локальной сейсмичности, зарегистрированной этой сетью, была выполнена инверсия сейсмической томографии. Распределения скоростей P и S волн, и особенно соотношение V_p/V_s , дают информацию о геометрии магматической системы под вулканом в верхней коре до ~12 км, что позволяет построить сценарий подготовки и возникновения взрывного извержения в 2017 г. Обнаружена изометрическая аномалия высокого V_p , низкого V_s и высокого отношения V_p/V_s , расположенная прямо под вулканом на глубине от 7 до 10 км, которая интерпретируется как магматический резервуар, питающий активность Камбального в голоцене. Этот резервуар, по-видимому, связан с вулканом линейной, слегка изогнутой аномалией с высоким соотношением V_p/V_s , которая может представлять собой систему даек и силлов, возникших в течение четырех дней сильной сейсмической активности до извержения.

Метод шумовой томографии основан на корреляции сейсмического шума (пассивной интерферометрии), с помощью которой выделяются поверхностные волны, что позволяет исследовать земную кору независимо от происходящих неравномерно в пространстве и во времени землетрясений. Были построены двухмерные распределения групповой скорости поверхностной волны Рэлея, а также рассчитана трехмерная модель распределения скорости S-волны. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что в строении вулкана Камбальный можно наблюдать сложную, асимметричную структуру, которая изменяется и по латерали, и по глубине.

По результатам данного исследования с помощью двух методов можно предположить, что взаимодействие горячей магмы с метеорными флюидами в неглубоких слоях вызвало активное кипение и образование пара в закрытом резервуаре под вулканом. После превышения определенного критического предела давления пар выходил лавинообразно, вызывая взрывные фреатические извержения. Также обнаружены доказательства того, что геотермальные поля, расположенные к северу и северо-западу от Камбального, могут питаться из отдельных глубинных источников.

Исследования выполнены при поддержке РНФ (проект № 20-17-00075).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гирина О.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Нухдаев А.А. Извержение вулкана Камбальный в 2017 г // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14, № 2. С. 263–267.

УДК 550.424.6+552.14

ХОЛОДНЫЙ ГАЗОТРАНСПОРТНЫЙ ПЕРЕНОС МИКРОЭЛЕМЕНТОВ CO₂- И CH₄- ГАЗАМИ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ КЕРЧЕНСКОГО П-ОВА И О. САХАЛИН

С.Н. Кох¹, Э.В. Сокол¹, В.В. Ершов², О.А. Никитенко²

¹ Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

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

E-mail: zateeva@igm.nsc.ru

В настоящее время проблема «холодного газового транспорта» металлов, в отличие от хорошо изученного процесса их переноса горячими газами, только сформулирована [1]. Для оценки масштабов переноса микроэлементов контрастными по составу холодными грязевулканическими газами на объектах Керченской и Сахалинской провинций по методике [1] были выполнены 28 прокачек. Для газов Южно-Сахалинского грязевого вулкана (ЮСГВ) характерно повышенное содержание CO₂ [2]; вулканы Керченского п-ова эмануруют метан и углеводородные газы, в ряде случаев они обогащены H₂S [3]. Микроэлементный состав прокачек (63 элемента) определен методом ICP-MS на масс-спектрометре NexION 300D по методике HSCAM 480X (ПНИЛ ГГХ, ТПУ, г. Томск).

Установлено, что на всех объектах В, As, Sb и S являются «сквозными» элементами, независимо от состава газовых струй. Масштаб транспорта В и As газами грязевых вулканов Керченского п-ова в разы/на порядок превышает таковой на ЮСГВ. Концентрации бора в керченских пробах составляют 3.6–50.6 ppb ($X_{cp} = 24$), а As – 0.03–7.75 ppb ($X_{cp} = 1.66$ ppb). Воды и глинистые выбросы вулканов этого региона также аномально богаты В и As [4]. В прокачках газов ЮСГВ их содержания значительно ниже: 0.3–22.1 ppb В ($X_{cp} = 6.5$ ppb) и 0.03–1.24 ppb As ($X_{cp} = 0.54$ ppb). Концентрации Sb в прокачках из керченских вулканов попадают в узкий диапазон 0.016–0.030 ppb. В пробах с ЮСГВ разброс содержаний Sb шире (0.009–0.094 ppb), но лишь в половине они превышают фоновые значения (0.028 ppb). Сера присутствует в 2/3 проб. Ее концентрации в прокачках из керченских вулканов достаточно постоянны (0.83–1.38 ppm SO₄); для проб с ЮСГВ характерен широкий разброс (0.08–3.31 ppm SO₄).

В газах обеих провинций обнаружены специфические «элементы-маркеры». На ЮСГВ углекислые газы активно транспортируют Pb (0.10–1.04 ppb), Cr (0.77–9.16 ppb), Sc (0.03–0.17 ppb) и Si (0.3–1.1 ppm); высоки здесь и фоновые содержания Pb (0.27 ppb). Керченские пробы избирательно обогащены Zn (1.2–9.1 ppb), Sr (0.11–1.59 ppb) и Cu (0.12–0.98 ppb). Выявленные различия могут быть обусловлены как различием макрокомпонентного состава газовых струй (и сопряженными с ними формами переноса элементов), так и являться следствием различной геодинамической позиции и металлогенической специализации зон расположения грязевых вулканов.

Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект № 17-17-01056П).

ЛИТЕРАТУРА

1. Bortnikova S., Yurkevich N., Devyatova A., Saeva O., Shuvaeva O., Makas A., Troshkov M., Abrosimova N., Kirillov M., Korneeva T., Kremleva T., Fefilov N., Shigabaeva G. Mechanisms of low-temperature vapor-gas streams formation from sulfide mine waste // *Sci. Total Environ.* 2019. Vol. 647. P. 411–419.
2. Ершов В.В., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И. Изотопно-геохимические характеристики свободных газов Южно-Сахалинского грязевого вулкана и их связь с региональной сейсмичностью // *Доклады Академии наук.* 2011. Т. 44, № 2. С. 256–261.
3. Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А., Кутний В.А., Гусаков И.Н. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: ГлавМедиа, 2005. 184 с.
4. Sokol E.V., Kokh S.N., Kozmenko O.A., Lavrushin V.Y., Belogub E.V., Khvorov P.V., Kikvadze O.E. Boron in an onshore mud volcanic environment: case study from the Kerch Peninsula, the Caucasus continental collision zone // *Chem. Geol.* 2019. Vol. 525. P. 58–81.

УДК 551.217

КАСКАДНЫЙ ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ УПОРЯДОЧЕННЫХ НАНОСТРУКТУР ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА

И.Б. Краснюк¹, А.Е. Заболотин²

¹ Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина, г. Донецк, Украина

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: a.zabolotin@imgg.ru

Рассматривается «однофазная» модель кристаллизации расплава в представлении Пернроуза–Файфа для распределений температуры при неизотермических условиях. Граничные условия предполагаются нелинейными и динамическими, т.е. характеризуют скорость релаксации поверхностного параметра порядка. При этом краевые условия зависят от частоты зародышеобразования новой фазы и скорости кристаллизации расплава в (при)поверхностных слоях изложницы. Предложен метод прогнозирования возникновения упорядоченных пространственно-временных (квази)кристаллических структур фрактального типа кристаллической фазы в жидком расплаве. «Однофазная» модель возникновения и дальнейшая эволюция зародышей кристаллической фазы в (квази)одномерном жидком расплаве, который ограничен двумя плоскими стенками [1].

Показано, что структуры кристаллической фазы в расплаве образуются как каскадный процесс возникновения зародышей все уменьшающихся размеров. При этом размеры уменьшающихся кластеров (для двумерной геометрии) характеризуются универсальным отношением амплитуд (в одномерном случае) или радиусов кластеров кристаллической фазы (в двумерном случае). В реальных ситуациях каскадный процесс образования структур в конце концов обрывается из-за присутствия в системе вязкости [2] или других параметров, приводящих к диссипации энергии.

Что касается сценария возникновения упорядоченных зародышей кристаллической фазы релаксационного типа в расплаве при неизотермических условиях, то такой сценарий моделирует, например, формирование на поверхности кремния объемных периодических структур субмикронных размеров, изучение которых представляет интерес для разработки микроэлектронных устройств [3]. Такие системы рассматриваются в работах [4, 5], где исследуется механизм формирования структур при быстрой кристаллизации расплавленного слоя на фоне различного рода неустойчивостей. В отличие от результатов [4, 5] мы рассматриваем медленную кристаллизацию, однако механизмы возбуждения таких неустойчивостей предполагаются сильно нелинейными, что и приводит в результате к возникновению (квази)кристаллических асимптотически периодических структур.

УДК 550.34+551.21

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ТОМОГРАФИЯ АКТИВНЫХ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ

И.Ю. Кулаков^{1,2,3}

¹ *Институт Нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

² *Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия*

³ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский*

E-mail: KoulakovIY@ipgg.sbras.ru

Полуостров Камчатка – один из наиболее тектонически активных регионов мира с большим разнообразием и высокой интенсивностью проявлений современного вулканизма. В последнее десятилетие достигнут существенный прогресс в изучении глубинного строения под Камчаткой благодаря томографическим исследованиям с использованием сейсмологических данных с постоянных сейсмостанций КФ ФИЦ ЕГС РАН и временных сетей, установленных на некоторых ключевых объектах. В настоящем докладе представлен обзор моделей, полученных за последнее десятилетие для различных вулканических систем Камчатки. Особое внимание здесь уделяется Ключевской группе вулканов, которая, благодаря множеству многомасштабных исследований, находится среди наиболее хорошо изученных вулканических областей в мире. Согласно полученным результатам региональной томографии, особый характер активности Ключевской группы определяется ее близостью к области разрыва Тихоокеанского слэба. Среднемасштабные томографические исследования показали, что из этого разрыва поднимается астеносферный поток, который при достижении подошвы коры в районе вулкана Шивелуч, распространяется далее горизонтально в сторону Ключевской группы [3]. Сейсмические модели коры в районе Ключевской группы выявили различные механизмы магматического питания трех наиболее активных вулканов: Ключевского, Безымянного и Толбачика [2]. Наконец, локальные сейсмические сети, установленные на отдельных вулканах Камчатки (Авачинской группе [1], Горелом [5], Безымянном [4] и Камбальном), позволили построить детальные изображения верхнекоровых очагов, непосредственно ответственных за текущие извержения.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФ 20-17-00075.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bushenkova N., et al., Tomographic images of magma chambers beneath the Avacha and Koryaksky volcanoes in Kamchatka // Journal of Geophysical Research, Solid Earth, 2019, 124, 9694–9713, doi: 10.1029/2019JB017952.
2. Koulakov I., et al. Three different types of plumbing system beneath the neighboring active volcanoes of Tolbachik, Bezymianny, and Klyuchevskoy in Kamchatka, J. Geophys. Res. Solid Earth, 2017, 122, doi:10.1002/2017JB014082.
3. Koulakov I., et al. Mantle sources of magmatic activity in the Northern group of volcanoes in Kamchatka inferred from earthquake tomography // J. Geophys. Res., Solid Earth, 2020b, e2020JB020097. DOI:10.1029/2020JB020097.
4. Koulakov, I., et al. Anatomy of the Bezymianny volcano merely before an explosive eruption on 20.12.2017 // Scientific Reports, 2021, 11(1), 1–12.
5. Kuznetsov P.Y., et al. Structure of Volatile Conduits beneath Gorely Volcano (Kamchatka) Revealed by Local Earthquake Tomography // Geosciences, 2017, 2017, 7, 111; doi:10.3390/geosciences7040111.

УДК 551.435.13:551.432.7

**АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА В ДОЛИНАХ С
ГАЗОГИДРОТЕРМАЛЬНЫМИ ПРОЯВЛЕНИЯМИ
КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА**

Е.В. Лебедева¹, Р.В. Жарков²

¹ *Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

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

E-mail: ekaterina.lebedeva@gmail.com, rafael_zharkov@mail.ru

В пределах долин водотоков, где отмечены проявления газогидротермальной активности, процессы рельефообразования сопровождаются химическим и термальным воздействием. Высокоминерализованные термальные воды формируют русловые лотки, натечные террасы, фестоны как непосредственно в русле, так и в днище, и на бортах долины [1, 3]. Подобные явления изучены в водотоках, дренирующих склоны влк. Менделеева (о. Кунашир) и влк. Баранского (о. Итуруп), в притоках рр. Фальшивой и Гейзерной (Камчатка).

Для подобных водотоков типична цементация аллювиальных отложений, формирование плотных корок в русле реки, на поверхности поймы и террас. Стойкость и прочность данных образований зависит от их состава: отложения, насыщенные окислами и гидроокислами железа, как правило, являются более прочными и стойкими во времени, а кремнистыми и карбонатными соединениями – довольно быстро разрушаются.

В других случаях под воздействием кислых растворов на таких участках идет активное выветривание коренных пород и валунно-галечного материала аллювия до глин. Нередко отложения, слагающие поймы и террасы, морфологически выглядят, как типичный аллювий, на деле представляют собой глинистую массу и легко размываются поверхностными водами. Увлажненные глинистые гидротермально измененные породы бортов таких долин активно смещаются под действием гравитации (оползают), в результате чего формируются многочисленные разноуровневые террасы, а сами долины на таких участках в результате этого значительно расширяются и приобретают четковидную в плане форму [2, 4]. В местах выходов термальных вод формируются и натечные террасы. При затухании газогидротермальной деятельности такие оползневые тела и натечные формы зарастают и морфологически выглядят как обычные речные террасы.

Полевые исследования выполнены в рамках госзадания ИГ РАН № 0148-2019-0005, обобщение материалов - при поддержке гранта РНФ № 21-17-00216.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жарков Р.В. Термальные источники Южных Курильских островов / отв. ред. О.В. Чудаев. Владивосток: Дальнаука, 2014. 378 с.
2. Лебедева Е.В. Цепочки катастрофических геоморфологических процессов в речных долинах вулканических регионов // Геоморфология. 2018. № 4. С. 38–55.
3. Лебедева Е.В. Виды воздействия вулканической и поствулканической деятельности на флювиальный рельеф // Геоморфология. 2019. № 4. С. 49–66.
4. Лебедева Е.В., Сугробов В.М., Чижова В.П., Завадская А.В. Долина р. Гейзерной (Камчатка): гидротермальная деятельность и особенности рельефообразования // Геоморфология. 2020. № 2. С. 60–73.

УДК 537.87+551.590.3+551.594.6

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ГРЯЗНЫХ ГРОЗ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Е.И. Малкин¹, Н.В. Чернева¹, П.П. Фирстов², Г.И. Дружин¹

¹ Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка, Камчатский край, Россия

² Камчатский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», г. Петропавловск-Камчатский, Россия
E-mail: nina@iki.ru

Гроза – атмосферное явление, при котором внутри облаков или между облаками и земной поверхностью возникают электрические разряды – молнии. Известно, что генерация молний, помимо грозных областей [1, 2, 3], может происходить в снежных, песчаных и пылевых бурях, а также в облаках над извергающимися вулканами [4, 5]. При извержении вулканов источником электромагнитного излучения являются так называемые грязные грозы, причиной возникновения которых являются газопылевые облака, образующиеся во время эксплозивных извержений. Наличие грозовой активности в пепло-газовом облаке при извержении вулкана отслеживается при помощи радиотехнических средств мониторинга.

С помощью ОНЧ-пеленгатора, расположенного в пункте «Паратунка», осуществляется мониторинг грозовой активности района п-ова Камчатка, в том числе и «грязных» гроз, сопровождающих эксплозивные извержения вулканов Шивелуч и Безымянный [6]. В работе представлен анализ записей электромагнитного излучения, сопутствующего «грязным» грозам, возникшим при извержении вулканов в период с 2017 по 2020 г. За это время произошло 24 извержения вулкана Шивелуч и 5 извержений вулкана Безымянный, 17 и 3 из которых, соответственно, привели к образованию «грязных» гроз.

Для всех «грязных» гроз характерен двухстадийный сценарий развития [7]. Первая стадия, длительностью 5–7 мин, сопровождается образованием эруптивной колонны. Однако, если извержение начинается по мягкому сценарию, первая стадия может быть выражена слабо. Вторая, длительностью 20–80 мин, связана с формированием и распространением эруптивного облака. Интенсивность этой стадии «грязной» грозы зависит от мощности извержения, а также от взаимодействия эруптивного облака в процессе его распространения с облаками метеорологического происхождения. По полученным данным, об этом может свидетельствовать увеличение количества разрядов типа облако–облако.

Исследования выполнены в рамках государственного задания по теме АААА-А21-121011290003-0.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альперт Я.Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера. М.: Наука, 1972. 564 с.
2. Юман М. Молния. М.: Мир, 1972. 327 с.
3. Druzhin G.I., Cherneva N.V., Melnikov A.N. Thunderstorm activity according to VLF observations at Kamchatka // Geomagnetism and Aeronomy. 2009. Vol. 49, N 8. P. 1305–1307. doi: 10.1134/S001679320908057X
4. Лихтер Я.И., Осинин В.Ф. Характеристики пурговых радиопомех // Распространение дециметровых радиоволн. М.: Наука, 1978. С. 120–122.
5. Firstov P.P., Cherneva N.V., Akbashev R.R., Malkin E.I., Druzhin G.I., Atmospheric-electric effects from volcano eruptions on Kamchatka peninsula (Russia) // Proc. of SPIE – 25th Intern. Symp. on Atmosph. and Ocean Optics. 2019. P. 1120874. doi: 10.1117/12.2540356
6. Дружин Г.И., Пухов В.М., Санников Д.В., Малкин Е.И. ОНЧ-пеленгатор для исследования естественных радиоизлучений // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2019. № 2 (27). С. 95–104.
7. Firstov P.P., Malkin E.I., Akbashev R.R., Druzhin G.I., Cherneva N.V., Holzworth R.H., Uvarov V.N., Stasiy I.E. Registration of atmospheric-electric effects from volcanic clouds on the Kamchatka Peninsula (Russia) // Atmosphere. 2020. Vol. 11, N 6. P. 634. doi: 10.3390/atmos11060634

УДК 582.29+504.73+504.5

**БАЗАЛЬТОВЫЙ ВУЛКАНИЗМ КАЛЬДЕРЫ МЕДВЕЖЬЯ (О. ИТУРУП,
КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА): ВЛИЯНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ТЕКТониКИ
НА СУБДУКЦИОННЫЙ МАГМАТИЗМ**

Ю.А. Мартынов¹, А.В. Рыбин², М.В. Чибисова², Д.С. Остапенко¹, М.Ю. Давыдова¹

¹ Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

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

E-mail: martynov@fegi.ru

Генерация расплавов в зонах субдукции, состав и термальна́я структура немодифицированной мантии остаются предметом дискуссий. В зонах погружения древних и холодных океанических плит, например Курило-Камчатской или Японской, ключевая роль в плавлении ультрабазитовой мантии отводится субдукционному водному флюиду (например, [1]). Такая модель удовлетворительно объясняет основные геологические и петрологические характеристики островодужных лав, но сталкивается с рядом аномальных явлений, например высокой магматической продуктивностью некоторых вулканических центров, примитивным высокомагнезиальным базальтовым магматизмом во фронтальной зоне и кальдерообразованием.

Кальдера Медвежья, крупнейшая (9 × 11 км) в пределах Курильской островной дуги, представляет собой долгоживущую полигенную структуру с докальдерным и посткальдерным этапами развития. На докальдерной стадии сформировался крупный щитовой вулкан, продукты извержения которого представлены лавами, редко туфами среднего-основного состава. После катастрофического плейстоценового (~1.8 млн лет) кальдерообразующего события вулканическая активность сосредоточилась в небольших вулканических центрах (Медвежий, Кудрявый, Меньший Брат), цепочкой расположенных вдоль трещинной зоны растяжения субширотного простирания. Отчетливо различаются и продукты извержений.

Микроэлементные и изотопные характеристики древних и молодых лав близки между собой, что свидетельствует о близком составе мантийных источников, отвечающем Индийскому MORB типу, метасоматически проработанному субдукционными процессами. Согласно результатам моделирования, выполненного по программе COMAGMAT 3.72, дифференциация докальдерных базальтов протекала при низком давлении по изобарическому сценарию ($P \sim 0.5$ кбар, $fO_2 \sim NNO+1$, $H_2O \sim 1.3$ масс.%) в близповерхностных магматических камерах, с обрушением кровли которых обычно связывают формирование кальдер. Молодые посткальдерные базальты фракционировали по декомпрессионной схеме ($P \sim 7 - 1$ кбар, $H_2O \sim 1$ wt%, $fO_2 \sim NNO + 1.5$) при быстром подъеме магмы к поверхности, что согласуется с геологическими признаками растяжения территории в голоцене. Первичные магмы докальдерного этапа образовались при низком давлении ($P_{\text{perid}} = 1.37$ Гпа), высокой степени плавления ($F_{\text{perid}} = 21\%$) обводненного ($H_2O_{\text{perid}} \approx 0.34$) и деплетированного (%MORB ext $\approx 1-2$) мантийного перидотита. Рассчитанные физико-химические параметры практически идентичны таковым вулкана Iwate, расположенного во фронтальной зоне Японской островной дуги.

Генерация первичных расплавов голоценовых базальтов происходила при низкой степени плавления (~9.5%) деплетированного (extMORB ≈ 2) и низководного ($H_2O_{\text{perid}} \sim 0.13\%$) мантийного источника при более высоком давлении ($P_{\text{perid}} = 1.77$ Гпа). Рассчитанные параметры соответствуют диапазону значений базальтов вулкана Sannomegata, расположенного в тыловой зоне Японской островной дуги. Пространственное совмещение базальтов с геохимическими характеристиками фронтальной и тыловой зон островодужных систем – редко встречающееся явление, свидетельствующее о смене режима эволюции и/или генерации расплавов.

Учитывая проявление плейстоценового геодинамического события на огромной территории СВ Азии [2], мы предполагаем, что в нашем случае наблюдается наложение региональных тектонических событий на субдукционные процессы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-00041. Основной объем аналитических исследований выполнен в Аналитическом центре коллективного пользования ДВГИ ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stern R.J. Subduction zones // Reviews of Geophysics. 2002. Vol. 40. doi: 10.1029/2001RG000108
2. Jolivet L., Tamaki K. Neogene kinematics in the Japan Sea region and volcanic activity of the Northeast Japan Arc // Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results. 1992. Vol. 127/128, № 2. P. 1311–1331.

УДК 551.721(571.645)

ТЕФРА ВЛК. БАЙТОУШАНЬ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИМОРЬЯ

Н.Г. Разжигаева, Л.А. Ганзей, Т.А. Гребенникова

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

В голоценовых отложениях Приморья обнаружена тefра разновозрастных отложений влк. Байтоушань (Пектусан), расположенного на границе КНР и КНДР. Наиболее широко распространена тefра кальдерообразующего извержения X века (946/947 гг.) [1], которое является одним из крупнейших в мире за последние 2 тыс. лет. Вулканический пепел этого извержения был найден на севере о. Кунашир [2]. Прослой вулканического пепла обнаружен в 19 разрезах палеозер и торфяников на побережье и на горных плато Приморья. Полученные датировки близки к результатам датирования по древесине из пирокластических потоков [3] и данными по датированию дистальной тefры в Китае и Японии. Мощность слоя тefры в разрезах Приморья не превышает 2 см, преобладают частицы алевритовой размерности (Ма 36–77 мкм), материал хорошо сортирован. Северная граница распространения тefры достигала бухты Кит. Макроэлементный состав вулканического стекла характеризуется небольшим разбросом значений. Большая часть зерен имеет трахитовый состав, сходный с пирокластикой проксимальной и дистальной зоны. Геохимическая бимодальность вулканического стекла риолитового и трахитового состава, найденного на Японских островах, показывает, что пепел В-Тm является смесью материала разных фаз извержения [4]. Осаждение основного объема тefры в Приморье происходило в заключительную фазу. Бимодальный состав имеет только вулканическое стекло в разрезах на побережье бухты Кит и Шкотовского плато.

Восемь прослоев с криптотефрой влк. Байтоушань найдены в разрезе голоценовых отложений палеозера Шуфанского плато. Идентификация сделана по составу вулканического стекла. Возраст тefры оценен по возрастной модели, построенной на основе 8 радиоуглеродных дат. Наиболее древние прослои имеют возраст около 8730–9775 и 7340–7490 кал. л.н. Сильное извержение произошло 6800–7585 кал. л.н. Возраст тefры около 5319–5587 кал. л.н. подтверждается данными из Музея г. Эрдаобайхе (КНР). Два прослоя имеют возраст 2740–3140 и 2150–2360 кал. л.н. Наиболее интенсивным было выпадение вулканического пепла В-Тm. Верхний слой криптотефры сопоставляется с историческими извержениями (1668 или 1702 г.).

Найденные прослои тefры могут быть использованы в качестве маркеров палеогеографических событий на юге Приморья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. Пепел В-Тm катастрофического извержения вулкана Байтоушань в континентальных отложениях Приморья, как временной маркер малого оптимума голоцена // Докл. АН. 2020. Т. 494, № 2. С. 29–37.
2. Nakagawa M., Ishizuka Y., Kudo T., Yoshimoto M., Hirose W., Ishizaki Y., Gouchi N., Katsui Y., Solovyow A.W., Steinberg G.S., Abdurakhmanov A.I. Tyatya volcano, southwestern Kuril arc: recent eruptive activity inferred from widespread tephra // Island Arc. 2002. Vol. 11. P. 236–254.
3. Chen X-Y., Blockley, S.P.E., Tarasov, P.E., Xu Y.-G., McLean, D., Tomlinson E.L., Albert P.G., Liu J.-Q., Müller S., Wagner M., Menzies M.A. Clarifying the distal to proximal tephrochronology of the Millennium (B-Tm) eruption, Changbaishan Volcano, northeast China // Quaternary Geochronology. 2016. Vol. 33. P. 61–75.
4. McLean D., Albert P.G., Nakagawa T., Staff R.A., Suzuki T., Suigetsu 2006 Project Members, Smith V.C. Identification of the Changbaishan “Millennium” (B-Tm) eruption deposit in the Lake Suigetsu (SG06) sedimentary archive, Japan: Synchronization of hemispheric-wide paleoclimate archives // Quaternary Science Reviews. 2016. Vol. 150. P. 301–307.

УДК 582.29+504.73+504.5

ПРИРОДА И УСЛОВИЯ СТАНОВЛЕНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ОЧАГОВ МОЩНЫХ ЭКСПЛОЗИВНЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ БОЛЬШОЙ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ

С.З. Смирнов

*Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, Россия
E-mail: ssmr@igm.nsc.ru*

Мощные эксплозивные извержения представляют особую опасность для человеческой жизни и объектов хозяйственной инфраструктуры. Они относятся к вулканскому, плинийскому или пелейскому типу и сопровождаются выбросом больших объемов пирокластического материала, которые в силу низкой плотности могут перемещаться на большие расстояния с очень большими скоростями. В связи с этим анализ возможных причин развития эксплозивных извержений имеет большое значение для предсказания и предотвращения катастрофических последствий этих явлений. Одним из важнейших аспектов этого изучения является реконструкция развития близповерхностных магматических очагов, питающих мощные эксплозивные извержения.

Острова Большой Курильской гряды (БКГ) в плейстоцене и голоцене испытали воздействие вулканических извержений очень большой силы, сопровождавшихся образованием кальдер и мощных толщ пирокластических пород. Кальдеры, диаметр которых превышает 4 км, находятся на 9 островах, расположенных во всех сегментах БКГ. Некоторые из них образовались еще в плейстоцене и были эродированы ледниками, но многие возникли уже после завершения оледенения. Вспышка кальдерного вулканизма фиксируется около 40 тыс. лет назад. В это время возникли крупные кальдеры островов южной и средней части гряды. Однако образование кальдер на этих островах и островах, расположенных в северном сегменте, продолжалось вплоть до голоцена. Наиболее молодыми являются кальдеры Заварицкого IV, Львиная Пасть (13.2–12 тыс. лет) и Тао-Русыр (7.5 тыс. лет). В настоящее время различные проявления активности характерны для кальдер Головнина и Менделеева (Кунашир), Горшкова (о-ва Черные Братья), Заварицкого, Тао-Русыр. В большинстве случаев это проявления посткальдерного вулканизма центрального типа.

Особенности расположения, состава и флюидного режима очагов крупных кальдерных извержений рассмотрены на основе новых данных, полученных для отложений мощных эксплозивных извержений на островах Итуруп и Кунашир. Показано, что очаги, питавшие эти извержения, были расположены на глубинах 3–5 км и возникли за счет частичного плавления метабазитовых пород основания островов. Показаны особенности поведения летучих компонентов – воды, углекислоты, углеводородов в процессах становления вулканических очагов. Рассмотрено, каким образом они могли контролировать мощность эксплозивных извержений.

Исследования современных извержений вулканов Курильской и Алеутской вулканических дуг показывают, что эти вулканы, несмотря на относительно скромные размеры, способны произвести достаточно мощные извержения вулканского, субплинийского или даже плинийского типа. На примере новых данных, полученных по продуктам извержения вулкана Райкоке, произошедшего в 2019 г., показаны причины, которые способны обеспечить высокую эксплозивность небольших островодужных вулканов.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант № 18-05-00819) и РНФ (проект № 20-17-00075).

УДК 550.424+552.181

ZN-HG-SB-AS-PB МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ВЫБРОСАХ ПУГАЧЕВСКОГО И ЮЖНО-САХАЛИНСКОГО ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ И ЕЕ СВЯЗЬ С МЕТАЛЛОГЕНИЕЙ ЗОНЫ ТЫМЬ-ПОРОНАЙСКОГО РАЗЛОМА

Э.В. Сокол¹, С.Н. Кох¹, А.В. Некипелова¹, А.С. Девятиярова¹, В.В. Ершов²,
Е.Н. Нигматулина¹, О.А. Никитенко²

¹ Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

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

E-mail: sokol@igm.nsc.ru

Геохимическая специфика выбросов грязевых вулканов (MV) о. Сахалин аналогична специфике флюидно-минеральных систем зон субдукции. Преобладание CO₂ в газах Южно-Сахалинского MV также роднит его с объектами из зон субдукции (например, о. Тайвань) [1]. Продукты деятельности грязевых вулканов о. Сахалин обладают уникальными геохимическими «метками». Их HCO₃-Cl/Na воды наряду с B, Li обогащены Ba, As, Sb, и Zn. Оба вулкана выносят на поверхность однотипный алеврито-глинистый материал, обогащенный песком и фрагментами осадочных и вулканогенно-осадочных пород. Выбросы Южно-Сахалинского MV содержат обильный углефицированный материал. Глинистые выбросы обоих вулканов обладают сходными трендами накопления халькофильных элементов. Они обеднены Co, Ni, Mo, Cd и Tl и обогащены Zn, Hg, As, Ge, Se и Cu относительно верхней континентальной коры [2]. Обогащение валовых проб 2–10-кратное. В шлихах из выбросов Пугачевского MV концентрации Hg и Se превышают коровые значения на 2 порядка, а содержания Zn, Sb, As и Ge – на порядок. Шлихи бедны устойчивыми минералами, среди которых преобладают циркон и F-Cl-апатит. Тяжелая фракция на 94–97% состоит из Fe-Mg-Ca карбонатов, доля пирита ≤ 6 %, кальцита и арагонита ≤ 1 %. Оба объекта отличает разнообразие сульфидов Fe, Zn, Pb, As, Hg, Sb, Ag, Cu (14 видов). Их состав был определен методами микронзондового анализа, сканирующей электронной микроскопии и лазерной абляции (LA-ICPMS). Пирит содержит (в ppm): Mn (≤ 2300), Cu и Ni (≤ 500–600), As и Pb (≤ 230), Co (≤ 150), Tl (≤ 85), Zn (≤ 55), Hg (≤ 27), Ge (≤ 14). В выбросах обоих вулканов присутствуют галенит (≤ 2.0 масс.% Se), сфалерит (< 3 мас.% Hg и 3000 ppm Ge), реальгар (≤ 0.3 мас.% Ni; ≤ 0.6 масс.% Sb), антимонит и Ag₂S. Пугачевский вулкан отличает обилие высокортутного сфалерита (до 27 масс.% Hg) и сульфосолей Pb-(Cu)-Sb-S (буланжерит (Pb₅Sb₄S₁₁), робинсонит (Pb₄Sb₆S₁₃, Bi ≤ 1.5 масс.%), бурнонит (PbCuSbS₃)), а также находки метациннабарита и киновари. Самородные Ag, Pt и Bi образуют включения (2–5 мкм) в зернах Ca-Mg сидерита.

Идентичность геохимических «меток», обнаруженных в воде и твердых выбросах грязевых вулканов о. Сахалин, в совокупности с находками минералов Zn, Hg, Pb, Sb подтверждает идею В.С. Рождественского о мобилизации этих элементов из вулканогенно-осадочных толщ MV водами [3]. Оба изученных вулкана приурочены к Тымь-Поронайскому региональному разлому и расположены в Центральной металлогенической зоне, включающей месторождения и рудопроявления Hg и объекты Sb-Hg и Au-Ag минерализации. Обилие углистого материала в выбросах Южно-Сахалинского MV указывает на то, что источником аномальных содержаний Ge в сфалеритах могли быть неогеновые германиеносные угли, попавшие в зону надвига.

Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект № 17-17-01056П).

ЛИТЕРАТУРА

1. Kopf A. Significance of mud volcanism // Rev. Geophys. 2002. Vol. 40 (2). P. 1–52.
2. Rudnick R.I. The crust. Treatise on geochemistry. Netherlands: Elsevier, 2014. Vol. 4. 663 p.
3. Кузнецов В.А. Вопросы металлогении ртути (по материалам Сибири и Дальнего Востока). М.: Наука, 1968. 291 с.

УДК 551.21+551.583

НАПОЛНЕНИЕ СТРАТОСФЕРЫ ВУЛКАНИЧЕСКИМ АЭРОЗОЛЕМ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ ЛИДАРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В ТОМСКЕ

А.А. Черемисин¹, В.Н. Маричев², Д.А. Бочковский²,
П.В. Новиков^{1,3}, И.И. Романченко¹

¹ Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия

² Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

³ Красноярский институт железнодорожного транспорта, г. Красноярск, Россия

E-mail: aacheremisin@gmail.com

Извержения вулканов не только оказывают краткосрочное воздействие на состояние атмосферы, но и способны влиять на изменение климата. Особенно важное значение может иметь накопление аэрозоля на стратосферных высотах, где время его жизни измеряется годами. Полагают, что основным источником стратосферного аэрозоля являются мощные вулканические извержения взрывного типа. Но в последнее время интерес привлекли пироккумулятивные выбросы в стратосферу, возникающие при наличии мощных природных пожаров [1]. Для исследования распространения вулканического аэрозоля используется наземная и космическая лидарная техника, а также различные спутниковые данные, характеризующие состояние атмосферы и поверхности земли.

В ИОА СО РАН, г. Томск, уже более 40 лет проводятся регулярные лидарные наблюдения стратосферного аэрозоля. За последние полтора десятилетия были обнаружены и проанализированы слои вулканического аэрозоля, возникшего в результате извержений вулканов Алеутской гряды: Касаточи, Кливленд, Окмок в 2008 г.; пик Сарычева в 2009 г., Эйфьядлайкудль в 2010 г., Гримсвотн и Набро в 2011 г., Шивелуч в 2017 г. и Райкоке в 2019 г. [2, 3].

Наблюдения проводились с помощью стратосферной лидарной станции методом упругого рассеяния на длине волны 532 нм. Происхождение наблюдаемых аэрозольных слоев в стратосфере анализировалось траекторным методом на основе использования спутниковой информации о скоростях ветра. Изоэнтропические траектории воздушных масс были рассчитаны с помощью разработанного нами программного комплекса с использованием данных UK MetOffice по скоростям ветра, а также с использованием пакета HYSPLIT и данных GDAS. На пути следования воздушных масс изучалось также высотное распределение аэрозоля по данным, полученным спутниковым облачно-аэрозольным лидаром CALIOP, а также анализировались спутниковые данные по распределению диоксида серы в атмосфере после извержения вулканов.

В докладе обсуждаются особенности формирования структуры эруптивного аэрозоля в стратосфере на масштабах нескольких недель, а также месяцев. Основной акцент будет сделан на результаты исследования переноса аэрозоля, возникшего после извержения вулканов Курильских островов: пик Сарычева и Райкоке. В последнем случае интерпретация результатов наблюдений была осложнена наложением шлейфа вулканического аэрозоля и пироккумулятивных выбросов в стратосферу, возникших в результате обширных пожаров в Сибири и Канаде летом 2019 г.

Анализ результатов лидарных наблюдений выполнен при частичной поддержке РФФИ (грант № 19-45-700008).

ЛИТЕРАТУРА

1. Fromm M., Lindsey, D.T., Servranckx R., Yue G., Trickl T., Sica R., et al. The Untold Story of Pyrocumulonimbus // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 2010. Vol. 91, N 9. P. 1193–1210.
2. Черемисин А.А., Маричев В.Н., Новиков П.В. Лидарные наблюдения вулканического аэрозоля в атмосфере над Томском // Метеорология и гидрология. 2011. № 9. С. 46–56.
3. Черемисин А.А., Маричев В.Н., Новиков П.В. и др. Оценка переноса вулканического аэрозоля в стратосфере над Томском и Владивостоком в 2011 году по данным лидарных наблюдений // Метеорология и гидрология. 2019. № 5. С. 50–62.

УДК 551.21

ВУЛКАНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ В 2020 ГОДУ ПО СПУТНИКОВЫМ И ВИЗУАЛЬНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ

М.В. Чибисова, А.В. Дегтерев, А.В. Рыбин

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

Мониторинг активных вулканов Курильских островов осуществляет группа SVERT – Сахалинская группа реагирования на вулканические извержения, созданная на базе ИМГиГ ДВО РАН [1]. Основные направления деятельности SVERT связаны со сбором и анализом всей доступной информации по активным вулканам Курильских островов и созданием на этой основе ежедневных информационных отчетов (<http://www.imgg.ru/ru/svert/reports>). Для мониторинга SVERT использует спутниковые данные и видеонаблюдения за вулканами Эбеко (о. Парамушир), Тятя (о. Кунашир), Менделеева (о. Кунашир), Группа Чирип – Богдан Хмельницкий (о. Итуруп), Баранский (о. Итуруп), Иван Грозный (о. Итуруп). В 2020 г. вулканическую активность проявляли вулканы Эбеко (о. Парамушир) и Пик Сарычева (о. Матуа).

Активизация вулкана Эбеко началась в октябре 2016 г. и продолжается до настоящего времени. В 2020 г., по данным видеонаблюдений, произошло более 555 пепловых выбросов, из них 224 – на высоту 3 км н.у.м. и более. Усиление активности наблюдалось в мае–июле. Оно выражалось в увеличении количества выбросов и высоты эксплозий (до 5 км н.у.м.) [2]. Периодически в г. Северо-Курильск отмечались пеплопады.

С декабря 2020 по февраль 2021 г. происходило эффузивное извержение вулкана Пик Сарычева (о. Матуа). По спутниковым данным Sentinel установлено, что начиная с декабря 2020 г. кратер вулкана Пик Сарычева начал заполняться лавой. По состоянию на 18 января 2021 г. он был полностью заполнен, после чего в северо-северо-западной части началось ее излияние. Лавовый поток (длина 2 км, ширина 80–90 м) спустился по дну барранкоса, рассекающего северо-западный склон вулканического конуса. Излияние лавы завершилось к 7 февраля 2021 г.

Спутниковый мониторинг в настоящее время является единственным доступным методом наблюдения за большинством вулканов Курильских островов. Видеонаблюдение позволяет контролировать состояние действующего вулкана Эбеко. Кроме того, визуальные данные позволяют детализировать картину и более точно интерпретировать результаты спутниковых наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Дегтерев А.В., Чибисова М.В. Активизация вулкана Эбеко в мае-июле 2020 г. (о. Парамушир, Северные Курилы) // Геосистемы переходных зон. 2020. Т.4, № 4. С. 500–505.

УДК 551.435.327

БЕРЕГОВЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ КОНТАКТНЫХ ЗОН СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ

В.В. Афанасьев

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

Границы геосистем представляют собой относительно подвижные зоны взаимовлияний и взаимодействий соседних геосистем – контактные географические структуры [1, 2, 3]. При этом большую часть геоморфологических границ можно рассматривать как разновидность контактных зон, выделяемых в физической географии, и к ним приурочена подавляющая часть земных процессов и явлений [4, 5].

Ранее мы отметили, что морфоклиматическая позиция (геопространственные параметры и связанные с ними различия морфолитодинамических показателей) о. Сахалин и островодужных систем Северной Пацифики позволяют рассматривать их как контактные зоны морей разного типа, а также морей и океанов [6].

Изменчивость природных условий определила и особенности морфолитогенеза морских берегов контактных зон и специфику их освоения и природопользования применительно к зональной и территориально-пространственной принадлежности. Сахалинские берега умеренно холодной северной части Японского моря и субарктического Охотского моря расположены друг от друга в 30–140 км, а океанские и морские берега крупных островов в островодужных системах разделяют всего несколько километров. Таким образом, морфолитодинамические характеристики берегов контактных зон наряду с особенностями гидродинамики и термического режима разделяемых акваторий определяют также и морфоклиматические параметры собственно контактной зоны.

На основе карты морфогенетических типов берегов оцифрованы и рассмотрены особенности распределения типов берегов с морской и океанской стороны островодужных систем, что стало отправным моментом при актуализации проблемы особенностей развития берегов линейных контактных зон, разделяющих морские бассейны, а также моря и океаны. Показаны геоморфологические и морфодинамические различия морских и океанских берегов островодужных систем и о. Сахалин, восточные берега которого имеют субарктический облик, а западные берега омываются морем умеренного пояса.

Специфика берегового морфолитогенеза океана и морей субарктической и умеренной поясности позволила сформулировать береговую концепцию контактных зон Северной Пацифики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лихачева Э.А., Маккавеев А.Н., Локшин Г.П. Физическая сущность геоморфологических границ // Геоморфология. 2010. № 2. С. 3–10. doi:10.15356/0435-4281-2010-2-3-10
2. Бакланов П.Я. Географические и геополитические факторы в региональном развитии // Региональные исследования. 2014. № 2 (44). С. 4–10.
3. Скрыльчик Г.П. Основные уровни устойчивости в общей организации геосистем Земли // Успехи современного естествознания. 2017. № 11. С. 101–106.
4. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. К иерархии геоморфологических систем с позиций их организованности // Геоморфология. 2007. № 4. С. 3–8. doi:10.15356/0435-4281-2007-4-3-8
5. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. Анализ геоморфологических систем: основные понятия // Геоморфология. 2008. № 2. С. 14–21. doi:10.15356/0435-4281-2008-2-14-21
6. Афанасьев В.В., Игнатов Е.И., Уба А.В. Морфогенетическая дифференциация берегов контактных зон Северной Пацифики // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020. Т. 2, № 2. С. 158–172.

УДК 551.21:551.4

ВУЛКАНИЧЕСКИЙ РЕЛЬЕФ НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ

С.А. Буланов

Институт географии РАН, г. Москва, Россия
E-mail: sabulanov@gmail.com

Между устьем Амура в побережье Охотского моря широко развиты вулканогенные образования. Область их площадного распространения на востоке рассматривается как северное окончание Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса. Присутствуют они и на западе, в виде спорадически рассредоточенных покровов, конусов и куполов небольших размеров. Возраст вулканитов обычно оценивается в широком временном диапазоне – от позднемелового до раннечетвертичного.

Вместе с тем обращает на себя внимание хорошая сохранность вулканических построек и четкая выраженность их в рельефе, независимо от возрастной оценки. Наши исследования, направленные на разрешение этого геоморфологического парадокса показали, что сохранность вулканических тел такова, что не позволяет рассматривать присущий им рельеф как структурный, отпрепарированный денудацией. Нельзя также говорить о бронировке междуречий лавовыми покровами или о денудационной препарировке выдающихся экструзивных тел. Мезо- и макроморфология участков, где развиты вулканогенные породы, не претерпела существенных изменений со времени их излияний. Такой рельеф следует характеризовать как реликтовый вулканический.

Отмечено, что обломочный материал повышенной мощности на склонах обладает признаками залегающих *in situ* лахаровых и пирокластических отложений, которые, с одной стороны, коррелируют с андезито-базальтовыми покровами, а с другой – с аккумулятивными плейстоценовыми уровнями в долинах рек и на побережье Охотского моря. Данные обстоятельства позволяют пересмотреть возраст вулканизма в Нижнем Приамурье, равно как и созданного им рельефа, в сторону существенного омоложения. Есть также основания полагать относительную кратковременность эффузивной деятельности. Эти выводы распространяются и на вулканогенные образования, закартированные как палеогеновые и верхнемеловые.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметьева Н.П. Палеогеография Нижнего Приамурья. М., Наука, 1977. 111 с.
2. Данилович В.Н. Геологический очерк левобережья устьевой части Амура. В кн.: Геологические исследования низовьев р. Амура. Тр. СОПС. М; Л., 1940. 72 с.
3. Мелекесцев И.В. Дешифрировочные признаки четвертичных вулканических образований Камчатки. В кн.: Методика картирования вулканических формаций. М., 1969. С. 82–88.
4. Плахотник В.Г. Советская геология. 1966. № 6. С. 130–133.
5. Олейников А.В., Олейников Н.А. Геология кайнозоя Среднего Сихотэ-Алия. Владивосток: Дальнаука, 2005. 261 с.

УДК 551.352

ГЛЕНДОНИТ КАК ИНДИКАТОР МЕТАНОВЫХ ПОТОКОВ ЯПОНСКОГО МОРЯ

У.В. Величко^{1,2}, Т.С. Якимов², И.В. Гончарова¹, К.В. Саладьев¹¹ Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток, Россия² Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

E-mail: luchistaya251@gmail.com

Глендониты в морских отложениях известны во многих районах в высоких широтах Северного и Южного полушарий начиная с неопротерозоя до современных [1, 2]. На шельфе Японского моря они встречаются в позднеплейстоцен-голоценовых отложениях с высокими концентрациями метана (до 13 об.%) [2].

По литературным источникам широко распространено предположение об образовании глендонитов в результате псевдоморфного замещения кальцита кристаллов икаита. Уже традиционно указываются условия и способ образования глендонитов, базирующийся в основном на сходстве их морфологии с икаитом и близких значениях изотопного состава углерода и кислорода. Икаит представляет собой метастабильный аутигенный минерал, он образуется в морских осадках при температурах близких к замерзанию (до $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$) в ассоциации с деструкцией органического вещества. При температуре выше $+4-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ кристаллы икаита разрушаются, теряют воду и превращаются в кальцитовую кашицу. Главное отличие икаита от глендонитов заключается том, что его кристаллы не включают терригенный материал. Морфологически глендониты сходны с икаитом. Это – кристаллоподобные дипирамидальные и звездчатые образования, часто ассоциирующие с карбонатными конкрециями, частично или полностью их запечатывающими. Глендониты, как и конкреции, часто содержат большое количество терригенного осадка (минералы, окислы железа, обломки раковин). Это свидетельствует о формировании в слое рыхлого осадка [3].

В ходе комплексной научно-исследовательской экспедиции на НИС «Академик Опарин» (рейс № 61) в Японском море в результате промывки керна были обнаружены карбонатные конкреции с терригенной оторочкой. В результате изучения было установлено, что данные образования не что иное, как псевдоморфозы глендонита по икаиту. В данной работе представлены результаты морфологических, микроскопических, рентгенофлуоресцентных и микромографических исследований. Построена схематическая модель формирования псевдоморфоз глендонита по икаиту на основании полученных данных.

Проведенные исследования и анализ литературных источников показывают, что карбонатные конкреции, как проявление аутигенной минерализации, служат палеоиндикатором потока углеводородов, в частности метана [2, 3].

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант № 20-35-70014).

ЛИТЕРАТУРА

1. Rogov M., Ershova V., Vereshchagin O., Vasileva K., Mikhailova K., Krylov A. Database of global glendonite and ikaite records throughout the Phanerozoic // *Earth Syst. Sci. Data*. 2021. Vol. 13. P. 343–356.
2. Шакиров Р.Б., Сорочинская А.В., Яцук А.В., Аксентов К.И., Карабцов А.А., Вовна В.И., Осьмушко И.С., Короченцев В.В. Икаит в зоне метановой аномалии на континентальном склоне Японского моря // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2020. № 2 (46). С. 72–84.
3. Гептнер А.Р. Биохемогенные карбонаты (глендониты) в осадках Белого моря – возможный индикатор зоны дегазации углеводородов // *Природа шельфов и архипелагов Европейской Арктики*. Вып. 10. М.: ГЕОС, 2010. С. 56–63.

УДК 551.352

МОРФОЛОГИЯ ЦИРКОНОВ ИЗ ГРАНИТОИДОВ ЯПОНСКОГО МОРЯ

И.В. Гончарова¹, Т.С. Якимов², К.В. Саладьеv¹, У.В. Величко^{1,2}

¹ Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток, Россия

² Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

E-mail: goncharova.risha@mail.ru

Гранитоиды играют важную роль в строении складчатого фундамента шельфа и крупных подводных возвышенностей Японского моря, где они слагают тела, протягивающиеся на десятки и сотни километров. Среди них выделяются образования трех генетических классов: ультраметаморфогенные, палингенные и дифференциаты андезитовой магмы, которые по возрасту и геологическому положению подразделяются на шесть разновозрастных комплексов: архей–раннепротерозойский, позднепротерозойский, среднепалеозойский, позднепалеозойский, раннемеловой и позднемеловой [1]. Важнейшим минералом для выделения разновозрастных генетических типов является циркон, но помимо возрастных характеристик циркон может являться и геотермометром кристаллизации кислых горных пород, что показали многочисленные работы Pupin и других ученых [2, 3].

В качестве образцов были выбраны гранитоиды с возвышенности Кристофовича, хребта Ямато и материкового склона Приморья. Выделение цирконов из гранитоидов производилось по стандартной методике по работе с тяжелыми жидкостями. Для определения типологии цирконов использовался микроскоп Nikon eclipse 50i с увеличением от х5 до х60 и типологическая классификация основных типов и подтипов с соответствующей им геотермометрической шкалой [2]. Облик кристаллов цирконов в основном тетрагонально-бипирамидальный.

Для гранодиоритов возвышенности Кристофовича установлены несколько типов пирамид циркона с процентным содержанием: P1 – 65%, P2 – 22.5%, G1 – 3.75% и S9 – 8.75%. По типологии цирконов геотермометрия составляет: Tср. 660±50 °C, Tmin 600±50 °C и Tmax 700±50 °C. Цирконы из биотитовых гранитов материкового склона Приморья имеют 2 типа цирконов: P1 – 50% и P2 – 50%, что соответствует Tср. 675±50 °C, Tmin 650±50 °C и Tmax 700±50 °C. Цирконы биотитовых/биотит-рогообманковых гранитов хребта Ямато: P1 – 12.5%, P2 – 22.5%, S10 – 5% и Ab3 – 2.5%, что интерпретируется как Tср. 671±50 °C, Tmin 550±50 °C и Tmax 700±50 °C. Стоит отметить, что в цирконах возвышенности Кристофовича имеются включения цирконов 2-й генерации пирамиды G1, что свидетельствует о, по крайней мере, эволюционной тенденции развития кристаллов.

Таким образом, изучение цирконовой популяции гранитоидов может дать чрезвычайно ценные данные о его петрогенезисе, в частности о геотермометрическом вариационном режиме кристаллизации среды.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 121021500055-0 и при поддержке РФФИ (грант № 20-35-70014).

ЛИТЕРАТУРА

1. Леликов Е.П., Маляренко А.Н. Гранитоидный магматизм окраинных морей Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 1994. 268 с.
2. Pupin J.P., Turco G. Une typologie originale du zircon accessoire // Bull. Soc. Fr. Mineral. Cristallogr. 1972. Vol. 95. P. 348–359.
3. Pupin J.P. Zircon and granite petrology // Contrib. Mineral. Petrol. 1980. Vol. 73. P. 207–220.

УДК 550.7:551.351

КОНКРЕЦИИ СУЛЬФИДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮЖНО-КИТАЙСКОГО МОРЯ

В.Ю. Калгин

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

В настоящее время активно обсуждается механизм сульфидообразования в донных отложениях Мирового океана. Основным процессом, согласно которому сульфиды образуются в осадках морских бассейнов, является диагенез с участием жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов [1].

Исследованный материал получен в ходе комплексной совместной Российско-Вьетнамской геолого-геофизической и океанографической экспедиции в Южно-Китайском море (88-й рейс НИС «Академик М.А. Лаврентьев», 25.10.2019 – 08.12.2019).

Аутигенная минерализация широко распространена в донных отложениях Южно-Китайского моря. Сульфидные конкреции были обнаружены во всех станциях районов работ, особенно интенсивно – в бассейне Фу Хань, в меньшем количестве Нам Кон Сон и в осадочном бассейне Красной реки. Верхняя часть колонки донных отложений бассейна представлена слабо уплотненным, чаще жидким пелитовым илом оливкового цвета. В этой окисленной зоне в шлихе преобладают терригенные минералы (кварц, слюды и полевые шпаты) над аутигенными сульфидами железа. Нижняя часть часто представлена плотным алевропелитовым илом серовато-темного цвета. В восстановленной части кернов чаще всего наблюдается обратная картина, где шлик в основном сложен аутигенным пиритом с незначительной примесью терригенных минералов. Отмечается небольшая численность раковин фораминиферов, камеры которых заполнены сульфидами. По вещественному и рентгеноструктурному анализу все конкреции представлены пиритом.

Обильное сульфидообразование в некоторых колонках происходит при взаимодействии растворов с газом (H_2S), выделяющимся из илов донных отложений, как при сероводородном заражении придонной области. Также стоит учитывать возможность поступления H_2S в составе газовых выделений вместе с метаном с источника выхода углеводородов [2]. Таким образом, залив Фу Хань имел сероводородное заражение в четвертичной эпохе, продолжающееся до настоящего времени.

Выполнено при поддержке темы № 4 «Газогеохимические поля Мирового океана, геодинамические процессы и потоки природных газов, влияющие на формирование геологических структур с залежами углеводородов и аутигенной минерализации» (0211-2021-0006), науч. рук. А.И. Обжиров. Регистр. номер: 121021500055-0.

ЛИТЕРАТУРА

1. Предтеченская Е.А., Злобина О.Н., Злобин А.А. К вопросу о механизмах сульфидообразования в осадочных породах // Экзолит 2020. Литологические школы России: годичное собрание (научные чтения), посвящ. 215-летию основания Московского общества испытателей природы, Москва, 25–26 мая 2020 года. М.: МАКС Пресс, 2020. С. 179–184.
2. Леин А.Ю., Иванов М.В. Изотопный состав серы и углерода как результат биогеохимических процессов в Черном море // Система Черного моря. М.: Научный мир, 2018. С. 560–604.

УДК 550.84

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИИ МАТЕРИАЛОВ МОРСКОЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ НА ШЕЛЬФЕ САХАЛИНА

Ю.В. Костров¹, П.А. Каменев²

¹ ООО «РН-СахалинНИПИморнефть», г. Южно-Сахалинск, Россия

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

E-mail: kos-geo@yandex.ru

Геохимическая съемка залежей углеводородов (УВ) во всем мире является надежным инструментом комплекса геологоразведочных работ, позволяющим локализовать УВ-насыщение на открытых сейсморазведкой структурах, а также выявлять неструктурные залежи [1].

В 2011 г. на участке шельфа северо-запада о. Сахалин ЗАО «Пангея» проведена морская геохимическая съемка по сорбированным газам донных отложений. Геохимические исследования включали в себя отбор донного грунта в объеме 410 проб, 20 проб грунта на суше, отбор проб придонной воды в объеме 25 проб. Лабораторные химико-аналитические исследования включали: дегазацию проб на судне, хроматографический анализ на свободные газы (He, H₂, CO₂, N₂+O₂, C1–C6,); на легкие УВ (парообразные C7–C9, включая ароматические); на тяжелые УВ (C10–C24); микроэлементный анализ на 28 элементов; изотопный анализ газов δ¹³C; исследование Сорг; изучение биомаркеров.

По результатам геохимических исследований было построено 12 карт распределения углеводородных и неуглеводородных газов на территории района работ и 7 карт распределения металлов в донных отложениях. Перспективные участки выделялись по аномалиям с максимальным содержанием геохимических параметров. В 2019 г. авторы приступили к переработке и переинтерпретации данных с целью уточнения результатов. Работа базировалась на современных теоретических основах и методических подходах нефтегазопромышленной геохимии. Обработка результатов геохимического опробования осуществлялась по общепринятой методике, включающей предварительную обработку полевых данных, нормализацию данных по разнородным массивам (разновременным), статистический анализ данных, расчет газогеохимических показателей, выделение зон фоновых и аномальных концентраций газогеохимических показателей [2]. На основании этого производился расчет и определение типов газовых смесей углеводородных компонентов, вычисление геохимических коэффициентов. Интерпретация результатов проводилась на основе разработанной авторами модели интерпретации геохимических аномалий. Построены карты аномалий по 11 геохимическим критериям и два геолого-геохимических разреза. Комплексная интерпретация геолого-геохимических данных проводилась с учетом результатов сейсморазведки и бурения в едином проекте в геоинформационной системе Isoline.

Разработаны комплексные геохимические показатели для выделения перспективных в нефтегазоносном отношении зон, для выделения и оценки проводящих свойств тектонических нарушений, для прогноза фазового насыщения коллекторов. По результатам комплексной интерпретации выделены 6 перспективных участков, которые ранжированы по степени перспективности. С учетом результатов переинтерпретации скорректированы планы проведения геолого-разведочных работ на лицензионном участке Астрахановский.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обжиров А.И., Телегин Ю.А., Окулов А.К. Газогеохимические поля и распределение природных газов в дальневосточных морях // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 1 (25). С. 66–74.
2. Справочник по геохимии нефти и газа / С.Г. Неручев, Е.А. Рогозина, В.К. Шиманский и др. СПб.: Недра, 1998. 576 с.

УДК 550.8:551.351

**ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТА ОСАДКОВ
В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ МОРЯ****Р.Д. Косьян, Б.В. Дивинский***Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, г. Москва, Россия**E-mail: rkosyan@hotmail.com*

Благодаря развитию инструментальных средств измерения стал возможен более детальный анализ пространственно-временных характеристик волнового поля и поля взвешенных наносов.

Усилиями российских специалистов за последние десятилетия:

1. Собрана уникальная база данных наблюдений за перемещением наносов в штормовых ситуациях на прибрежных акваториях в разных физико-географических участках береговой зоны Черного, Балтийского, Северного, Средиземного, Южно-Китайского морей, дополненная обширным материалом данных лабораторных экспериментов в лучшей лаборатории Европы (Ганновер, Германия). Получен новый экспериментальный материал для определения физических особенностей транспорта наносов волновым потоком.

2. Рассмотрены основные механизмы, контролирующие амплитудные и фазовые соотношения флуктуаций концентрации и расхода взвешенных наносов на временных масштабах, меньших периода пика спектра ветровых волн. Отмечено наличие низкочастотных флуктуаций концентрации наносов с периодом порядка нескольких периодов ветровых волн и амплитудой, в несколько раз превышающей среднее значение концентрации.

3. Проанализирована ранее не исследованная проблема о влиянии частотного распределения волновой энергии в спектре поверхностных волн на транспорт донных осадков. Выявлены различия в реакции размываемого дна на внешнее возмущение, представленное нерегулярным поверхностным волнением с постоянными интегральными характеристиками (значительная высота волн и период пика спектра) и переменным частотным распределением энергии волн.

4. Исследовано влияние волн зыби на перераспределение донных осадков в прибрежной зоне моря. Показано, что разделение волнового поля на отдельные компоненты позволяет более корректно описать пространственно-временную структуру поверхностного волнения, а также существенно уточнить схемы транспорта донных осадков в прибрежной зоне. На примере Анапской пересыпи показано, что возможны ситуации, при которых вдольбереговой поток донных отложений практически полностью определяется волнами зыби.

Результаты натурных и лабораторных экспериментов позволяют определить направления дальнейших исследований по созданию физически обоснованных моделей транспорта наносов волнами и волновыми течениями.

Анализ экспериментальных данных проведен при поддержке РФФИ (проект № 20-17-00060).

УДК 551.435.32

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ ЭОЛОВОГО МОРФОЛИТОГЕНЕЗА НА БЕРЕГАХ МОРЕЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

А.И. Левицкий

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

В результате проведенного исследования были установлены особенности распространения эоловых форм на берегах морей Дальнего Востока. Циклы эолового морфогенеза в береговой зоне связаны с изменением баланса наносов, которые определяются, главным образом, колебаниями уровня моря [1].

Основные закономерности динамики эоловых процессов на берегах дальневосточных морей в голоцене ранее были представлены следующим образом:

- на участках побережья, характеризующихся выносом большого количества обломочного материала с суши, развитие процессов эоловой аккумуляции связывается с понижением уровня моря,
- на побережье, где поступление наносов в береговую зону обеспечивается преимущественно морскими гидродинамическими процессами, эоловые отложения формируются в период усиления размыва при подъеме уровня моря [2].

Анализ материалов дистанционного зондирования Земли из источников общего доступа был проведен в геоинформационной системе Quantum GIS, контуры соответствуют точности исходных данных. Для получения площади участков использован инструмент «Добавить атрибуты геометрии» с опцией «Расчет на эллипсе». Вычисления произведены на эллипсе WGS84 EPSG:7030. В результате установлено, что эоловый морфолитогенез характерен для песчаных берегов умеренного, субарктического и арктического поясов Северной Пацифики. Нами было рассмотрено шесть основных дюнных полей, для которых были рассчитаны основные картометрические параметры (см. таблицу).

Наиболее отчетливо эоловые формы рельефа представлены на Сахалинских берегах Амурского лимана и Сахалинского залива, а также лагунном побережье северо-восточного Сахалина, берегах юго-западной Камчатки и южных Курильских островов. Также, крупное дюнное поле сформировано на о. Беринга.

Основные картометрические характеристики дюнных полей Северной Пацифики

Местоположение	Площадь, км ²	Длина берега, км	Ширина ср., км
А	169	295.463	0.572
Б	85	352.629	0.241
В	23	75.798	0.300
Г	7	35.698	0.189
Д	17	57.285	0.296
Е	12	45.850	0.262
Всего	312	863	0.361

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.В. Морфолитодинамические процессы и развитие берегов контактной зоны субарктических и умеренных морей Северной Пацифики. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2020. 234 с. doi: 10.30730/978-5-6040621-8-0.2020-1
2. Афанасьев В.В. Эволюция побережья дальневосточных морей в голоцене // Эволюция берегов в условиях поднятия уровня океана. М.: ИО РАН, 1992. С. 166–174.

УДК 553.2

**МЕДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В АГАТАХ БУХТЫ ШЛЮПОЧНАЯ
(ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА, РОССИЯ)****Г.А. Пальянова¹, Е.Г. Сидоров², А.А. Боровиков¹, Ю.В. Серёткин¹, В.Ю. Зинина¹**¹ *Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г.Новосибирск, Россия*² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия**E-mail: palyan@igm.nsc.ru*

Исследован минеральный состав агатов месторождения Шлюпочное (Восточная Камчатка, Россия) [1, 2]. Для изучения образцов использовались оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, электронный микрозондовый анализ, порошковая рентгеновская дифракция, рамановская спектроскопия, крио- и термометрия флюидных включений. Установлено, что медная минерализация в агатах представлена самородной медью, а также сульфидами меди (халькозином, джарлеитом, дигенитом, анилитом, ярровитом). Самородная медь локализуется в кремнистой матрице в виде включений размером обычно меньше 100 микрон, редко до 1 мм, образуя дендриты и кристаллы кубической сингонии. Включения сульфидов меди характеризуются эвгедральной формой, встречаются в интерстициях халцедона. В кремнезёмной матрице имеются агрегаты сфероидной или овальной формы, в центре которых располагается самородная медь, далее располагаются ритмы сульфидов меди и кремнезёма. Куприт встречается в сростании с самородной медью и образует микропрожилки в халцедоне. Помимо минералов меди в агатах были обнаружены сфалерит и самородное серебро [3].

Медная минерализация, по-видимому, имеет двухстадийный характер. Идиоморфный облик кристаллов самородной меди и четкие границы с кремнезёмной матрицей позволяют судить об их одновременной кристаллизации на ранней стадии. Замещение самородной меди и отложение сульфидов меди в поровом и интерстиционном пространстве сфероидно-слоистых агрегатов кремнезёма свидетельствуют о более позднем их отложении. Результаты рамановской спектроскопии и порошкового рентгеновского дифракционного анализа показали, что агаты Авачинской губы помимо кварца и могоanita содержат кристобалит. Исследование флюидных включений показывает, что кристаллический кварц в центральной части в агатах образовался при участии растворов, содержащих очень низкие концентрации солей (<0,3 мас.% экв. NaCl) в интервале температур 110–50 °С и ниже. Основными солевыми компонентами были CaCl₂ и NaCl с вероятной примесью MgCl₂.

Присутствие в агатах вулканогенных толщ Восточной Камчатки медной минерализации может служить прямым признаком повышенных содержаний меди и других рудных элементов в окружающих породах и наличие рудопроявлений с медью. В агатах месторождения Шлюпочное отсутствуют трещины, что позволяет отнести их к ювелирно-поделочным сортам агатов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Гранта Министерства науки и высшего образования РФ № 13.1902.21.0018 «Фундаментальные проблемы развития минерально-сырьевой базы высокотехнологичной промышленности и энергетики России».

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев Д.П. Россыпь агатов мыса Вертикальный, Восточная Камчатка. Вестник Камчатского регионального объединения «Учебно-научный центр». Серия: Науки о Земле. Выпуск 47, № 3ДО: 10.31431 / 1816-5524-2020-47-3-107-111
2. Сидоров Е.Г.; Кутьев Ф.Т., Аникин П.П. Самородная медь агатов Курило-Камчатской провинции. В сб. Самородные металлы в постмагматических образованиях; Якутск, Изд-во: Якутск, Россия, 1985; С. 72–73.
3. Palyanova, G.; Sidorov, E.; Borovikov, A.; Seryotkin, Y. Copper-Containing Agates of the Avacha Bay (Eastern Kamchatka, Russia) // Minerals, 2020, 10, 1124.

УДК 551.352

НОВЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ГРАНИТОИДОВ ХРЕБТА ЯМАТО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

К.В. Саладьеv¹, Т.С. Якимов², И.В. Гончарова¹, У.В. Величко^{1,2}

¹ Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток, Россия

² Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

E-mail: k.saladiev@yandex.ru

Гранитоидные породы широко распространены в центральной части дна Японского моря и слагают большую часть хребта Ямато, играя важную роль в строении подводной возвышенности, характеризующейся «субконтинентальным» типом коры. Эти породы слагают крупные тела, протягивающиеся на десятки и сотни километров [1]. В работе приведены данные по распределению редкоземельных элементов в гранитоидах хребта Ямато, на основе которых выделено несколько их генетических типов.

Определение содержаний редких и рассеянных элементов (Li, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Sn, Cs, Ba, PЗЭ, Hf, Pb, Bi, Th, U) в образцах выполнено в Институте геологии и геохимии УрО РАН методом ICP-MS на квадрупольном масс-спектрометре NexION 300S (аналитики Д.В. Киселева, Н.В. Чередниченко) в соответствии с процедурой, изложенной в [2]. Микроволновое разложение проб осуществлялось смесью кислот HCl + HNO₃ + HF с использованием системы Berghof Speedwave MWS 3+. Точность определения элементов контролировалась с помощью сертифицированных образцов базальта BCR-2 и андезита AGV-2 (USGS). Пределы обнаружения редких, редкоземельных и высокозарядных элементов составили от 0.005 до 0.1 г/г при точности анализа 2–7 отн. %.

Возвышенность Ямато делится на Северное Ямато и Южное, по нормированным PЗЭ в каждом выделяется 2 типа пород. *Северное Ямато*: 1 тип – роговообманковые и роговообманково-биотитовые граниты $\sum(REE_n) = 77.22\text{--}153.21$, $REE(Lun/Lan) = 0.024\text{--}0.073$, ярко выраженная положительная европиевая аномалия $Eu/Eu^* = 1.39\text{--}2.17$; 2 тип – биотитовые граниты $\sum(REE_n) = 103.04\text{--}433.92$, $REE(Lun/Lan) = 0.032\text{--}0.357$, слабо выраженная европиевая аномалия $Eu/Eu^* = 0.90\text{--}1.39$. *Южное Ямато*: 1 тип – плагиограниты $\sum(REE_n) = 158.04\text{--}317.72$, $REE(Lun/Lan) = 0.039\text{--}0.055$, ярко выраженная отрицательная аномалия $Eu/Eu^* = 0.57\text{--}0.578$; 2 тип – гранодиориты, монциты и кварцевые диориты $\sum(REE_n) = 287.99\text{--}508.16$, $REE(Lun/Lan) = 0.031\text{--}0.35$, слабовыраженная европиевая аномалия $Eu/Eu^* = 0.97\text{--}1.12$.

Характер графиков ассиметричный с преобладанием LREE над HREE. Как видно из приведенных данных, европиевая отрицательная аномалия плагиогранитов Южного Ямато более ярко выражена, чем у остальных 3 типов пород, это характерно для верхней континентальной коры. Роговообманковые и роговообманково-биотитовые граниты имеют положительную европиевую аномалию, что свидетельствует о нижнекоровом, мантийном источнике, также отмечается минимум по Y, что может говорить о наличии граната в рестите. Гранодиориты, кварцевые диориты и монциты имеют синергичный график распределения PЗЭ, что указывает на единый источник, и, возможно, образование пород происходило в результате дифференциации андезитовых магм. На диаграммах Y+Nb–Rb и Y–Nb все точки пород попадают в поле островодужных гранитов и островодужных + синколлизийных гранитов.

Микроэлементный ИСП-МС анализ проводился в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» в рамках государственного задания ИГГ УрО РАН № АААА-А18-118053090045–8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леликов Е.П., Маляренко А.Н. Гранитоидный магматизм окраинных морей Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 1994. 268 с.
2. Чашин В.В., Петров С.В., Киселева Д.В., Савченко Е.Э. Платиноносность и условия образования сульфидного ЭПГ-Cu–Ni месторождения НЮД-II Мончегорского плутона, Кольский полуостров, Россия // Геология рудных месторождений. 2021. Т. 63, № 2. С. 99–131.

УДК 551.435.36

**КАРТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
КАРТЫ БЕРЕГОВ МИРА ДЖОНА Т. МАКГИЛА (1958 Г.)****М.В. Сеначин***Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: m.senachin@yandex.ru*

Типизация морских берегов – одна из основных проблем береговой геоморфологии. В докладе представлены результаты переработки одного из первых опытов классификации берегов Тихого океана на основе современных принципов анализа геопространственной информации.

Основная задачей было определить протяженность каждого из типов берегов Тихого океана. Для решения данной задачи была выбрана карта Джона Т. Макгила [1].

Джон Т. Макгил с целью классификации типов берегов земного шара создал карту «берегов мира». Первым шагом было составление и размещение на карте информации о распределении основных классов форм рельефа и связанных с ними геологических структур. Он определил доминирующие формы рельефа, основные прибрежные формы в прибрежной полосе, простирающейся вглубь суши на расстояние от 5 до 10 миль. Картографическим нововведением на карте было использование самого берегового контура для обозначения распределения основных классов прибрежных форм рельефа (равнин, плато, холмов, гор). За основу была взята эллиптическая равновеликая проекция Бриземейстера, разработанная специально для использования в качестве основы или компиляции основных прибрежных форм рельефа и связанных с ними береговых элементов. Проекция дает связное представление о масштабах оледенения, вечной мерзлоты и морского льда в северных широтах. Изображение Арктического моря непрерывно и имеет небольшое искажение. Кроме того, масштаб позволяет отображать типовые различия объектов размером от 10 до 15 миль в направлении побережья. Д.Т. Макгил на основе проекции создал и дополнил свою карту.

Для решения данной задачи мы перепроецировали и оцифровали карту в системе координат WGS84 в кроссплатформенной геоинформационной системе Qgis (Quantum GIS) версии 3.16 [2]. В результате каждый из 18 представленных на карте типов берегов был оценен в процентах от общей 263 766-километровой протяженности берегов Тихого океана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джон Т. Макгил. Карта прибрежных форм рельефа мира // Географическое обозрение. 1958. Vol. 48, No. 3. С. 402–405.
2. Руководство пользователя программного обеспечения географической информационной системы (ГИС) QGIS. URL: <https://www.qgis.org>

УДК 556:551.24

ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЕЙ ГЕЛИЯ И ВОДОРОДА ПРИВЬЕТНАМСКОЙ ЧАСТИ ЮЖНО-КИТАЙСКОГО МОРЯ (ПО ДАННЫМ РЕЙСА 88 НИС «АКАДЕМИК М.А. ЛАВРЕНТЬЕВ», 2019)

Н.С. Сырбу

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

Южно-Китайское море является одним из ключевых в понимании геофизических, геологических, океанографических, климатических и биоресурсных процессов, происходящих в западной части Тихого океана. Представлены результаты комплексной совместной Российско-Вьетнамской геолого-геофизической и океанографической экспедиции в Южно-Китайском море (НИС «Академик М.А. Лаврентьев, рейс 88, 2019), которая входит в состав серии экспедиций в соответствии с Десятилетием ООН, посвященным изучению Мирового океана в интересах устойчивого развития. Организаторами морской экспедиции являлись Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН и Институт морской геологии и геофизики, Вьетнамская академия наук и технологий.

Взаимосвязь между распределением газовых потоков и современными геодинамическими процессами не вызывает сомнений [1]. Геодинамически активные глубинные разломы являются каналами дегазации Земли, которые в условиях моря выражаются в виде газогеохимических полей с аномально повышенными концентрациями гелия, водорода, метана и других газов в толще вод и донных отложениях. Временная изменчивость газогеохимических полей отражает динамику тектонических процессов, изменения сейсмичности [2].

В рамках экспедиции были проведены газогеохимические исследования содержания метана, углеводородных газов и углекислого газа в глубинных, поверхностных и подповерхностных слоях водной толщи, а также в донных отложениях осадочных бассейнов Нам Кон Сон, Фу Хань и Красной Реки. Всего поднято и проанализировано 49 колонок осадочных отложений, из них 15 на Южном полигоне, 35 в Центральном и 5 в Северном.

Водород был установлен во всех пробах донных отложений в концентрации от 0.01 ppm (Северный район, бассейн Красной Реки) до 93 ppm (Центральный район, бассейн Фу Хань).

Можно отметить, что по сравнению с Японским и Охотским морями зоны активной дегазации дна на привьетнамском шельфе и склоне имеют локальный характер распространения, хотя интенсивность газогеохимических аномалий в них сопоставима с аналогичными зонами в дальневосточных морях. В толще вод Южно-Китайского моря впервые найдены аномальные поля метана (до 5000 нл/л) и водорода (до 93 ppm), которые сравнимы с аномалиями на нефтегазоносном шельфе и газогидратоносном склоне о. Сахалин.

Работы были выполнены в рамках совместной Российско-Вьетнамской лаборатории по морским геонаукам (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН и Институт морской геологии и геофизики, ВАНТ) и при финансовой поддержке РФФИ (грант № 20-35-70014).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравцов А.И., Войтов Г.И., Фридман А.И. и др. О содержании водорода в свободных струях в Хибинах // Докл. АН СССР. 1967. № 5. С. 1190–1192.
2. Войтов Г.И., Добровольский И.П. Химические и изотопноуглеродные нестабильности потоков природных газов в сейсмически активных регионах // Физика Земли. 1994. № 3. С. 20–31.

УДК 551.435.31

МОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ СКАЛЬНОГО БЕНЧА, КОСЕЙСМИЧЕСКИ ПОДНЯТОГО В РЕЗУЛЬТАТЕ НЕВЕЛЬСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2007 Г.

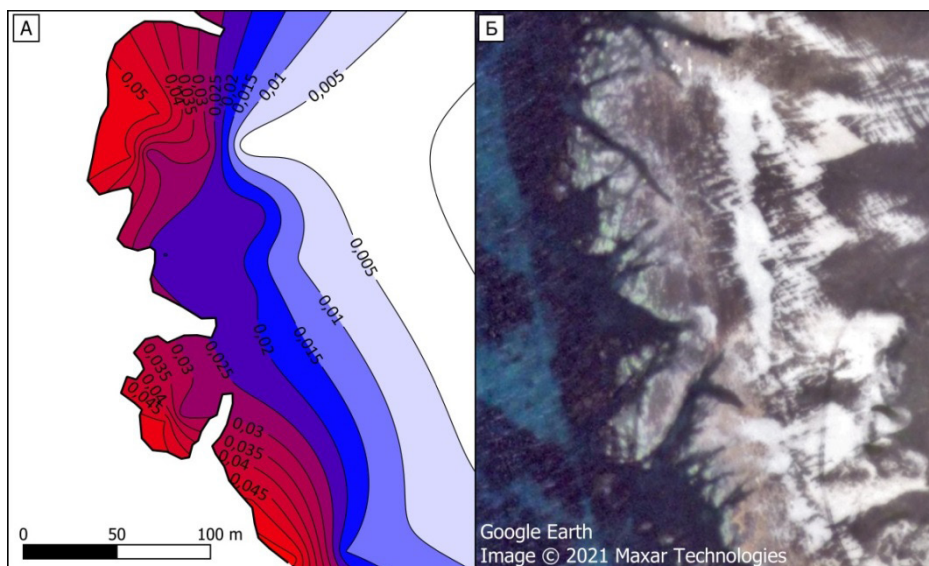
А.В. Уба

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

Исследуемый участок расположен на юго-западном побережье о. Сахалин, в черте г. Невельск. Он представляет собой субгоризонтальную, абразионно-денудационную, надводную платформу, сложенную алеволитами и маломощными переслоями более прочных кальцитизированных мелкозернистых песчаников.

Для обеспечения точных измерений в 2011 г. была заложена реперная сеть, состоящая из забетонированных на 45 см стальных шестигранников длиной 50 см, с заостренным концом. Сеть состояла из 14 профилей по 4–7 реперов в каждом. Расстояние между профилями 25 м, расстояние между реперами по профилю 10 м. Была разработана методика измерения формы поверхности с применением цифровой фотограмметрии – “Structure-From-Motion” (SFM). С июня 2016 г. измерения производятся с применением данной методики.

Для привязки цифровой модели была сконструирована алюминиевая рамка размерами 1.5×1.5 м, с возможностью горизонтальной установки и с известными параметрами геометрии. Для съемки мы используем камеру SONY A6000, с объективом 16 мм. Высота съемки 1.5 м. Из полученных снимков в программе Agisoft Metashape построены матрицы высот, которые использованы для оценки характера и скоростей разрушения участка и вычисления удельного объема разрушения на единицу площади. Ошибка среднего значения размыва, полученного по этим данным, исходя из условия, что ошибки моделей распределены равномерно, и с учетом возможных ошибок привязки модели составляет не более 1 мм. По результатам измерений была построена схема среднегодулетнего разрушения поверхности бенча (см. рисунок).



Среднегодовые скорости разрушения поверхности бенча за 2016–2020 гг.

А – схема деформаций (изолинии проведены через 0.005 м),

Б – фрагмент спутникового снимка участка.

УДК 551.352

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНИТОИДОВ ХРЕБТА ЯМАТО
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ)Т.С. Якимов¹, И.В. Гончарова², К.В. Саладьев², У.В. Величко^{1,2}¹ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия² Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток, Россия

E-mail: yakimov-timur@mail.ru

Интрузивные породы широко развиты на дне Японского моря и играют важную роль в строении складчатого фундамента шельфа, материкового склона и подводных возвышенностей, характеризующихся «субконтинентальным» типом коры. Эти породы слагают крупные тела, протягивающиеся на десятки и сотни километров [1]. В работе приведены петрографические материалы по гранитоидному магматизму хребта Ямато.

По петрографической характеристике выделены 3 типа гранитоидов: плагиограниты, гранодиориты и биотитовые/биотит-роговообманковые граниты. Гранодиориты распространены на Южном Ямато, остальные породы – на Северном.

Гранодиорит представлен гипидиоморфной структурой, состоящей из плагиоклаза (50–60%), роговой обманки (до 30%), кварца (15–20%), рудных минералов (до 5%) и акцессорных минералов (до 3%). Плагиоклаз наблюдается в виде полисинтетических двойников изоморфного ряда альбит–олигоклаз. Форма кристаллов призматическая, выделения до 2 мм. Сосюритизация в целом проявлена слабо. Роговая обманка представлена в 2 генерациях: 1 – изометричные агрегаты; 2 – шестоватые, изометричные зерна в плагиоклазе. Акцессорными минералами являются цирконы, они кристаллизуются в виде длиннопризматических тетрагонально-дипирамидальных кристаллов размером 0.015–0.018 мм, находящихся в виде включений в роговой обманке первой генерации. Выделения породообразующих минералов, таких как плагиоклаз и роговая обманка, указывают на близко-одновременное образование.

Биотит-роговообманковый гранит сложен преимущественно плагиоклазом (40–50%), калиевый полевой шпат (10–15%), кварцем (15–20%), роговой обманкой (до 15%), биотитом (до 8%) и магнетитом (до 3%). Структура – гипидиоморфнозернистая. Плагиоклаз проявлен в виде таблитчатых кристаллов с редкими полисинтетическими двойниками, реже в виде изометричных выделений. Сосюритизация проявлена широко. КППШ имеет вытянутую призматическую форму с мезопертитами. В виде удлиненно-призматических кристаллов представлена роговая обманка с включениями магнетита. Биотит образует изометричные выделения, реже короткопризматические кристаллы в плагиоклазе.

Плагиограниты по минералогическому составу представлены плагиоклазом (50–60%), кварцем (15–20%), биотитом (до 20%), сфеном (до 1%), цирконом (до 1%). Плагиоклаз имеет призматические кристаллы длиной до 5 мм, с очаговой сосюритизацией. Кварц ксеноморфен. Биотит хлоритизирован, имеет удлиненные изометричные выделения длиной до 2 мм. Агрегаты сфена представляют собой характерные клиновидные «конверты» до 0.015 мм. Цирконы кристаллизуются в виде длиннопризматических тетрагонально-дипирамидальных кристаллов размером 0.015–0.025 мм, в основном встречаются в плагиоклазах.

Таким образом, гранитоиды хребта Ямато имеют схожие черты. Следовательно, данные образования стоит рассматривать в комплексе.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 121021500055-0 и при поддержке РФФИ (грант № 20-35-70014).

ЛИТЕРАТУРА

1. Леликов Е.П., Маляренко А.Н. Гранитоидный магматизм окраинных морей Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 1994. 268 с.

УДК 582.29+504.73+504.5

**ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА,
РАСПОЛОЖЕННОГО НА ОСТРОВЕ САХАЛИН****Е.И. Аврунев***Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия**E-mail: avrunev_ei@ngs.ru*

Устойчивое развитие нефтегазодобывающего комплекса невозможно без геодезического обеспечения, которое в первую очередь заключается в построении геодезической сети на территорию о. Сахалин [1]. Наличие в территориальном образовании геодезических пунктов с координатами, определенными в соответствующей системе координат, является основанием для создания единого геопространства, с использованием которого возможно решить все вопросы как строительства и эксплуатации нефтегазодобывающего комплекса, так и осуществления градостроительной, землеустроительной и кадастровой деятельности [2]. Тем более что это становится актуальной научно-технической задачей в эпоху коренной цифровизации экономики Российской Федерации [3].

Важными аспектами проектирования и построения на местности геодезических сетей применительно к о. Сахалин являются следующие:

- пункты геодезической сети в условиях высокой сейсмичности о. Сахалин должны быть стабильны в пространстве и времени;
- точность определения параметров геодезической сети должна соответствовать требованиям градостроительной, землеустроительной и кадастровой деятельности, осуществляемой, в том числе, для обеспечения строительства и эксплуатации нефтегазодобывающего комплекса;
- выбор измерительного технологического оборудования, применяемого при полевых измерениях в геодезической сети, должен обеспечивать получение заданных точностных параметров;
- математическая обработка результатов полевых геодезических измерений должна выполняться в строгом соответствии с методом наименьших квадратов с оценкой точности параметров, определяющих соответствие построенной геодезической сети требованиям как строительства и эксплуатации нефтегазового комплекса, так и градостроительной, землеустроительной и кадастровой деятельности на территории о. Сахалин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврунев Е.И. Геодезическое обеспечение Государственного кадастра недвижимости. Новосибирск: Изд-во СГГА, 2010. 144 с.
2. Карпик А.П. Методические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий. Новосибирск: Изд-во СГГА, 2004. 260 с.
3. Варламов А.А., Гальченко С.А., Аврунев Е.И. Кадастровая деятельность. М.: Форум, 2015. 256 с.

УДК 502.55:665.6(571.56)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЯКУТИИ

Ю.С. Глянцева, И.Н. Зуева, С.Х. Лифшиц, О.Н. Чалая

*Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск, Россия
E-mail: glyaz1408@mail.ru*

На территории Республики Саха (Якутия) сосредоточены значительные природные ресурсы углеводородов. Объемы добычи сырой нефти в 2019 г. составили 14.1 млн т [1]. Планируется разведка и включение в разработку новых месторождений, в перспективе включая шельф Арктической зоны, а также создание нефтеперерабатывающей промышленности [2]. Эксплуатация объектов нефтегазового комплекса в условиях криолитозоны может сопровождаться риском возникновения аварийных ситуаций, иногда достигающих масштаба экологических катастроф, таких как одна из крупнейших аварий в 2020 г. в г. Норильск, где произошла утечка более 20 тыс. т дизельного топлива [3]. По данным Министерства экологии, природопользования и лесного хозяйства Республики Саха (Якутия), за последние 12 лет в республике зафиксировано более 316 случаев разлива нефти и нефтепродуктов.

В Якутии нефть и нефтепродукты доставляются в отдаленные районы по рекам, по берегам которых расположены нефтебазы, относящиеся к категории объектов с высокой техногенной нагрузкой, поскольку в результате их эксплуатации происходит загрязнение окружающей среды. Территории нефтебаз, как правило, характеризуются чрезвычайно высоким уровнем загрязнения и его неравномерностью, что обусловлено характером распределения различных (по объемам, интенсивности, срокам возникновения и продолжительности) хронических и аварийных утечек разнообразных по составу нефтепродуктов. Основными факторами трансформации нефтяных углеводородов в условиях криолитозоны являются температурный режим, уровень залегания многолетнемерзлых пород, содержание органического вещества, биологическая активность почв, условия аэрации и др.

Наш опыт показывает, что освоение углеводородных ресурсов должно сопровождаться опережающим изучением современного экологического состояния территорий и разработкой эффективных и экологичных способов восстановления нарушенных земель. Комплексное изучение особенностей углеводородного геохимического фона позволяет вести научно обоснованный мониторинг, своевременно выявлять нефтезагрязненные участки почв, проводить мероприятия по очистке территорий от нефтезагрязнений, производить оценку качества рекультивационных работ.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант № 18-45-140009 p_a) и государственного задания № АААА-А21-121011490054-0.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) в 2019 году / Правительство Респ. Саха (Якутия), Минэкологии Респ. Саха (Якутия). Якутск, 2020. URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/2021/04/13/files/%D0%93%D0%94%20-2019.pdf>
2. Петров Н.А., Ефимов В.М., Алексеев Н.Н., Ситников В.С. Состояние и основные задачи инновационного развития нефтегазового комплекса Республики Саха (Якутия) // Наука и образование. 2012. № 1. С. 35–39.
3. Трошко К.А., Денисов П.В., Лаврова О.Ю. и др. Наблюдение загрязнений реки Амбарной, возникших в результате аварии на ТЭЦ-3 города Норильска 29 мая 2020 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17, № 3. С. 267–274.

УДК 550.8+551.2.3

ИЗУЧЕНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ ОБНАЖЕНИЯХ КРЕМНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО САХАЛИНА**В.А. Дегтярев^{1,2}, П.А. Каменев², Ю.В. Костров¹, А.В. Маринин³, И.В. Бондарь³, Н.А. Гордеев³**¹ ООО «РН-СахалинНИПИморнефть», г. Южно-Сахалинск, Россия² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия³ Институт Физики Земли РАН им. О.Ю. Шмидта, г. Москва, РоссияE-mail: ¹vadegtyarev@snipi.rosneft.ru, ²p.kamenev@imgg.ru, ³marinin@ifz.ru, bond@ifz.ru, gord@ifz.ru

Летом 2020 г. проведена экспедиция на севере о. Сахалин, на п-ове Шмидта, с целью комплексного изучения кремнистых отложений пильской свиты, которые рассматриваются как объект восполнения ресурсной базы углеводородов за счет разработки коллекторов нетрадиционного типа.

Экспедиция инициирована компанией Роснефть ООО «РН-СахалинНИПИморнефть». Также к решению задач привлекались сотрудники Института физики Земли Российской академии наук и Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук.

В задачи исследования входило изучение в естественных обнажениях кайнозойских отложений и отбор образцов для аналитических исследований (геомеханических, геохимических, литологических и т.п.), изучение малых структурных форм (складки, разрывные нарушения, зеркала скольжения, отрывы, сколовые трещины), являющихся индикаторами тектонических деформаций массива горных пород [1]. Реконструкция напряженно-деформированного состояния, построение диаграмм трещиноватости на основе методов структурной геологии и тектонофизики. Подобные работы на Сахалине уже проводились [2].

В ходе экспедиции 2020 г. были изучены и опробованы 7 стратиграфических подразделений (в том числе 1 – мезозойского возраста, 6 – кайнозойского) [3]. В каждой точке наблюдения, а также между точками по ходу маршрута проведено детальное описание литологии. В точках наблюдения опробованы основные литотипы, сфотографированы точки отбора образцов и общий вид обнажений.

В ходе камеральных работ по данным полевых замеров проведена реконструкция напряженно-деформированного состояния горных пород. Проведен анализ систем тектонической трещиноватости разных кинематических типов с их объединением в устойчивые структурные ассоциации (парагенезы) [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В. От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методы и алгоритмы. М.: ГЕОС, 2017. 234 с.
2. Сим Л.А., Богомолов Л.М., Брянцева Г.В., Саввичев П.А. Неотектоника и тектонические напряжения о. Сахалин // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8, № 1. С. 181–202. <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-1-0237>
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 (второе поколение). Серия Сахалинская. Лист N-54-XVII (мыс Елизаветы). Объяснительная записка / А.А. Коноваленко, Б.А. Науменко, А.Н. Речкин, И.Б. Васюк, Ю.В. Костров. М., 2001. 152 с.
4. Расцветаев Л.М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений // Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. М.: ГИН АН СССР, 1987. Ч. 2. С. 173–235.

УДК 37.31.31+38.53.21

СРАВНЕНИЕ ПРОГНОЗНЫХ ОЦЕНОК ОСЕДАНИЯ ДНА МОРЯ В РАЙОНЕ ЮЖНО-КИРИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.С. Жуков¹, Д.К. Кузьмин¹, Ю.О. Кузьмин¹, И.В. Плешков²

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

² ООО «Рок Флоу Динамикс», г. Москва, Россия

E-mail: vital.zhukov2018@yandex.ru

Одной из форм проявления негативных геодинамических последствий разработки месторождений углеводородов является обширное оседание земной поверхности [1, 2, 3, 4]. Относительные деформации могут достигнуть значений 10^{-3} , обозначенных в нормативных документах как опасные [5, 6]. Для шельфовых месторождений мониторинг деформаций, по естественным причинам, практически невозможен, поэтому актуальны модельные оценки возможных деформаций различными методами. Важно оценить, насколько снижают оседание дна моря изменения коэффициентов пористости и сжимаемости пор за период разработки месторождения.

Анализ изменений петрофизических параметров коллекторов дагинского горизонта, исследованных по методике [7], при разработке месторождения на истощение показал, что при снижении давления флюида в пласте на 10 МПа коэффициент пористости уменьшится на 0.038 абс.%, сжимаемость пор – на $0.08 \cdot 10^{-3}$ 1/МПа (5.3%) относительно ее начальной величины [8, 9]. С помощью ПО «Петрель» была получена разница эффективных толщин геологической модели, при эффективных давлениях 37 и 47 МПа, которая была принята за величину изменения толщины продуктивного пласта и, следовательно, оседания дна моря в интервале от 80 до 120 см.

Применение генетической объемной модели деформируемого пласта [5] показало, что при снижении пластового давления на 10 МПа максимальная амплитуда оседания дна моря составит 101 см. Эта величина на 20% меньше полученной с помощью ПО «Петрель», за счет неучета деформаций вышележащих слоев.

Использование генетической модели и данных о сжимаемости пор коллектора после снижения пластового давления на 10 МПа дало оценку оседания дна моря уже в 95 см. Разница оседаний с учетом изменений сжимаемости пор при разработке и без него существенна: при снижении пластового давления на 10 МПа она составляет 6 см, а к концу разработки, при снижении пластового давления на 27–28 МПа, достигает 20–30 см. Эти исследования показали, что учет динамики петрофизических характеристик при разработке существенно меняет величину деформаций земной поверхности над залежью.

Работа подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИФЗ РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин Ю.О. Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная разработкой месторождений нефти и газа // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. М.: ГЕОС, 2002. С. 418–427.
2. Кузьмин Ю.О. Проблемные вопросы изучения деформационных процессов в современной геодинамике // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 3. С. 98–107.
3. Жардецкий А.В., Жуков В.С., Моисеев П.В., Кузьмин Ю.О. Применение геолого-математического моделирования для мониторинга геодинамических процессов при эксплуатации ПХГ // Каротажник. 2003. № 102. С. 67–76.
4. Жуков В.С. Оценка изменений физических свойств коллекторов, вызванных разработкой месторождений нефти и газа // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010, № 6. С. 341–349.
5. Кузьмин Ю.О. Еще раз об оценке оседания дна акватории в случае разработки сеноманской залежи одного газового месторождения // Маркшейдерский вестник. 2010. № 1. С. 53–60.
6. Абрамян Г.О., Кузьмин Д.К. Моделирование градиентов смещений земной поверхности на разрабатываемых месторождениях нефти и газа // Маркшейдерский вестник. 2019. № 5. С. 56–62.
7. Жуков В.С., Люгай Д.В. Определение фильтрационно-емкостных и упругих свойств и электрических параметров образцов горных пород при моделировании пластовых условий: учеб.-метод. пособие. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2016. 56 с.
8. Жуков В.С., Иванов П.Ю. Изменение физических свойств коллектора как результат роста эффективного давления в процессе разработки месторождения (моделирование на примере Южно-Киринского месторождения) // Вести газовой науки. 2015, № 4 (24). С. 144–148.
9. Жуков В.С., Кузьмин Ю.О., Семенов Е.О. Динамика физических свойств коллекторов при разработке месторождений нефти и газа // Вести газовой науки. 2018. № 1 (12). С. 82–99.

УДК 622.831

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД
ЮЖНОГО САХАЛИНАП.А. Каменев¹, Л.М. Богомолов¹, О.М. Усольцева², П.А. Цой², В.Н. Семенов²¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия² Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия

E-mail: p.kamenev@imgg.ru

На начальном этапе работ нами были отобраны образцы пород невельской и холмской свит из карьера Петропавловский [2], на следующем этапе – отбор проб на восточном и западном побережье юга Сахалина. На восточном побережье образцы были отобраны в Корсаковском районе на мысе Птичий. Серия представлена породами юнонской толщи T_2J_{jun} . На западном побережье образцы пород отбирались в Невельском районе, 3 километра северней с. Шебунино. Серия представлена породами холмской свиты N_1h_1 . Из отобранных пород было изготовлено в общей сложности 36 кернов для проведения механических испытаний. Методика изготовления кернов подробно изложена в работе [3].

Геомеханические параметры (пределы прочности, статический модуль Юнга и коэффициент Пуассона, сцепление и угол внутреннего трения) изучали с помощью испытательной машины INSTRON 8802. Проводились измерения скоростей распространения упругих продольных и поперечных волн с использованием прибора Pundit Lab. На их основе были определены динамические модуль Юнга и коэффициент Пуассона. В результате испытаний образцов алевролитов холмской N_1h_1 , невельской N_1nv и юнонской T_2J_{jun} свит получены значения предела прочности σ_b , динамического ($E_{дин}$) и статического ($E_{ст}$) модуля Юнга, коэффициента Пуассона ($\nu_{дин}$) ($\nu_{ст}$), величин прочности на одноосное сжатие (σ). Определены сцепление C_0 и угол внутреннего трения ϕ ; а также соответствующих данных “in situ” из работ [1]. Наилучшее соответствие между лабораторными и in situ данными наблюдается для значений плотности холмской и невельской свит. Лабораторно измеренные величины плотности находятся в диапазоне 1.9–2.5 г/см³ (ср. зн. 2.25 г/см³), в этом же диапазоне располагаются и феноменологические данные. Динамический коэффициент Пуассона для холмской и невельской свит в лабораторных условиях составил 0.19–0.27 (ср. зн. 0.24), для юнонской свиты – 0.12; in situ – 0.29–0.31 (ср. зн. 0.29). Статический коэффициент Пуассона равен 0.12–0.17. Значения статического модуля Юнга оказались ближе к значениям E in situ: 2–4 ГПа (ср. зн. 2.97) [1]. Значения динамического модуля Юнга, полученные в лабораторных условиях, значительно выше статических лабораторных измерений. Лабораторные значения сцепления 7.7–26 МПа (ср. зн. 16.85) значительно превышают рассчитанные данные in situ. Лабораторные углы внутреннего трения 29–54° (ср. зн. 43.82) по нижнему значению соответствуют рассчитанным in situ данным.

Таким образом, наблюдается удовлетворительное соответствие результатов лабораторных испытаний алевролитов холмской, невельской и юнонской свит статическими и динамическими методами и результатов на основе данных каротажа и феноменологических соотношений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменев П.А., Богомолов Л.М., Валетов С.А. О методах оценок геомеханических параметров массивов осадочных пород «in situ» по данным каротажа // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31. № 6. С. 109–114.
2. Каменев П.А., Усольцева О.М., Цой П.А., Семенов В.Н., Сиволап Б.Б. Лабораторные исследования геомеханических параметров массивов осадочных пород юга Сахалина // Геосистемы переходных зон. 2017. № 1. С. 30–36.
3. Усольцева О.М., Еременко А.А., Шапошник Ю.Н., Цой П.А., Семенов В.Н. Лабораторные исследования геомеханических свойств горных пород с больших глубин // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2018. Т. 5. № 1. С. 135–141.

УДК 550.42

ПОИСК ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА С НЕФТЕГАЗОВЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ

О.А. Никитенко, В.В. Ершов

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

Грязевые вулканы выступают важным звеном преобразования осадочных отложений – под действием высоких температур и давлений в грязевулканических системах протекают процессы диагенеза и катагенеза осадков и заключенного в них рассеянного органического вещества [1]. По мнению многих исследователей, трансформация органического вещества на больших глубинах может являться одной из главных причин образования грязевых вулканов. Предполагается, что в результате созревания органического вещества под непроницаемыми глинистыми покрывками образуются скопления углеводородов, что приводит к возникновению аномально высоких пластовых давлений, которыми характеризуются грязевулканические очаги. Это предположение во многом подтверждается закономерным распространением грязевых вулканов в пределах крупных нефтегазоносных бассейнов.

Исследования генетической связи грязевых вулканов с месторождениями нефти и газа имеют большое практическое значение, поскольку решение данного вопроса открывает возможность оценки перспектив нефтегазоносности недр, а также разработки новых методов поисково-разведочных работ. Непосредственную связь с залежами углеводородов позволяют установить геохимические исследования подземных флюидов, разгружаемых грязевыми вулканами. Одним из прямых доказательств, указывающих на связь грязевых вулканов с углеводородными залежами, являются примеси нефти в грязевулканических выбросах. Однако этот показатель не является абсолютным, так как просачивания нефти наблюдаются не на всех вулканах, расположенных в пределах нефтегазоносных бассейнов. В пользу связи грязевых вулканов с нефтегазоносностью свидетельствуют и геохимические особенности их газовых выбросов. Исследования химического и изотопного состава газов грязевых вулканов из разных регионов мира показывают, что вулканы выделяют большое количество углеводородных газов, среди которых преобладает метан термогенного происхождения [2].

Существенное влияние на формирование месторождений нефти и газа оказывают гидрогеологические условия территории, так как подземные воды принимают активное участие в процессах синтеза, миграции и деструкции углеводородов, что позволяет использовать гидрогеохимические показатели в качестве критериев нефтегазоносности [3]. Наиболее характерными геохимическими признаками подземных вод, сопутствующих углеводородным залежам, являются высокая минерализация, Cl-Ca и HCO₃-Na тип вод (по классификации В.А. Сулина), низкая концентрация сульфат-ионов и повышенное содержание гидрокарбонат-ионов, аммония, йода, бора и брома. Воды, изливаемые грязевыми вулканами, в большинстве случаев проявляют довольно большое сходство с пластовыми водами, что может служить показателем генетической связи грязевых вулканов с месторождениями нефти и газа. В этой связи геохимические свойства подземных вод, разгружаемых грязевыми вулканами, также могут использоваться для оценки прогноза нефтегазового потенциала региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Холодов В.Н. О происхождении грязевых вулканов // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2019. Т. 15, № 5 (58). С. 57–80.
2. Ершов В.В., Бондаренко Д.Д. Характеристика изотопного и химического состава газов, выбрасываемых грязевыми вулканами из разных регионов мира // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2020. № 3. С. 23–35.
3. Карцев А.А. Воды нефтяных и газовых месторождений СССР. М.: Недра, 1989. 382 с.

УДК 553.98

**ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕФТЕГЕНЕЗА,
НОВЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА, ПРИЛОЖЕНИЕ К СОЗДАНИЮ КОМПЛЕКСА
ПРОГНОЗНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ПОИСКА НЕФТИ****М.В. Родкин^{1,2,3}, Т.А. Рукавишникова¹**¹ *Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва, Россия*² *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*³ *Институт проблем нефти и газа, г. Москва, Россия**E-mail: rodkin@mitp.ru*

Эффективность геологоразведочных работ на нефть и газ все еще невысока и ограничена рядом обстоятельств. Нет теоретического объяснения кардинальной разницы в запасах углеводородов в различных осадочных бассейнах, весьма близких по объемам захороненного органического вещества РОВ (рассеянного органического вещества) и глубинному термическому режиму. Другая проблема связана с поиском скоплений углеводородов на больших глубинах [1]. Поиски коллекторов и покрышек достаточно эффективны только для случая небольших глубин. Установлена связь глубоких залежей углеводородов с зонами разломов, но это дает лишь весьма слабое указание.

В качестве дополнительного фактора, определяющего разницу в интенсивности процессов нефтегенеза, в [2] рассматривается роль флюида и предлагается флюидодинамическая модель нефтегенеза. Конкретизация флюидодинамической модели нефтегенеза предложена в [3, 4, 5, 6; и др.], где зоны глубинных надвигов аргументировались как зоны массивированного нефтегенеза. Большие объемы загруженного в зонах надвигов органического вещества здесь промываются восходящими потоками слабоминерализованных вод, образующихся в результате реакций дегидратации, протекающих в глубинных частях этих зон. Потоки флюида выносят нефть в верхние горизонты, где они могут сохраняться в течение длительного времени. Модель подкрепляется комплексом геологических и геохимических данных. В рамках модели представляется возможным предложить комплекс прогнозных признаков для поиска крупных месторождений нефти (в том числе в глубинных горизонтах).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кенинг Т. Поисковые работы на нефть и газ в Азии и Африке в естественно-трещиноватых коллекторах фундамента: лучший мировой опыт и усвоенные уроки // В кн.: Углеводородный и минерально-сырьевой потенциал кристаллического фундамента: материалы междунар. науч.-практ. конф. Казань: Ихлис, 2019. С. 20–24.
2. Соколов Б.А. Флюидодинамическая модель нефтегазообразования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4, Геология. 1996. № 4. С. 28–36.
3. Родкин М.В., Рукавишникова Т.А. Очаг нефтеобразования как неравновесная динамическая система – модель и сопоставление с эмпирическими данными // Геология нефти и газа. 2015. № 3. С. 65–70.
4. Родкин М.В., Рундквист Д.В., Пунанова С.А. Об относительной роли нижнекоровых верхнекоровых процессов в формировании микроэлементного состава нефтей // Геохимия. 2016. № 11. С. 1025–1031.
5. Родкин М.В., Рундквист Д.В. Геофлюидодинамика. Приложение к сейсмологии, тектонике, процессам рудо- и нефтегенеза. Долгопрудный: Интеллект, 2017. 288 с.
6. Родкин М.В., Пунанова С.А. Идеи Д.И. Менделеева и процессы нафтидогенеза // Природа. 2019. № 10. С. 14–21.

УДК 582.29+504.73+504.5

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВСТРЕЧИ СО ЛЬДОМ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ОХОТСКОМ МОРЕ**В.А. Романюк¹, В.М. Пищальник², И.В. Никулина²**¹ ООО «РН-СахалинНИПИморнефть», г. Южно-Сахалинск, Россия² ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: varomanyuk2020@gmail.com

В связи с освоением нефтегазовых ресурсов континентального шельфа (в том числе и арктического) в настоящее время развитию Северного морского пути (СМП) уделяется особое внимание. Арктический танкер ледового класса Arc7 «Кристофер де Маржери» в январе 2021 г. без сопровождения ледокола успешно завершил переход из порта Сабетта по СМП в восточном направлении. Данное событие на практике доказало возможность использования данной транспортной артерии и дальнейшего развития её транзитного потенциала.

При транспортировке грузов по СМП в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, после прохождения Берингова пролива у судна есть два варианта перехода в пункт назначения: 1) через Берингово, Охотское и Японское моря (Дальневосточный транспортный коридор); 2) через Берингово море и Тихий океан. Стоит отметить, что по суровости ледовых условий Охотское и Берингово моря сопоставимы с морями российского сектора Арктики. Максимальное распространение ледяного покрова в дальневосточных морях наблюдается в феврале-марте. Цель настоящей работы: оценка вероятности встречи со льдом судов, следующих от мыса Лопатка через южную часть Охотского моря и вдоль тихоокеанского побережья Курильских островов.

В качестве исходных были использованы данные спутниковых микроволновых радиометров за вариациями площади ледяного покрова с пентадной дискретностью с 1981 по 2010 г. (номинальное пространственное разрешение до 4 км) Японского метеорологического агентства [<http://ds.data.jma.go.jp>]. Площадь ледяного покрова рассчитывалась с помощью программного комплекса «ЛЁД» [2] и оригинальных авторских разработок программного обеспечения. Ошибка расчета площади ледяного покрова не превышала +/-1-2% [Пищальник и др., 2016].

Статистические расчёты выполнялись для двух маршрутов плавания: 1) траверз м. Лопатка – порт Корсаков – точка 38°30'с.ш.134°00'в.д. (Дальневосточный транспортный коридор); 2) траверз м. Лопатка – Сангарский пролив – точка 38°30'с.ш.134°00'в.д. Т.к. в последнее время активно обсуждается создание многофункционального транспортного хаба в порту Корсаков, в маршрут №1 был включен заход в крупнейший порт Сахалинской области.

В результате анализа расчётных данных установлено, что при следовании судов по маршруту №1 протяженность участка с вероятностью встречи со льдом более 1% составляет 1092 км в середине февраля и 1240 км в первой декаде марта. Длина участка маршрута №1 с частотой встречи со льдом 70-90% в феврале и марте составляет 336 и 265 км соответственно. Протяженность пути со 100% вероятностью встречи со льдом и наиболее сложными ледовыми условиями (сплоченность 9-10 баллов, толщина льда до 120 см и торосистость 2–3 балла) в марте составляет 131 км, что на 31 км больше, чем в середине февраля. На маршруте №2 участок с наибольшей вероятностью (40–50%) встречи со льдом в середине февраля и первой декаде марта расположен к юго-востоку от Малой Курильской гряды. Общая протяженность этого участка составляет 200–250 км. Также встреча со льдом возможна в районе Первого Курильского и пролива Екатерины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пищальник В.М., Романюк В.А., Минервин И.Г., Батухтина А.С. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 г. // Известия ТИНРО. 2016. Т. 185. – С. 228–239.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660472. Программный комплекс для расчета площади ледяного покрова в Охотском и Японском морях по данным ДЗЗ (ПК «ЛЁД»). Авторы: Пищальник В.М., Бобков А.О., Романюк В.А. Дата гос. регистрации в Росреестре программ для ЭВМ 01 октября 2015 г.

УДК 582.29+504.73+504.5+551.24+551.4.042

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ТРУБОПРОВОД–ГРУНТ ПРИ АНАЛИЗЕ НДС ТРУБОПРОВОДА ПРИ ПОДВИЖКЕ ПО АКТИВНОМУ РАЗЛОМУ ИЛИ СМЕЩЕНИИ БЛОКОВОГО ОПОЛЗНЯ

М.Ю. Темис^{1,2}, А.Л. Стром³, И.К. Фоменко⁴¹ ООО «П2Т Инжиниринг», г. Москва, Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия³ ООО «Центр геодинамических исследований», г. Москва, Россия⁴ РГРГУ-МГРИ им. С. Орджоникидзе, г. Москва, РоссияE-mail: mikhail.temis@p2te.ru

Проведено сравнение реакции трубопровода на смещение при подвижке по пересекающему его активному разлому и при активизации блокового оползня. Оба опасных природных явления приводят к значительным (многометровым) относительным смещениям в узких зонах, приуроченных к разрывному нарушению или к границам блокового оползня, которые вызывают существенные изгибные и продольные осевые деформации трубопровода и могут привести к его разрушению. Обычно таких участков следует избегать, однако они часто встречаются при трассировке магистральных трубопроводов, и обеспечение безопасности последних либо с помощью специальных инженерных мероприятий, либо путем перетрассировки является критически важной задачей. Показано сходство воздействия этих процессов на трубопровод при смещениях вплоть до некоторых пороговых значений (максимальная единовременная сейсмогенная подвижка по разлому может достигать 10–15 м [1]), что позволяет применять схожие модели взаимодействия подземного трубопровода с грунтом в траншее для расчета напряженно-деформированного состояния трубы. Кинематика подвижки по тыловой стенке отрыва блокового оползня схожа со сбросовой подвижкой по активному разлому, движение языка оползня может интерпретироваться как взбросовая или надвиговая подвижка, а движения по боковым границам оползня – как сдвиговая подвижка.

Механизмы взаимодействия трубопровода с грунтом в траншее при смещениях с разной кинематикой (сбросовой, взбросовой, сдвиговой) и с разными величинами подвижки (от 0.5 м до ≈5 м) проанализированы методами численного моделирования. Трубопровод моделируется стержневыми конечными элементами трубы под внутренним давлением [2]. Взаимодействие трубопровода с грунтом моделируется специальными конечными элементами грунтопружин, характеристики которых определяются через общепринятые инженерные методики расчета по известным механическим характеристикам грунта засыпки в траншее и ненарушенного грунта вокруг траншеи или при численном расчете контактной задачи взаимодействия трубопровода и грунта с учетом геометрии траншеи и характеристик грунтов. Выполнен анализ влияния характеристик взаимодействия в системе трубопровод–грунт, полученных при численном моделировании, в сравнении с теми, которые получены с использованием инженерных методов. Проведена оценка границ применимости инженерных моделей взаимодействия трубопровод–грунт при больших (более 1 м) подвижках в системе трубопровод–грунт для различных диаметров трубопровода.

Оценен эффект от использования разных моделей грунта при определении напряженно-деформированного состояния сахалинских трубопроводов, подверженных влиянию как активного разрывообразования, так и оползневых процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стром А.Л., Никонов А.А. Соотношение между параметрами сейсмогенных разрывов и магнитудой землетрясений // Физика Земли. 1997. № 12. С. 55–67.
2. Temis M. Influence of backfill compaction in time on buried trunk pipeline behavior under active fault displacement // Proceedings of the 16th World Conference on Earthquake Engineering, Santiago Chile, January 9th to 13th 2017. 2017. Paper № 4909.

УДК 551.21+553.98

ГРЯЗЕВОЙ ВУЛКАНИЗМ КАК ОПАСНОЕ ЯВЛЕНИЕ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Г.В. Устюгов, В.В. Ершов

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

Области распространения грязевых вулканов часто приурочены к крупным нефтяным и газовым месторождениям. Большое количество сооружений нефтегазового комплекса проектируется и эксплуатируется в непосредственной близости от наземных и морских грязевых вулканов, которые являются опасным природным явлением и могут привести к негативным социально-экономическим и экологическим последствиям. Яркий пример – катастрофическое извержение грязевого вулкана LUSI 29 мая 2006 г. рядом со скважиной ВЖР-1. Бурение проводилось с технологическими нарушениями, что стало одной из возможных причин извержения, нанесшего многомиллиардный ущерб экономике Индонезии и необратимый урон экосистеме о. Ява [1].

В зонах добычи углеводородного сырья необходимо осуществлять поиск, изучение и мониторинг грязевых вулканов. Основными факторами риска являются грязевые потоки, газовые выбросы, самовозгорание метана, деформации поверхности суши и морского дна, обвалы и оползни, трещинообразования в центре и по периферии извержения, землетрясения, спровоцированные сильными извержениями [2].

Сегодня активно изучается и осваивается очень перспективный для добычи нефти и газа Арктический регион, который богат естественными выходами углеводородных газов. Сейчас в Арктике известен один подводный грязевой вулкан Хаакон Мосби, извергающий в воду большое количество грязи и газов [3]. Предполагается, что на самом деле грязевых вулканов в акваториях Арктики значительно больше.

В Черном море выявлено множество грязевых вулканов с высокой флюидной активностью, что является угрозой для проведения буровых работ, строительства нефтегазовых сооружений, а также для судоходства. Похожая ситуация и в самой крупной грязевулканической провинции мира – Азербайджане. Здесь ведется активное освоение нефтегазовых месторождений по соседству с наземными и морскими грязевыми вулканами. Крупные извержения часто сопровождаются мощными грязеизлияниями, самовозгораниями газа и взрывами, образованиями островов и банок в море [4].

На о. Сахалин грязевой вулканизм также является потенциально опасным для объектов нефтегазовой отрасли. Например, участок Транссахалинского трубопровода проложен в 1 км от Главного Пугачевского вулкана. Особого внимания требуют Пильтун-Астохское, Дагинское и Чайвинское месторождения, находящиеся в непосредственной близости от Дагинского грязевулканического участка. Эти месторождения, вероятно, непосредственно связаны с грязевым вулканизмом: после сейсморазведки здесь были выявлены палеоврезы (палеоканьоны), заполненные глинами [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Богдавленский В.И., Богдавленский И.В., Каргина Т.Н. Грязевулканическая катастрофа в Индонезии // Бурение и нефть. 2017. № 11. С. 18–27.
2. Миронюк С.Г. Грязевые вулканы Азово-Черноморского бассейна и прилегающей территории и оценка их опасности для зданий и сооружений // Геориск. 2010. № 3. С. 20–28.
3. Бондур В.Г., Кузнецова Т.В. Выявление газовых сипов в акваториях арктических морей с использованием данных дистанционного зондирования // Исследования Земли и космоса. 2015. № 4. С. 30–43.
4. Богдавленский В.И., Богдавленский И.В. Природные угрозы при добыче и транспортировке углеводородов в Арктике и Мировом океане: дегазация недр // Труды государственного океанографического института. 2017. № 218. С. 191–210.
5. Лазебная М.А., Лобжанидзе Н.Е. Анализ геоэкологической безопасности нефтегазовой отрасли на острове Сахалин // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Пятая Всерос. науч. конф. с междунар. участием: сб. докладов. Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2018. Т. 2. С. 9–13.

УДК 551.21

**МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ СЕТЕЙ ТРЕЩИН РАСТЯЖЕНИЯ:
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ****А.И. Шеменда (A.I. Chemenda)**

*University of Cote d'Azur, Nice, France (Университет Лазурного Берега, Ницца, Франция)
E-mail: chem@geoazur.unice.fr*

Трещины (растяжения, скола, отрыва, кливажа), или «joints», наиболее распространены в верхней земной коре и часто формируют впечатляющие регулярные сети. Большой интерес к этим трещинам был изначально вызван их влиянием на проницаемость нефтяных и газовых резервуаров. Актуальность механизма трещинообразования в резервуарах непрерывно увеличивается по мере их выработки. В последние годы растет также понимание того, что этот процесс играет фундаментальную роль в формировании и эволюции разломных зон, включая сейсмические разрывы. Традиционно формирование «joints» рассматривается в рамках Linear Elastic Fracture Mechanics, согласно которой эти трещины являются результатом концентрации напряжений на кончиках существующих маленьких (сантиметрового размера, Olson et al., 2006) трещин, где материал разрушается, приводя к продвижению трещины в упругой среде. Однако целый ряд наблюдений не вписывается в эту доминирующую парадигму. Экспериментальные данные, приведенные недавно в [1], показали в частности, что базовая предпосылка этой теории неверна и что значительная неупругая деформация предшествует и сопровождает трещинообразование. Описание этой деформации включено в определяющие уравнения, использованные в численных моделях [1, 2]. Результаты моделирования показали, что сеть параллельных трещин спонтанно инициируется в однородном материале в виде дилатансионных деформационных полос, растущих в процессе деформации. Их толщина и длина зависят от степени пластичности материала, которая увеличивается с давлением. Прочность материала быстро уменьшается с неупругой деформацией в полосе, что приводит к зарождению трещин там, где прочность достигла нуля. Эти зародыши трещин затем растут, следуя за продвигающимися деформационными полосами (www.insu.cnrs.fr/en/node/3718). Область между кончиками полосы и растущей в ней трещины соответствует так называемой «process zone». В развитии полос и трещин важную роль играет не только растягивающий, но и сдвиговый механизм разрушения. Роль последнего увеличивается с ростом давления P , и при достаточно большом P образуются сдвиговые трещины. Численные модели воспроизводят вплоть до деталей экспериментальные результаты, полученные в рамках близкой постановки [3, 4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Chemenda A.I. Origin of regular networks of joints: Experimental constraints, theoretical background, and numerical modeling. *J. Geophys. Res.* 2019. Vol. 124.
2. Chemenda A.I., Lamarche J., Matonti C., Bazalgette L., Richard P. Origin of strong nonlinear dependence of fracture (joint) spacing on bed thickness in layered rocks: mechanical analysis and modeling. *J. Geophys. Res.* 2021. Vol. 126, e2020JB020656. <https://doi.org/10.1029/2020JB020656>.
3. Jorand C., Chemenda A.I., Petit J-P. Formation of parallel joint sets and shear band fracture networks in physical models. *Tectonophysics.* 2012. Vol. 581. P. 84–92.
4. Chemenda A.I., Nguyen Si-H., Petit J.P., Ambre J. Mode I cracking versus dilatancy banding: Experimental constraints on the mechanisms of extension fracturing. *J. Geophys. Res.* Vol. 2011, 116, B04401.

УДК 553.98.03

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Т.Е. Шкутина

ООО «РН-СахалинНИПИморнефть», г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: tatyanaashkutinaaa@gmail.com

Уменьшение темпа прироста запасов нефти и газа, связанное с сокращением открытий крупных месторождений, заставляет геологов-нефтяников обратиться к так называемым нетрадиционным объектам поисков нефти и газа, к которым относятся кремнистые толщи. До недавнего времени исследования этих отложений лежали вне сферы проблем нефтяной геологии, хотя кремнистые толщи достаточно широко распространены как в бассейнах складчатых областей, так и на платформах [1].

В кайнозойском чехле Сахалина они занимают около 15–20% объема осадочного разреза на суше и до 50% на шельфе. Отличительной особенностью кремнистых отложений Охотоморского региона являются их большие мощности. По результатам анализа геохимических исследований кремнистых отложений, наиболее перспективными являются пильская и пиленгская свиты [2]. Мировой опыт показывает рентабельность разработки кремнистых отложений.

Кремнистые отложения известны в различных районах Сахалина и Камчатки, по сейсмическим данным и по результатам бурения прогнозируются на шельфе. Очевидно, что их продуцирующие и аккумулирующие возможности в значительной степени контролируют углеводородный потенциал Охотоморского региона [3]. В кремнистых отложениях Сахалина доказана промышленная нефтеносность (месторождения Окружное, Восточный Кайган) [4].

В комплексе методов изучения перспектив нефтегазоносности кремнистых толщ широко применяется метод бассейнового моделирования, обладающий большим спектром возможностей [5].

В рамках работы проведен анализ распространения кремнистых отложений мировых осадочных бассейнов и дана краткая оценка их нефтегазоносности. Рассмотрена методика моделирования нефтегазоносных систем, проведено 1D бассейновое моделирование трех скважин на суше Северо-Сахалинского ОБ.

Полученные результаты 1D бассейнового моделирования скважин северного Сахалина подтвердили перспективность кремнистых отложений для поисков новых залежей нефти. Рекомендуется дополнительное изучение кремнистых отложений, а также построение 3D бассейновой модели для локализации перспективных зон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженова О.К. Аутигенная нефтеносность кремнистых толщ: дис. ... д-ра геол.-минер. наук. МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 1991.
2. Деревскова Н.А., Кравченко Т.И., Попович Т.А. и др. Геохимическая характеристика и генерационный потенциал рассеянного органического вещества пильской свиты Северного Сахалина // Научно-технический вестник ОАО «НК «РОСНЕФТЬ». 2015. № 2. С. 24–27.
3. Гладенков Ю.Б., Баженова О.К., Гречин В.И., Маргулис Л.С., Сальников Б.А. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. М.: ГЕОС, 2002. 225 с.
4. Бояршин Е.К., Богданчиков С.М. Прогнозирование ловушек и перспективы поиска месторождений нефти и газа в трещинных коллекторах Северо-Восточного шельфа Сахалина // Геология, геофизика и разведка нефтяных и газовых месторождений. 1995. № 3. С. 7–13.
5. Керимов В.Ю., Топалова Т., Зайцев О., Пузин А.В., Спахич Д. Моделирование нефтегазовых геосистем и осадочных бассейнов // Теоретические основы и технологии поисков и разведки нефти и газа. Москва, 2012. № 1. С. 41–50.

УДК 551.555.9

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕТНЕЙ МУССОННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ И В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ НА ЮГЕ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

М.Г. Бухарова¹, Л.Н. Василевская¹, Е.Ю. Поталова¹, Д.Н. Василевский², И.А. Лисина¹

¹ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

² Дальневосточный филиал «РосНИИ комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Владивосток, Россия
E-mail: buharova_mg@dvfu.ru

Океан играет ведущую роль в теплообмене с атмосферой. Муссонные циркуляции отражают характер и изменчивость этого теплообмена. Дальневосточный муссон проявляется в прибрежных районах окраинных морей, но наиболее ярко он выражен на юге Приморского края, влияя на весь погодный комплекс не только побережья, но и морских акваторий. Муссонная циркуляция способствуют усилению или ослаблению стратификации вод, изменению температуры воды и т.п. Современная и своевременная информация о последних изменениях в циркуляционном режиме дальневосточного муссона может иметь большое практическое значение, помогая в решении многих экономических и экологических проблем [1].

По данным восьмисрочных наблюдений за направлением приземного ветра на станции Владивосток ранее нами был составлен календарь времени наступления летней фазы муссона за 1966–2011 гг. Летняя фаза чаще всего наступает 10 апреля, в 1977, 1985 и 1992 гг. она наступила 15 марта, а в 2006 и 2010 гг. – 5 мая. В течение 1966–2011 гг. выявлена тенденция более позднего наступления летнего дальневосточного муссона [2].

Целью настоящей работы явилось исследование продолжительности существования летних муссонных потоков в пограничном слое и в свободной атмосфере на юге российского Дальнего Востока. В работе использовались данные об изменении скорости и направления ветра с высотой по результатам двухсрочного аэрологического зондирования на метеостанции Садгород (Приморский край) за май–август 1996–2020 гг. (www.weather.uwyo.edu). За муссонный принимался воздушный поток, имеющий направление в диапазоне 30–180° (северовосточный, восточный, юго-восточный и южный ветер) в слое тропосферы от поверхности земли до тропопаузы.

Продолжительность существования муссонного потока на протяжении мая–августа за исследуемый период составила от 1260 до 2244 ч, т.е. в течение четырех летних месяцев в среднем в 58% дней он фиксировался в тропосфере. Однако в отдельные годы (1996, 2000, 2001 и 2003) продолжительность муссонного потока была невелика – 43–49%, в то время как в 2012 и 2020 гг. он был наиболее устойчив и составлял 72–76% от общей длительности четырехмесячного сезона.

В мае муссон менее продолжительный от 144 до 564 ч (в среднем 53% дней), в июне и июле длительность в среднем одинакова и составляет от 168 до 672 ч (60% дней), в августе – от 300 до 552 ч (58% дней). С 2008-2020 гг. продолжительность существования муссонного потока увеличивается и составляет от 60 до 90% дней в месяц.

Таким образом, устойчивость муссонного потока в пограничном слое и в свободной атмосфере на юге российского Дальнего Востока в последнее десятилетие стабильно увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новороцкий П.В. Климатические изменения в бассейне Амура за последние 115 лет // Метеорология и гидрология. 2007. № 2. С. 43–53.
2. Василевская Л.Н., Шевченко А.А. Оценка продолжительности фаз дальневосточного муссона на юге Приморья в период 1966–2011 гг. // Тезисы VI Междунар. науч. конф. «Современные проблемы регионального развития». Биробиджан, 2016. С. 135–138.

УДК [551.435.36+504.062.2](477.75+571.642)

БЕРЕГОПОЛЬЗОВАНИЕ НА КРЫМСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ И ОСТРОВЕ САХАЛИН: СТРУКТУРА И ПРОБЛЕМЫ

Н.А. Васейкина^{1,2}, И.В. Агаркова-Лях³

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

² Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия

³ Институт природно-технических систем, г. Севастополь, Россия

E-mail: nata.vaseykina@mail.ru ; iva_crimea@mail.ru

Длина береговой линии Крымского п-ова и о. Сахалин составляет 980 и 2510 км соответственно [1, 2]. Ее значительная протяженность играет важную роль в хозяйственной жизни регионов и определяет структуру берегового природопользования.

Цель работы – сравнить структуру и выявить основные проблемы природопользования в береговой зоне Крымского п-ова и о. Сахалин.

За основу типизации природопользования взята классификация К.В. Зворыкина [3]. Создание карт берегопользования проводилось в программе QGIS с использованием картографического сервиса Bing Aerial.

Территориальная структура берегопользования в Крыму неоднородна и мозаична. Основными видами природопользования в прибрежной зоне являются: производственное (сельскохозяйственное); пространственно-увязывающее (автодорожное и транспортно-морское); коммунальное (городское и другое селитебное, лечебно-курортологическое, культурно-мемориальное и рекреационное); средоохранное (водо- и природоохранное). На Сахалине сельскохозяйственное и рекреационное берегопользование имеет ограниченное развитие; лечебно-курортологическое вообще отсутствует. Доминирующая структура берегопользования здесь представлена производственным (лесохозяйственное, энергообеспечение и горнопромышленное), пространственно-увязывающим (энергопередаточное, транспортно-морское и автодорожное), коммунальным (городское и другое селитебное, культурно-мемориальное) и средоохранным (водо- и природоохранное) видами природопользования.

Обострение проблем берегопользования в исследуемых регионах связано с широким развитием здесь абразионных берегов, доля которых в Крыму составляет 49.7% [4], на Сахалине – 57% [5]. Для них характерны значительные скорости абразии и других береговых процессов, наносящих серьезный урон хозяйственной деятельности [6]. Близкие задачи делают актуальным обмен опытом между регионами по сохранению берегов и оптимизации сложившейся структуры природопользования. При этом важными инструментами управления прибрежными зонами выступают проекты комплексной берегозащиты, ограничение хозяйственной и рекреационной нагрузки на береговую зону, сохранение уникальных береговых экосистем, смена «потребительской» парадигмы природопользования и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Сахалинской области. М.: ГУТК при СМ СССР, 1967. 135 с.
2. Современное состояние береговой зоны Крыма: атлас-монография / под ред. Ю.Н. Горячкина. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015. 252 с.
3. Зворыкин К.В. Географическая концепция природопользования // Вестник МГУ. Сер. 5. 1993. № 3. С. 3–16.
4. Игнатов Е.И., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Морские берега Крыма // Геоморфология. 2016. № 1. С. 55–63.
5. Афанасьев В.В., Игнатов Е.И. Геоэкология береговой зоны острова Сахалин // Проблемы региональной экологии. 2009. № 6. С. 275–280.
6. Афанасьев В.В. Проблемы берегопользования дальневосточных морей (на примере о. Сахалин и сопредельных территорий) // Вестник науки и образования. 2016. № 6 (18). С. 125–132.

УДК 581.522.5(571.645)

СТРУКТУРНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ВТОРИЧНОЙ ФЛОЭМЫ МОЛОДЫХ СТЕБЛЕЙ *SPIRAEA BEAUVERDIANA* В УСЛОВИЯХ МАГМАТИЧЕСКИХ ВУЛКАНОВ

Е.О. Вацерионова, А.В. Копанина, И.И. Власова

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: katty.vatserionova.85@mail.ru*

Растительный покров Курильских островов находится под влиянием сложных, весьма специфических природных условий. Одними из основных факторов, которые влияют на растения — это современная вулканическая и поствулканическая активность, а также влияние холодных Охотского моря и Тихого океана [1]. Древесные растения в этих условиях имеют целый комплекс адаптивных механизмов, позволяющий им выживать в этих сложных условиях. Одним из таких растений является *Spiraea beauverdiana* Schneid (сем. Rosaceae Juss.). Целью настоящего исследования явилось сравнительное изучение внутренней структуры вторичной флоэмы молодых стеблей *S. beauverdiana*, произрастающей в условиях сольфатарных полей активных вулканов (влк. Головнина и Менделеева) и в типичных условиях (норма) о-ва Кунашир. Отбор и фиксацию образцов стеблей для анатомического анализа проводили согласно стандартным методическим подходам [2]. Статистически проанализировано 13 количественных параметров вторичной флоэмы для каждого из местообитаний. Объем выборки для каждого параметра составлял не менее 30 измерений. Для каждого параметра рассчитаны выборочное среднее и доверительный интервал для него (для доверительной вероятности 95 %).

Сравнительные исследования структуры вторичной флоэмы молодых стеблей *S. beauverdiana* в контрастных экологических условиях позволили нам выявить ряд структурных особенностей. В однолетнем стебле показатели вторичной флоэмы в исследуемых местообитаниях находятся в пределах нормы, за исключением длины паренхимного тяжа, которая уменьшается в стеблях *S. beauverdiana* с вулканов. В возрасте 2–3 лет в условиях вулканов происходит уменьшение ширины вторичной флоэмы и диаметры члеников ситовидных трубок. В этом возрасте изменяется структура лучевой паренхимы - отсутствуют двурядные лучи в образцах с кальдеры влк. Головнина. Одним из проявлений влияния вулканической активности на структуру коры и древесины является образования неспецифических аномалий во внутренней структуре коры *S. beauverdiana*, которые развиваются наиболее интенсивно в молодом возрасте (3–5 лет), достигая максимальных значений в скелетных ветвях к 8 годам [3]. Участки аномального строения в молодых стеблях *S. beauverdiana* нами обнаружены и в растениях с сольфатарных полей кальдеры влк. Головнина и с влк. Менделеева. В молодых стеблях *S. beauverdiana* с сольфатарных полей исследуемых вулканов аномалии вторичной флоэмы представлены участками, где аксиальная и лучевая паренхима сложена преимущественно крупными склерифицированными клетками.

Общая тенденция структурных изменений вторичной флоэмы в условиях сольфатарных полей вулканов представлена адаптивным уменьшением параметров проводящих элементов и сохранением их структурного сопряжения с паренхимой. Крайним выражением структурно-функциональных перестроек флоэмы в условиях вулканов, мы полагаем, является формирование аномальных участков этой ткани.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Манько Ю.И., Сидельников А.Н. Влияние вулканизма на растительность. Владивосток, 1989. 163 с.
2. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Р.П. Барыкина, Т.Д. Веселова, А.Г. Девятков и др. М.: МГУ, 2004. 312 с.
3. Копанина А.В. Структурные особенности коры и древесины *Spiraea beauverdiana* (Rosaceae) в экстремальных условиях Арктики и поствулканической активности на Курильских островах // Сибирский лесной журнал. 2019. № 3. С. 52–63.

УДК 528+621.6

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА
НА УЧАСТКЕ ТРАССЫ ТРУБОПРОВОДА ПРОЕКТА «САХАЛИН-2»
В ЗАКАЗНИКЕ «ДОЛИНСКИЙ» ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

А.А. Верхотуров, В.А. Мелкий

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
E-mail: vamelkiy@mail.ru, ussr-91@mail.ru*

Успешная реализация проекта «Сахалин-2» отмечалась нами ранее [1]. Добыча ведется на морских добывающих платформах «Моликпак», «Лунская-А», «Пильтун-Астохская-Б». Кроме того, «Сахалин Энерджи» принимает газовый конденсат с Киринского месторождения («Сахалин-3»). Добываемое сырье перекачивается по Транссахалинской трубопроводной системе с севера на юг острова, где располагается комплекс «Пригородное» с производством по сжиганию природного газа (СПГ) и терминалом отгрузки нефти. После завершения строительства трубопроводы работают на полную мощность. В 2020 г. произведено 11,6 млн т СПГ [2].

Растительный покров изучался на отдельных участках трассы магистрального трубопровода. Исследовались снимки, выполненные при отсутствии облаков над территорией заказника «Долинский» сканерами TM; ETM+, OLI спутников Landsat и MSI спутника Sentinel [3, 4]. Анализ состояния растительности в заказнике производился посредством выявления распространения растительных сообществ с помощью метода максимального правдоподобия, а также распределения фитомассы по нормализованному относительному вегетационному индексу NDVI [5, 6]. Данными для построения картографической модели растительного покрова заказника «Долинский» послужили формализованные спектральные характеристики поверхности растительных сообществ на эталонных участках трассы трубопровода, зафиксированные на снимках и дающие представление о состоянии растительных сообществ.

Во время строительства магистрального трубопровода производились рубки лесных массивов в полосе трассы. При этом наибольшие изменения претерпели пихтово-еловые леса, которые распространены в северной части заказника «Долинский», а также массивы культур лиственницы и сосны, посаженные ранее. Культуры хвойных деревьев, в том числе сосны, растут довольно медленно. На месте долинных лесов активно распространяется ивняк (NDVI = 0.7–0.8), он же занимает увлажненные места сведения березовых лесов, покрывавших пространство междуречий. На трассе трубопровода травяной покров восстановился достаточно хорошо (NDVI = 0.4–0.5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Долгополов Д.В., Бурькин А.Н., Ильин В.В., Гальцев А.А., Зарипов О.М., Новиков Д.Г., Белянина Я.П., Еременко И.В. Экологический мониторинг и мероприятия по снижению уровня возможного негативного воздействия трубопроводов (проект «Сахалин-2») на окружающую среду острова Сахалин // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2015. № 4. С. 101–108.
2. Отчет об устойчивом развитии. «Сахалин Энерджи». 2020. 153 с. – http://www.sakhalinenergy.ru/ru/media/sd_report/ (дата обращения: 21.06.2021).
3. Landsat Missions. United States Geological Survey (USGS). 2021. URL: <https://www.usgs.gov/media/images/9-millionth-scene-added-usgs-landsat-archive> (accessed 27 June 2021).
4. Sentinel Online. European Space Agency (ESA) 2021. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions> (accessed 27 June 2021)
5. Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Сабиров Р.Н., Братков В.В. Анализ состояния лесных земель на острове Сахалин // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2019. № 2 (14). С. 68–73. doi:10.25587/SVUFU.2019.14.35448
6. Верхотуров А.А., Мелкий В.А. Картографирование растительных сообществ подзоны темнохвойных лесов юга Сахалина на основе космических съемок // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2020. Т. 26, № 4. С. 60–72. doi:10.35595/2414-9179-2020-4-26-60-72

УДК 58.08+581.8

**ОСОБЕННОСТИ ОТБОРА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ
ДЛЯ АНАТОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
В РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

И.И. Власова, А.В. Копанина, А.И. Тальских

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

На современном этапе исследований экологическая анатомия растений приобретает все большие преимущества благодаря техническим и методологическим достижениям. Представления о строении и развитии тканей растений позволяют понять функциональную значимость тех или иных структур и отдельных элементов растительного организма, взаимосвязь их реакций с изменением факторов окружающей среды. При изучении клеточного и тканевого уровней наиболее широко и давно используется световая микроскопия. Для подготовки к микроскопическим исследованиям разработано большое количество методик отбора материала в разных условиях, резки, окраски, контрастирования и др. В ходе исследований появляется множество модификаций и отступлений в методических подходах. Правильный методический подход на всех этапах подготовки материала к микроскопированию лежит в основе достоверности самого исследования. Любая ошибочная манипуляция ведет к искажению результатов, их неверной интерпретации и необоснованным выводам. Так, оптимального качества микросрезы выходят из образцов, отобранных осенью, в конце вегетационного периода, когда и камбий прекращает свою деятельность до весны. В условиях Сахалина это вторая половина сентября – октябрь. В условиях юга Курильских островов – это октябрь. К сожалению, комплексные экспедиции в труднодоступные географические районы проводятся осенью в редких случаях. Отбор образцов в течение лета приводит к соответствующим трудностям при изготовлении микропрепаратов на каждом этапе – от идентификации возраста до заключения их в монтирующую среду. Рост и развитие побега в июле и августе может быть в самой его кульминации. В процессе резки, окраски, выкладывания на стекло, удаления влаги фильтровальной бумагой микросрезы расслаиваются и распадаются. Даже если удается получить более толстые (25–40 мкм) микросрезы, они малоинформативны: живые ткани с трудом дифференцируются и поэтому довольно сложны для измерений параметров тканей, не говоря об их элементах. Образцы, собранные в условиях грязевых и магматических вулканов, особенно в непосредственной близости выходов сольфатар и грифонов, на сольфатарных полях и вблизи гидротермальных выходов, даже однолетние стебли кустарничков, целесообразно вымачивать не менее суток, при этом часто менять дистиллированную воду – до 5–10 раз в сутки.

В нашей лаборатории разработаны специфические алгоритмы методических подходов начиная от сбора образцов в поле [1, 2, 3].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (инициативный грант № 15-04-04774) в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власова И.И., Копанина А.В. Методические особенности анализа коры древесных растений // IX Съезд общества физиологов растений России «Физиология растений – основа создания растений будущего» (Казань, 18–24 сентября 2019 г.): тез. докл. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2019. С. 100.
2. Власова И.И., Копанина А.В. Методические особенности подготовки материала для микроскопирования тканей древесных растений // Геодинамические процессы и природные катастрофы: тез. докл. III Всерос. науч. конф. с международным участием. Южно-Сахалинск, 2019. С. 157.
3. Vlasova I.I., Kopanina A.V. Specific microtechniques for bark tissues of woody plants // Plant anatomy: traditions and perspectives: Materials of the International Symposium dedicated to the 90th anniversary of Prof. Ludmila Ivanovna Lotova, September 16–22, 2019. Moscow: MAKS Press, 2019. Pt 1. Contributions in English / Ed. by A. C. Timonin, D. D. Sokoloff. P. 274–278.

УДК 338.48(470.620)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Т.А. Волкова¹, М.Ю. Беликов², Э.Ю. Нагалеvский², А.А. Мищенко²

¹ *Институт Океанологии РАН, г. Москва, Россия*

² *Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия*

E-mail: mist-next4@inbox.ru

Прибрежные территории Краснодарского края обладают богатым рекреационным потенциалом, который неизменно привлекает большое количество рекреантов, что способствует экономическому развитию в целом, а также приносит значительную прибыль различным средствам размещения и другим субъектам экономической деятельности. Тем не менее, рекреационная и туристская деятельность способна отрицательно влиять на состояние экосистем побережья при определенных условиях. В первую очередь, такое воздействие выражается в многочисленной локализации в более интересных, привлекательных местах для отдыха, туризма и лечения потоков туристов и в наиболее привлекательный период времени (сезон года). Поэтому важно в пиковые сезоны иметь соответствие общего количества рекреантов и туристов хозяйственной и экологической емкости прибрежных территорий.

Рассмотрев рекреационный потенциал Азово-Черноморского побережья, а также особенности его использования в пространстве и во времени можно выделить несколько проблем организации использования туристско-рекреационного потенциала прибрежных районов Краснодарского края. Анализ современного состояния пляжей Азово-Черноморского побережья говорит о том, что сегодня прибрежные районы края чрезвычайно популярны и пользуются спросом у значительного количества туристов. Неконтролируемая эксплуатация в туристских целях диких пляжей причиняет серьезный, неисправимый урон экосистемам побережья Краснодарского края

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ проект № 20-17-00060 «Современный этап эволюции песчаных аккумулятивных форм Азово-Черноморского побережья России».

ЛИТЕРАТУРА

1. Волкова Т.А., Максимов Д.В., Миненкова В.В., Филобок А.А., Ходыкина М.Ф. Туристско-рекреационный комплекс Краснодарского края: основные показатели и прогнозы развития // Вестник национальной академии туризма. 2016. № 3 (39). С. 48–56.
2. Косьян Р. Д., Крыленко В. В. Современное состояние морских аккумулятивных берегов Краснодарского края и их использование : монография / Российская академия наук, Институт океанологии им. П.П. Ширшова (ИО РАН). Москва : Научный мир, 2014. 256 с.
3. Крыленко В. В., Косьян Р. Д. Региональные особенности комплексного управления прибрежными зонами // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы. 2015. Т. 1, № 1. С. 44–47
4. Мажар Л.Ю. Пространственно-временная организация туристско-рекреационной деятельности // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2018. № 1. С. 100–104.
5. Мищенко А.А., Волкова Т.А. Экологические проблемы природопользования в береговых геосистемах Восточного Приазовья // Географические исследования Краснодарского края. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2011. С. 162–167.
6. Чистяков В.И., Мищенко А.А., Филобок А.А., Волкова Т.А. Ключевые проблемы экологической безопасности Азово-Черноморского побережья России // Морские берега – эволюция, экология, экономика. Краснодар: Издательский дом – Юг, 2012. С. 104–108.

УДК 551.435.627

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ И ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ
В СРЕДНЕГОРНЫХ И ВЫСОКОГОРНЫХ ЛАНДШАФТАХ
ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Р.А. Гакаев, А.Н. Гуня

*Чеченский государственный университет, г. Грозный, Россия
E-mail: rustam.geofak@yandex.ru*

Среднегорная и высокогорная части республики расположены на северном склоне Большого Кавказа. В осадочной толще Кавказского хребта чередуются прочные и легко поддающиеся разрушению горные породы, это обусловило их расчленение на ряд продольных хребтов. Хребты образовались на месте обнажения стойких горных пород, а долины, разделяющие их, возникли в местах распространения менее прочных пород.

С учетом этого, наиболее верхняя горная часть республики может быть разделена на две зоны: а) зона известняковых хребтов (Пастбищный и Скалистый – субальпийский пояс и альпийские луга); б) сланцево-песчаниковая зона (Боковой хребет и его отроги – субнивальный и нивальный пояс).

Ландшафтное разнообразие среднегорий и высокогорий Чеченской Республики связано со сложной палеогеографией, горообразовательными процессами, оледенением, взаимодействием с флорой и фауной многих биогеографических областей, колебаниями и изменениями климата, которые привели к большому разнообразию геолого-геоморфологических условий, характера рельефа, формированию местных циркуляций воздушных масс, включая сезонную изменчивость погодно-климатических условий.

В формировании ландшафтов межгорных котловин высокогорной части республики значительна роль Скалистого хребта, преграждающего путь северо-западным и северным влагоносным воздушным массам [1].

Проявление оползней в среднегорной и высокогорной частях Чеченской Республики зависит от ряда условий, главными из которых являются геоморфологические, климатические, гидрогеологические и антропогенные факторы и условия. Анализируя формирование оползневых процессов в различной природной обстановке, можно видеть, что часть условий определяется региональными особенностями процессов выветривания, характером и режимом выпадения осадков, испарения и т.д. Базисом образования всех оползней этого района являются русла рек и водотоков. Повсюду отмечается напользание пластичных оползневых масс на пойму, где они в периоды паводков размываются и уносятся водой. Гораздо менее опасны в оползневом отношении бассейны с развитой (выработанной) эрозионной сетью, где в тыловых западинах под торцевыми уступами моноклинальных плит сконцентрированы большие мощности недренированных древнеоползневых накоплений [2].

Повсеместно наблюдается врезание русел рек и оврагов в коренные породы и отсутствие каких-либо признаков накопления современного аллювия в долинах рек. Это обстоятельство обуславливает то, что на склонах развиты оползни современные, являющиеся активными, с увеличением или уменьшением активности в зависимости от влияния различных местных, локальных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гакаев Р.А., Даукаев А.А. Геоморфологическая характеристика оползней горных районов Чеченской Республики и сезонная динамика их проявления // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике: сб. докл. Всерос. конф. М., 2015. С. 67–70.
2. Гакаев Р.А. Физико-географические факторы формирования оползневых ландшафтов горной части Чеченской Республики // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: материалы XIII Междунар. ландшафтной конф. Воронеж, 2018. С. 313–315.

УДК 551.21.032:551.583:630

**ЕСТЬ ЛИ ВУЛКАНИЧЕСКИЙ СИГНАЛ В ГОДИЧНЫХ КОЛЬЦАХ СОСНЫ,
ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА СЕВЕРЕ ФЕННОСКАНДИИ
И КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ?**

А.А. Галимова, М.А. Гурская

¹ *Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*
E-mail: marina_gurskaya@mail.ru

Извержения вулканов оказывают воздействие на климат планеты [1]. Понижение температуры после крупных извержений регистрируется в годичных кольцах хвойных деревьев [2]. Цель данной работы – проверить, есть ли реакция годичных колец сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающей на севере ареала своего распространения в Фенноскандии и на Кольском полуострове, на крупные вулканические извержения. Для этого был построен широтный профиль протяженностью 670 км, на котором были заложены четыре дендрохронологических тест-полигона. Методом перекрестной датировки получены древесно-кольцевые хронологии по ширине годичного кольца и интенсивности свечения синего (blue intensity) длительностью с 1585 по 2019 г. Сопоставительный анализ этих данных с данными по извержениям вулканов (<http://www.bgs.ac.uk/vogripa>) показал, что далеко не все крупные извержения (с VEI > 5) зарегистрированы в годичных кольцах сосны. Однако отмечен сильный эффект (снижение прироста, уменьшение интенсивности свечения синего) более слабых извержений (с VEI = 4–5). Выделены извержения, имеющие наиболее катастрофические последствия для биоты в районе исследования.

Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта INTERACT TA TREENE и РФФИ (грант № 20-05-00569).

ЛИТЕРАТУРА

1. Robock A. Volcanic eruptions and climate // Rev. Geophys. 2000. Vol. 38. P. 191–219.
2. Sigl M., Winstrup M., McConnell J.R., Welten K.C., Plunkett G., Ludlow F., Buentgen U., Caffee M., Chellman N., Dahl-Jensen D., Fischer H., Kipfstuhl S., Kostick C., Maselli O.J., Mekhaldi F., Mulvaney R., Muscheler R., Pasteris D.R., Pilcher J.R., Salzer M., Schuepbach S., Steffensen J.P., Vinther B.M., Woodruff T.E. Timing and climate forcing of volcanic eruptions for the past 2,500 years // Nature. 2015. Vol. 523. P. 543–548.

УДК 551.21.032:630*561.24

**ОТРАЖЕНИЕ ИНДЕКСА ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
В ХРОНОЛОГИЯХ СВЕТЛЫХ КОЛЕЦ ЛИСТВЕННИЦЫ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ
НА СЕВЕРНОМ ПРЕДЕЛЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В СИБИРИ
ЗА ПОСЛЕДНИЕ 400 ЛЕТ**

М.А. Гурская

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: marina_gurskaya@mail.ru*

Извержения вулканов ведут к глобальному краткосрочному понижению температуры воздуха из-за отражения солнечной радиации мелкими частицами пыли и аэрозолей [1, 2] и в том числе к укорочению вегетационного сезона [3]. У лиственницы, произрастающей на северном пределе распространения, реакцией на эти краткосрочные климатические изменения является формирование светлых колец (годовых колец с несформированной поздней древесиной [4]). На основе анализа ядер лиственницы, собранных на 18 точках, выявлены годы с массовым формированием светлых колец как на отдельно взятых точках, так и на большом количестве точек. Сравнение с индексом вулканической активности (VEI) [5] выявило, что массовое формирование светлых колец и их пространственное распространение происходит через 1–2 года после катастрофических извержений с $VEI > 4$. Выделены извержения, имеющие наиболее сильное влияние на формирование светлых колец. На основе частоты и интенсивности формирования светлых колец у лиственницы в ответ на извержения вулканов прошлого можно датировать некоторые сильные извержения. Однако для окончательного заключения и датировки извержений с использованием годовых колец следует использовать комплексные данные, а именно, не только анатомический параметр – наличие светлых колец, но и ширину годовых колец и максимальную плотность древесины.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФ (проект № 21-14-00330), РФФИ (грант № 20-05-00569а) и частичной поддержке государственной программы № АААА-А19-119031890086-0.

Литература

1. Robock A. Volcanic eruptions and climate // *Rev. Geophys.* 2000. Vol. 38. P. 191–219.
2. Sigl M., Winstrup M., McConnell J.R., Welten K.C., Plunkett G., Ludlow F., Buentgen U., Caffee M., Chellman N., Dahl-Jensen D., Fischer H., Kipfstuhl S., Kostick C., Maselli O.J., Mekhaldi F., Mulvaney R., Muscheler R., Pasteris D.R., Pilcher J.R., Salzer M., Schuepbach S., Steffensen J.P., Vinther B.M., Woodruff T.E. Timing and climate forcing of volcanic eruptions for the past 2,500 years // *Nature.* 2015. Vol. 523. P. 543–548.
3. D'Arrigo R., Wilson R., Anchukaitis K.J. Volcanic cooling signal in tree ring temperature records for the past millennium // *J. Geophys. Res.* 2013. Vol. 118. P. 9000–9010.
4. Kaennel M., Schweingruber F.H. *Multilingual glossary of dendrochronology.* Bern: Paul Haupt Publ., 1996. 467 p.
5. Newhall C.A., Self S. The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of the explosive magnitude for historical volcanism // *J. Geophys. Res.* 1982. Vol. 87. P. 1231–1238.

УДК 634.7(571.642)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ МОРОШКИ (*RUBUS* L.) НА САХАЛИНЕ

Я.В. Денисова¹, Н.Д. Сабирова², Я.П. Попова¹

¹ Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

E-mail: deyan4@mail.ru

К роду *Rubus* L. относится восемь видов, среди которых два вида морошки – рубус приземистый (*Rubus chamaemorus* L.) и рубус ложноморошковый (*Rubus pseudochamaemorus* Tolm.). Впервые рубус ложноморошковый как новый для юга о-ва Сахалин вид описан в работе А.И. Толмачева (Толмачев, 1954). В дальнейшем в известной флористической работе Сахалина рубус ложноморошковый был известен в качестве разновидности широко распространенного *Rubus chamaemorus* L. var. *pseudochamaemorus* (Tolm.) Worosch. (Определитель..., 1974; Ворошилов, 1982; Якубов и др., 1996).

Рубус приземистый и рубус ложноморошковый – многолетние летнезеленые травянистые корневищные поликарпики. Морфологически виды различаются. В отличие от морошки приземистой плоды рубуса ложноприземистого имеют меньшие размеры и окрашены равномерно в красный цвет; на нижней стороне листовой пластинки рубуса ложноприземистого очень заметна сеть выступающих жилок с густым тонким опушением. Оба вида обитают на моховых болотах, заболоченных лугах, в заболоченных лесах, кустарниково-разнотравных сообществах на увлажненных участках.

Рубус приземистый широко распространен по территории Европейской части, Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока, Северной Америки, Монголии, Китае, Японии и имеет циркумполярный ареал. Рубус ложноморошковый имеет восточноазиатский тип ареала (южная часть о. Сахалин, о. Кунашир, Япония (о. Хоккайдо) и Китай). Его основной ареал находится в Южно-Сахалинской флористической области (Пробатова, Баркалов, 2006). Анализ изученных материалов позволил установить новые места произрастания *R. pseudochamaemorus* на территории Сахалина. Выявлено 16 новых местонахождений вида в рассматриваемом регионе (Углегорский, Томаринский Долинский, Анивский и Корсаковский районы).

Таким образом, анализ материалов показывает, что морошка приземистая распространена по всей территории острова; наиболее северной точкой распространения *R. pseudochamaemorus* на о-ве Сахалин является его находка в окрестностях м. Ламанон (48°46'35" с. ш.). Важно отметить, что оба вида морошки в южной части встречаются одновременно на болотах Долинского и Корсаковского районов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркалов В.Ю., Таран А.А. 2004. Список видов сосудистых растений острова Сахалин. – В кн.: Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы международного сахалинского проекта). Часть 1. Владивосток. С. 39–66.
2. Ворошилов В.Н. 1982. Определитель растений советского Дальнего Востока. М. 674 с.
3. Определитель высших растений Сахалина и Курильских островов. – Л.: Наука, 1974. 372 с.
4. Пробатова Н.С., Баркалов В.Ю. 2006. Рубус – *Rubus* L. – В кн.: Флора российского Дальнего Востока: Дополнения и изменения к изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока». Т. 1-8 (1985-1996). Владивосток. С. 166–167.
5. Толмачев А.И. 1954. Новый вид морошки с о. Сахалин. – Ботан. материалы гербария Ботан. Ин-та. М. Т. 16. С. 104–108.
6. Якубов В.В., Недолужко В.А., Шанцер И.А., Тихомиров В.Н., Румянцев С.Д. 1996. Семейство Розовые (*Rosaceae*). – В кн.: Сосудистые растения Советского Дальнего Востока. СПб. Т. 8. С. 125–246.

УДК 551.21:004.9

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ВУЛКАНА КАРЫМСКИЙ, КАМЧАТКА

А.А. Долгая

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

Вулкан Карымский расположен в центральной части Восточного вулканического пояса Камчатки и является одним из самых активных вулканов полуострова. Его последнее извержение началось 3 апреля 2021 г. и продолжается по настоящее время. Вулкан проявляет умеренную активность и представляет опасность для авиации (по состоянию на 01.07.2021 ему присвоен оранжевый код авиационной опасности [1]).

Так как вулкан Карымский находится вдалеке от населенных пунктов полуострова, наибольшую опасность представляют его пепловые выбросы, шлейфы от которых могут распространяться на сотни километров. Помимо этого в непосредственной близости от вулкана в 5 км к югу в кальдере вулкана Академия Наук находится озеро Карымское, являющееся природной лабораторией, в которой ученые изучают процессы восстановления биоценоза после извержения 1996 г., уничтожившего биоценоз озера [2]. К вулкану Карымскому и его окрестностям ежегодно организовывают туристические походы.

Для оценки вулканической опасности вулкана Карымский была использована база данных ГИС «Голоценовый вулканизм Камчатки» [3] и геопространственная база данных крупнейших пеплопадов полуострова [4].

С помощью программного продукта ArcGIS был проведен анализ территорий, подверженных наибольшему риску от пеплопадов и пирокластических потоков от вероятных извержений вулкана. Анализ проводился на основании информации о произошедших в прошлом событиях. Построены карты с оценками риска от каждого вида опасности отдельно и карта с оценкой кумулятивного риска.

Для уточнения и повышения качества построенных карт опасности рассматривается возможность моделирования распространения пепловых облаков и пирокластических потоков для анализа других вероятных путей распространения продуктов вулканической деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. VONA/KVERT Release 29 June 2021. URL: <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/index.php?name=Karymsky&n=2021-06-29> (дата обращения 01.07.2021).
2. Андреев В.И., Карпов Г.А., Магуськин М.А. и др. О влиянии извержений в кальдере Академии Наук и вулкана Карымский 1996–2000 гг. на окружающую среду (рельеф, водоемы, растительность) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2003. № 1. С. 60–73.
3. Пономарева В.В., Зеленин Е.А., Михайлюкова П.Г. ГИС «Голоценовый вулканизм Камчатки». Свидетельство о регистрации базы данных № 2016620587. Дата регистрации 12.05.2016.
4. Dolgaya A. Prevalence of tephra of Kamchatka largest volcanic eruptions. GIS analysis // Climate Change and Natural Disasters: The E-Asia JRP Conference. Vladivostok: Publ. House of the Far Eastern Federal University, 2019. P. 45.

УДК 502.36+621.315.1+621.315.175+621.315.23

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ
ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
И СНИЖЕНИЯ РИСКА ИХ ПОВРЕЖДЕНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫМИ
КЛИМАТИЧЕСКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ
В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА
В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

И.П. Дудченко

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

Строительство линий электропередачи (ЛЭП) оказывает существенное влияние на окружающую среду. Сам по себе факт постройки ЛЭП требует значительной зоны отчуждения, с которой вырубается лес, а впоследствии производится регулярное удаление высокого кустарника и молодых деревьев. При передаче электроэнергии создаются электрическое и магнитное поля промышленной частоты (50 или 60 Гц), которые как непосредственно влияют на естественное поле, так и вызывают («наводят») вторичные поля, приводящие к появлению блуждающих токов, инициирующих электрохимические реакции в почвенном слое. ЛЭП постоянного тока при той же передаваемой мощности требуют меньших полос отчуждения, а генерируемое ими поле не вызывает вторичных полей.

В то же время сама окружающая среда существенно влияет на функционирование ЛЭП. Негативные климатические факторы приводят к образованию гололеда, разрушению опор и в результате – к нарушению нормальной работы системы электроснабжения, что в условиях малой разветвленности и ограниченности источников создает условия для полного прекращения электроснабжения части потребителей на время восстановления и ремонта. ЛЭП постоянного тока имеет меньше несущих элементов, они могут быть более компактными, ее можно эксплуатировать даже при частичном нарушении, а в режиме дефицита мощности возможно избежать отключения потребителей, что особенно важно при воздействии мощных тайфунов и циклонов, характерных для Сахалинской области. Участки ЛЭП с трудным прохождением трасс или особенно опасные по климатическим условиям могут быть выполнены в кабельном исполнении, что для ЛЭП переменного тока невозможно в принципе.

Сахалинская область является уникальным регионом с точки зрения электроэнергетики: существенная суточная неравномерность нагрузки, не сглаживаемая объединением энергосистем различных часовых поясов; малое число источников в энергосистеме (три в самой крупной); большие протяженности трасс; сложный рельеф; высокая частота опасных погодных явлений: наличие изолированных и островных участков. Все это в целом создает предпосылки к применению в Сахалинской области передачи постоянного тока уже в ближайшем будущем. В свою очередь, это снизит и влияние самих ЛЭП на окружающую среду. Создание крупной ветровой генерации на Курилах целесообразно только при условии соединения с Сахалином, что возможно только при условии применения передачи постоянного тока по подводным кабелям, успешно работающей в странах Северной Европы и ряде других регионов с протяженными водными преградами.

УДК 504.73+504.5

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ
«МЕНДЕЛЕЕВСКАЯ»
(ВУЛКАН МЕНДЕЛЕЕВА, О. КУНАШИР) НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ**

А.К. Ежкин, А.В. Кордюков

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

Промышленное освоение и использование парогидротермальных месторождений является одним из наиболее экономичных и перспективных методов производства электроэнергии. Однако производимые работы в местах разведки и извлечения парогидротерм могут разрушать локальные экосистемы. Гидротермы часто содержат большое количество солей, в составе которых встречаются F, B, As, и тяжелые металлы.

Исследования по оценке воздействия геотермальной электростанции «Менделеевская» в районе вулкана Менделеева на о. Кунашир на состояние окружающей среды проведены с использованием традиционных биологических индикаторов – эпифитных лишайников, обитающих, в данном случае, на коре *Picea glehnii* (F.Schmidt) Mast.

По совокупности значений лишенобиоты для каждой пробной площади был посчитан модифицированный индекс атмосферной чистоты (IAP) с использованием показателя повреждений слоевищ эпифитных лишайников, значения которого варьируют от 4–5.7 для наиболее приближенных и до 29.7–33.4 для наиболее удаленных от ГеоТЭС участков. Выделены 2 изотоксичные зоны, отражающие степень и масштабы воздействия деятельности ГеоТЭС на окружающую среду – зона слабого и сильного воздействия. В зоне сильного воздействия отмечены следы угнетения и некрозы слоевищ лишайников, а также самые низкие значения IAP: 1.6–7.9. Показатели повреждений слоевищ всех модельных видов увеличиваются, а показатели общей суммарной встречаемости и покрытия уменьшаются. Буферная или переходная зона на настоящий момент по параметрам IAP не прослеживается ввиду непродолжительного периода воздействия ГеоТЭС.

По уровню накопления веществ в слоевищах лишайников в районе исследований наибольшее превышение отмечено по As в лишайнике *Platismatia interrupta*. Валовое содержание As варьирует от 0.8–2.6 мг/кг в контрольных участках и до 5–9 мг/кг в импактной зоне, т.е. максимальное превышение в лишайнике отмечено в 11.6 раза. Содержание As также имеет достоверные корреляционные связи с полученными значениями общей суммарной встречаемости всех видов (R_{adj}^2 : 0.62, p-value: 0.007) и значениями общего суммарного покрытия (R_{adj}^2 : 0.42, p-value: 0.03). Более сильные связи были обнаружены между содержанием As и показателями повреждений слоевищ всех используемых модельных видов по отдельности и в группах в районе исследований.

УДК 582.29+504.73+504.5

**ОЦЕНКА ЛИШАЙНИКОВОГО ПОКРОВА
НА СКЛОНАХ АКТИВНОГО ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА
(О. МАТУА, СРЕДНИЕ КУРИЛЫ)**

А.К. Ежкин, Ф.А. Романюк

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

В рамках проведения комплексных экспедиционных работ на о. Матуа в 2017 году были выполнены исследования лишайникового покрова на склонах действующего вулкана Пик Сарычева. На момент исследования последнее крупное извержение вулкана произошло в 2009 году, и с тех пор в кратере не прекращается фумарольная деятельность. Лишайники отбирались на расстоянии от 3,5 до 7,5 км от кратера на пробных площадках размером 1м². Лишайники были собраны со всех доступных субстратов – почва, живые деревья, сухостой, скалистые обнажения. Частота встречаемости видов отмечена по 5-ти бальной шкале (Бязров, 2002). Обработка и определение материалов проводились в Институте морской геологии и геофизики ДВО РАН. Идентификация лишайников проведены согласно традиционным лишенологическим методикам (Определитель лишайников..., 1974; Флора лишайников..., 2014).

По результатам камеральной обработки гербарного материала было определено 89 видов. Для района исследований отмечены типичные представители арктических территорий, а также прибрежных районов. Наиболее часто встречаемые лишайники - *Xanthoria elegans*, *Rhizocarpon geographicum*, *Protoparmelia badia*, *Ochrolechia frigida*, *Physcia caesia*, *Parmelia omphalodes* и др. Обычны виды из таких родов, как *Lecanora*, *Cladonia*, *Peltigera*, *Rinodina*, *Buellia*, *Umbilicaria*, *Aspicilia*, *Lecidea*, характерные для районов вулканической активности других островов Курильских островов и прилегающих территорий (Ежкин, 2019; Ежкин, Давыдов, 2021; Shimizu, 2004).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев М.П., Ахти Т., Войцехович А.А., Гагарина Л.В., Герасимова Ю.В., Гимельбрант Д.Е., Давыдов Е.А., Конорева Л.А., Кузнецова Е.С., Макрый Т.В., Надеина О.В., Рандлане Т., Сааг А., Соколова И.В., Степанчикова И.С., Урбанавичюс Г.П. Флора лишайников России: Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. М.; СПб.: Тов-во науч. изд. КМК, 2014. 392 с.
2. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Изд-во «Научный Мир», 2002. 336 с.
3. Ежкин А.К. Лишайники древесных субстратов в местах проявления сольфатарной активности на Южных Курильских островах // Геосистемы переходных зон. 2019. 3(2). С. 256–263.
4. Ежкин А. К., Давыдов Е. А. Новые данные о лишайниках рода *Umbilicaria* Hoffm. с островов Парамушир и Сахалин // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2021. 1. С. 75-80.
5. Окснер А.Н. Определитель лишайников СССР. Вып. 2. Морфология, систематика и географическое распространение. Л.: Наука, 1974. 284 с.
6. Shimizu A. Community structure of lichens in the volcanic highlands of Mt. Tokachi, Hokkaido, Japan // The Bryologist. 2004. Vol. 107(2). P. 141–151.

УДК 023

НОВЫЕ СЕРВИСЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НАУЧНОЙ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Н.Е. Журавская

*Центральная научная библиотека ДВО РАН, Владивосток, Россия
E-mail: zurav120772@gmail.com*

В конце 2019 г. была принята, одобрена Библиотечным советом ДВО РАН и Дальневосточным территориальным управлением Программа развития Центральной научной библиотеки ДВО РАН на 2020–2024 гг. Первым направлением Программы развития стало «Информационное обеспечение научной, научно-технической и инновационной деятельности в ДВФО».

Мероприятия, запланированные для реализации этого направления, включают в себя прежде всего модернизацию библиотеки в вопросах предоставления информационных услуг ее удаленным пользователям. За год в этом направлении сделано очень многое: установлено новое серверное оборудование, сайт библиотеки перенесен на современную платформу, его контент значительно расширен. На сайте представлен ряд новых для библиотеки и ученых региона сервисов. Теперь любой исследователь Дальневосточного отделения академии наук может использовать в своей деятельности весь спектр информационных ресурсов ЦНБ ДВО РАН, настроив удаленный доступ к ним. У всех исследователей региона есть возможность сделать заявку высококвалифицированным специалистам различных подразделений библиотеки, которые помогут подобрать необходимую научную информацию, поработать с наукометрическими показателями, проконсультируют по работе с различными базами данных, помогут с индексацией статьи.

Еще одной новацией в работе библиотеки стало формирование электронной библиотеки «Научное наследие Дальнего Востока», в которой любой исследователь региона может бесплатно разместить свою научную работу, при условии соблюдения требований авторского законодательства. Для исследователей это возможность оперативно представить результаты своей работы для их использования в практической деятельности ученых не только России, но и мирового сообщества. Благодаря вступлению Центральной научной библиотеки в Национальный агрегатор открытых репозиторий, метаданные документов, размещенных в электронной библиотеке «Научное наследие Дальнего Востока», индексируются в крупнейших международных научных поисковых системах, это позитивно влияет на динамику наукометрических показателей ученого. Еще один аспект этой работы – системное формирование единой базы полных текстов трудов сотрудников ДВО РАН, отражающее значимость вклада дальневосточных ученых в развитие российской и мировой науки.

УДК 58.02+59

ЭПИФИТНЫЕ МОХООБРАЗНЫЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В БИОМОНИТОРИНГЕ (Г. ЮЖНО-САХАЛИНСК)

В.В. Каганов^{1,2}

¹Сахалинский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

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

E-mail: vladimirkaganov@mail.ru

В качестве биомониторов текущего состояния атмосферного воздуха были использованы эпифитные мохообразные, произрастающие: в городских скверах, в придомовых дворах, на территории городского парка и в отдаленных районах г. Южно-Сахалинск. Всего было заложены 25 учетных площадок, где фиксировали мохообразные на верхнем уровне поселения (1.1–1.5 м). Для измерения встречаемости использовали рамку 10 × 40 см (400 см²), поделенную на 4 части – микроплощадки (10 × 10 см). Рамку прикладывали с четырех сторон ствола дерева. В качестве форофита использовали тополь Максимовича, используя опыт предыдущих исследований [1].

Были определены 14 видов с различным процентом участия в формировании эпифитного покрова тополя. Среди них: *Anomodon longifolius* (Brid.) Hartm., *Anomodon thraustus* Müll., Hal., *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al., *Entodon* sp., *Homalia trichomanoides* (Hedw.) Bruch et al., *Leskea polycarpa* Hedw., *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwägr., *Myuroclada maximowiczii* (G.G. Borshch.) Steere & W.B.Schofield, *Neckera pennata* Hedw., *Orthotrichum sordidum* cf. *obtusifolium* Sull. & Lesq., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Bruch et al., *Pylaisia* sp., *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske, *Stereodon vaucheri* (Lesq.) Lindb. ex Broth.

Исходя из результатов первоначального использования параметров встречаемости эпифитных мохообразных можно судить, что на их распространение влияют различные факторы, в том числе и антропогенная трансформация территорий. Работы в данном направлении будут продолжены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каганов В.В., Ежкин А.К. Особенности видовой структуры лишайников *Populus maximowiczii* А. Ненгі в городе Южно-Сахалинск и его окрестностях. // Актуальные проблемы биологии и экологии (материалы докладов). Сыктывкар, 2017. С. 12–15.

УДК 58.009

ЭПИФИТНЫЙ МОХОВЫЙ ПОКРОВ ПОЙМЕННЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН

В.В. Каганов^{1,2}, Т.И. Коротеева²

¹ Сахалинский филиал ботанического сада–института ДВО РАН, г. Южно–Сахалинск, Россия

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

E-mail: vladimirkaganov@mail.ru

С середины прошлого века в ходе лесозаготовительных работ коренные темнохвойные леса центральной (главным образом равнинной) части острова Сахалин претерпела сильную трансформацию. Однако, поймы листопадных лесов, иногда со старовозрастными участками – остались частично нетронутыми и малонарушенными. Удаленность таких мест от населенных пунктов повлияла на их сохранность. В Тымовском, Поронайском, Смирныховском, Макаровском и Углегорском районах были отмечены любопытные, с природоохранной точки зрения, леса.

Исследования проводили маршрутным методом в долинных лесах центральной части острова. Бриофиты были собраны с лесообразующих древесных пород долинных лесов вдоль крупных рек (Тынь, Поронай) а также их притоков. Типичные представители долинных лесов средней части о. Сахалин: тополь Максимовича, ольха волосистая, различные виды древесных ив, чозения земляничниколистная, среди них и широколиственные деревья - ильмы японский и лопастной, ясень маньчжурский.

Был частично обработан собранный гербарий, по результатам которого наиболее типичные виды бриофитов для пойменных листопадных лесов средней части острова: *Anomodon longifolius* (Brid.) Hartm., *Dicranum cf. bonjeanii* De Not. (spor.), *Homalia trichomanoides* (Hedw.) Bruch et al., *Myuroclada maximowiczii* (G.G.Borshch.) Steere & W.B.Schofield, *Neckera pennata* Hedw., *Plagiomnium acutum* (Lindb.) T.J.Kop., *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Bruch et al., *Stereodon vaucheri* (Lesq.) Lindb. ex Broth. и другие виды.

УДК 556.55

ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОТЛОВИНЫ ОЗЕРА БИРЮЗОВОЕ КАРЬЕРНОЕ (КОРСАКОВСКИЙ РАЙОН, О. САХАЛИН)

Д.Н. Козлов, Ф.А. Романюк, Р.В. Жарков

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

Антропогенные водоемы, именуемые среди туристов, в социальных сетях и на официальных ресурсах Правительства Сахалинской области «Бирюзовые озера» или «Голубые озера», расположены на территории бывших карьерных разработок Новиковского месторождения германиеносных углей в районе с. Новиково (МО «Корсаковский городской округ» Сахалинской области). Этот природно-антропогенный комплекс одно из наиболее посещаемых мест на юге Сахалина, здесь насчитывается около 20 антропогенных водоемов, получивших общее название благодаря характерному цвету воды. Несколько водоемов так же получили свои народные названия в соответствии с оттенками вод: «Бирюзовое», «Мертвое», «Серое», «Черное» и «Синее». Необходимо отметить, что с теоретической точки зрения более точное наименование этих водных объектов не озера, а обводненные карьеры, однако, как уже было сказано на различных сайтах, в документах и в публикациях СМИ их называют озерами, поэтому вполне допустимо называть и обозначать их обоими вариантами [1, 2].

На сегодняшний день нет актуальных сведений о морфологии и морфометрических параметрах этих водоемов, химическом и микробиологическом составе их вод, поэтому сотрудниками лаборатории вулканологии и вулканопасности ИМГиГ ДВО РАН было принято решение выполнить их комплексное исследование. Первым этапом работ стала эхолотная съемка котловины самого известного и посещаемого водоема «Бирюзовое озеро», выполненная в 2021 г. Так как на территории Сахалинской области уже есть озеро Бирюзовое (кальд. Заварицкого, о. Симушир, Курильские о-ва), исследователями предложено озеро в районе с. Новиково наименовать «Бирюзовое Карьерное».

Результаты цифровой эхолотной съемки, полученные на озере Бирюзовое Карьерное, представлены набором из 12 эхолотных профилей высокой детализации со спутниковой привязкой, на их основе ведется составление точной батиметрической модели и подсчет морфометрических параметров водоема. Впервые установлена современная глубина водоема, составляющая 106 м. Таким образом, Бирюзовое Карьерное озеро приобрело статус одного из глубочайших водоемов Сахалина, эта отметка превышает глубину оз. Тунайча (42 м) более чем в два раза. Для однозначного вывода о том, какой водоем на о. Сахалин имеет наибольшую глубину необходимы комплексные исследования остальных обводненных карьеров в районе с. Новиково. Полученные сведения могут быть использованы при оценке туристического, рекреационного и бальнеологического потенциала водных объектов Сахалинской области, при проектировании и в работе туристско-рекреационного кластера «Лагуна Буссе», в образовательных и научно-просветительских целях.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Голубые (Бирюзовые) озера на Сахалине»: информационный ресурс о путешествиях, Туристический портал «Туристер.ру» [сайт] <https://www.tourister.ru/world/europe/russia/city/novikovo/lakes/37699#istoriya-biryuzovyh-ozer>
2. «Описание маршрута «Мыс Евстафия и Бирюзовые озера на Сахалине»»: официальный сайт Министерства туризма Сахалинской области [сайт] <https://tourism.sakhalin.gov.ru/mys-evstafiya-i-biryuzovyje-ozera/>

УДК 581.522.5(571.64)

ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ НА ВУЛКАНАХ: ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ЖИЗНИ ЧЕРЕЗ АДАПТАЦИЮ ДАЛЬНЕГО ТРАНСПОРТА УГЛЕРОДА

А.В. Копанина

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

Вулканическая активность глубоко нарушает биомы и формирует у растений физиологические адаптации к суровым условиям с самых первых дней жизни, которые ярко выражаются в структурной организации их тел. Во многих родах растений, в том числе древесных (*Salix*, *Betula*) на Курильских островах, происходит видообразование, которому способствует современная вулканическая активность, а также суровые климатические условия, особенно на севере островного архипелага. Под влиянием вулканической активности на островах образуется множество разнообразных экологических форм древесных растений, имеющие адаптивные механизмы для сохранения продуктивности и выживания в условиях природного стресса.

В качестве связующего звена в распределении углерода в растениях, флоэма и сеть ее каналов – ситовидных трубок, находится в эпицентре механизмов, контролирующих распределение ресурсов в растении [1]. Понимание «работы» флоэмы древесного растения, в том числе видов ценозообразователей имеет огромное агрономическое и экологическое значение. Данные о строении члеников ситовидных трубок деревьев из различных местообитаний, их структурных связей с клетками спутницами, аксиальной и лучевой паренхимой на основе методов световой и электронной микроскопии, позволяет во многом дополнить и уточнить представления о структурной организации флоэмной сети дальнего транспорта, продуктивного потенциала и возможностях его реализации у древесных растений в меняющемся мире. Данные об ультраструктурной организации флоэмы деревьев необходимы для решения задач моделирования флоэмного транспортного пути. Особенности флоэмного транспорта и механизмы его моделирования в деревьях раскрыты в ряде исследований на основе теории E. Münch [2]. В настоящее время эти вопросы еще далеки от своего однозначного решения. Ритмика физиологической активности растений отражает ритмику активности фотосинтеза, которая вызвана сезонной и суточной периодичностью изменений климатических факторов температуры, света, водообеспечения. Пропорция между растяжением клеток и утолщением их оболочек указывает на соотношение факторов, лимитирующих интенсивность флоэмного транспорта. Именно для флоэмного транспорта ключевым фактором является температура и его структурные перестройки первично отражают физиологические изменения [3,4].

Новые данные [4], позволяют предположить, что реакция флоэмы на засуху может иметь ключевое значение для прогнозирования времени выживания растений во время засухи или способности к восстановлению после засухи. Однако многое неизвестно о переносе вещества и воды по флоэме и ее анатомии. Насколько ситовидные пластинки могут препятствовать осевому потоку? Необходимы новые знания о структуре ситовидных трубок в разных возрастных состояниях, в разных экологических условиях в разных жизненных формах растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Holbrook NM. 2018. Editorial overview: Physiology and metabolism: Phloem: a supracellular highway for the transport of sugars, signals, and pathogens. *Current Opinion in Plant Biology* 43: iii–vii. DOI: 10.1016/j.pbi.2018.05.013
2. Savage JA, Beecher SD., Clerx L, Gersony JT., Knoblauch J, Losada JM, Jensen KH, Knoblauch M, Holbrook NM. 2017. Maintenance of carbohydrate transport in tall trees. *Nature Plants* 3: 965–972 DOI: 10.1038/s41477-017-0064-y
3. Гамалей ЮВ. Транспортная система сосудистых растений. СПб., 2004. 424 с.
4. Sevanto S. 2018. Drought impacts on phloem transport. *Current Opinion in Plant Biology* 43:76–81. DOI: 10.1016/j.pbi.2018.01.002

УДК 581.522.5(571.64)

ВОЗМОЖНОСТИ ДАННЫХ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ КРУПНОМАСШТАБНОГО КАРТИРОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ

А.В. Копанина, К.А. Швидская

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

Анализ актуальных спутниковых данных и многолетние полевые обследования растительности дают возможность оценивать изменения вулканических ландшафтов и скорости восстановления растительного покрова. Такие материалы разрабатываются для многих активных магматических и грязевых вулканов по всему миру. Цель настоящей работы – разработка крупномасштабной карты-схемы Южно-Сахалинского грязевого вулкана (далее – ЮСГВ), отражающей характер развития растительности, в том числе древесной, в условиях разновозрастных отложений вулкана. Подготовка карты-схемы ЮСГВ выполнена с отображением на ней топографических объектов, границ грязевых полей извержений разных лет и грифонов при помощи геоинформационной системы QuantumGIS 3.16 (далее – QGIS).

В качестве основы карты-схемы ЮСГВ были использованы: мультиспектральный снимок юго-восточной части о. Сахалин от 19.10.2020 г. со спутника Sentinel-2A, снимок области исследования из SASPlanet, топографические карты «OpentopomapRussia» и «Торомар (marshruty.ru)» из QGIS. Мы нанесли на карту-схему ЮСГВ границы грязевых полей, возникших в 1959 г., 1966 г., 1979 г., 1996 г., 2001 г., в 2011 г. [1], крупные грифоны и сальзы в пределах современного эруптивного центра и за его границами. Также мы располагали данными полевого обследования извержения ЮСГВ 2020 года, которое было выполнено коллективами лаборатории экологии растений и геоэкологии и отдела исследования вещественного состава геосфер ЦКП ИМГиГ ДВО РАН. Для интерпретации каналов мультиспектрального снимка Sentinel-2A ЮСГВ и картирования нового грязевого поля извержения 2020 г. нами были использованы рекомендации Д.В. Курбатского [4] и Д.В. Долгополова [2]. Для обработки и классификации космоснимков применены рекомендации А.П. Карпачева [3].

В результате визуального и автоматического дешифрирования космоснимков ЮСГВ с использованием натурных наблюдений нам удалось получить границы извержений 2020 г., 2011 г., фрагментарно 2001 г., границы травянистой растительности и различных типов смешанных и хвойных лесов. Нами классифицированы границы, лишенные растительности, места свежееотложенной брекчии, и места действующих сальз в лесу. Показано как крупные извержения грязевого вулкана меняют его ландшафт. Последнее извержение ЮСГВ в 2020 г. является менее мощным, чем последнее крупное извержение 2001 г., но направление грязевого потока совпадает. Грязевые потоки извержения 2020 г. полностью уничтожили всю растительность на потоке 2001 г. и вдоль его границ, что отчетливо видно на космоснимках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов В.В., Никитенко О.А. Изотопный и химический состав вод Южно-Сахалинского грязевого вулкана (по результатам опробования 2009 и 2010 годов) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2017. № 4-1 (196-1). С. 110-120.
2. Долгополов Д.В. Методика обнаружения водных объектов в зоне трубопроводов при паводках по данным космического мониторинга // Мониторинг. Наука и технологии. 2021. № 1 (47). С. 75-83.
3. Карпачев А.П. Опыт классификации космоснимка Sentinel-2A с помощью Semi-Automatic Classification Plugin в QGIS. 2017 – <https://gis-lab.info/qa/qgis-sacp-sentinel2a.html> (дата обращения: 20.06.2021).
4. Курбатский Д.В. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM/ETM+. 2005 – <https://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html> (дата обращения: 20.06.2021).

УДК 58.009

**МАТЕРИАЛЫ К БРИОФЛОРЕ ГОРЯЧИХ ИСТОЧНИКОВ ЮЖНЫХ КУРИЛ
(ИСТОЧНИКИ СТОЛБОВСКИЕ И НЕСКУЧЕНСКИЕ, О. КУНАШИР;
ИСТОЧНИКИ ЖАРКИЕ ВОДЫ, О. ИТУРУП)**

Т.И. Коротеева

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: tatjana_05@mail.ru*

Термальные источники и окружающая их флора и растительность давно привлекают внимание своей уникальностью и самобытностью. Особые экстремальные для жизни физико-химические условия среды позволяют выживать здесь немногим высшим растениям, среди которых мхи и печеночники характеризуются наибольшей устойчивостью. В литературе сведения о многообразных, произрастающих на термальных источниках южных Курильских островов, практически отсутствуют.

Ранее нами были опубликованы некоторые вводные работы, посвященные флоре мхов и печеночникам термальных источников активных вулканов Менделеева и Баранского [1, 2]. Однако в них приводятся особенности флоры мхов термальных полей, приуроченных непосредственно к вулканическим постройкам и находящимся на их склонах. В отличие от них, рассматриваемые в данной работе источники не приурочены непосредственно к склонам вулканических построек, а находятся в их подножии. Всего здесь обнаружено около 10 видов печеночников и 20 видов мхов. Несходство видового состава мхов и печеночников таких термальных местообитаний с флорой термопроявлений склонов активных вулканов, по-видимому, объясняется ландшафтными условиями, составом и особенностями растительного покрова, температурных и геохимических характеристик термальных вод и сольфатарных газов таких источников.

УДК 551.4+581.9+502.3/7+502.63

СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЗОНЫ ПЛЯЖА УЧАСТКА АНАПСКОЙ ПЕРЕСЫПИ

С.В. Крыленко, В.В. Крыленко

Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН (Южное отделение), г. Геленджик, Россия
E-mail: krylenkoserg@mail.ru

Анапская пересыпь является одной из крупнейших аккумулятивных форм черноморского побережья Кавказа [1]. В 2020 году часть ее территории была включена в природный парк «Анапская пересыпь», задачей которого является сохранение природных комплексов в прибрежной зоне Черного моря, в том числе дюн. Важную и даже определяющую роль в формировании и сохранении дюн играет растительность. Однако в результате антропогенной деятельности растительный покров разрушается и, как следствие, повышается подвижность дюн. Наибольшему разрушению подвергается растительность вблизи пляжа. В июне 2021 г. были проведены исследования структуры растительности зоны пляжа в центральной части Анапской пересыпи.

Пляжная растительность Анапской пересыпи подчиняется общим законам зонирования [2], однако имеет региональные особенности. Первая зона располагается от уреза воды до полосы штормовых выбросов и характеризуется отсутствием растительности, за исключением единичных ростков из семян, выброшенных морем или занесенных животными. Вторая зона локализуется в линии штормовых выбросов (преимущественно водоросли, плавник и пластик), доминирующими видами в ней являются *Cakile maritima subsp. euxina* (Pobed.) Nyár., *Kali tragus subsp. pontica* (Pall.) Mosyakin, *Suaeda prostrata* Pall. и *Polygonum maritimum* L. Третья зона тянется от полосы штормовых выбросов до подножия эмбриональных дюн. Она характеризуется постепенным увеличением плотности растительности по мере удаления от уреза. Доминантами зоны являются *Eryngium maritimum* L. и *Thinopyrum bessarabicum* (Savul. & Rayss) A. Löve. Растительность перечисленных трех зон ежегодно уничтожается воздействием волн или в результате антропогенной деятельности, что препятствует появлению новой полосы эмбриональных дюн даже при наличии избытка песка. Четвертая зона располагается на полосе эмбриональных дюн, к доминантам предыдущей зоны добавляются *Artemisia arenaria* DC. и *Leymus racemosus ssp. sabulosus*. Взрослые растения представлены крупными раскидистыми кустами или развитыми куртинами, которые способствуют эоловой аккумуляции материала. На крутой фронтальной части эмбриональной дюны наблюдается массовое воспроизводство растений. Пятая зона располагается на пологой тыльной части эмбриональных дюн, где происходит площадная аккумуляция за счет увеличения плотности куртин доминирующих *A. arenaria* и *Th. bessarabicum*. Шестая зона располагается на тыльной части пляжа и отличается меньшей подвижностью песков, к доминантам предыдущей зоны в массе добавляется *Secale sylvestre* Host. Полоса четвертой–пятой–шестой зон растительности расчленена поперечными ложбинами гидрогенно-техногенного происхождения, по которым во время сильных штормов происходит движение заплесковых вод. Седьмая зона занята пионерными солонцеватыми сообществами и представляет собой пологую котловину, периодически затапливаемую, с близким расположением грунтовой воды.

Таким образом, в связи с прогрессирующим антропогенным уничтожением растительности третьей зоны в настоящее время нет предпосылок для выдвижения эмбриональных дюн в сторону моря.

Исследования выполнены при поддержке РФФ (грант № 20-17-00060).

ЛИТЕРАТУРА

1. Крыленко С.В., Крыленко М.В., Крыленко В.В. *Tamarix ramosissima* как индикатор особенностей рельефа Анапской пересыпи // Берега Черного моря: экологические ориентиры в настоящем – устойчивое развитие в будущем: мат. российско-абхазского международного науч.-практ. семинара. 2018. Т. 166. С. 34.
2. Doing H. Coastal fore-dune zonation and succession in various parts of the world // Ecology of coastal vegetation. 1985. P. 65–75. (Proceedings of a Symp., Naamstede, March 21–25, 1983).

УДК 551.435.314+574.42+581.553

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ КЛИФОВ МАССИВА ТУАПХАТ ОТ ТИПА СУБСТРАТА И СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

С.В. Крыленко^{1,2}, А.И. Лукиных¹

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

² Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (Южное отделение), г. Геленджик, Россия

E-mail: lukinyh.anastasiya@yandex.ru

Растительные сообщества морских абразионных берегов (клифов) подвергаются сильному влиянию различных экзогенных факторов. Выявление наиболее важных из них позволяет лучше понять механизмы формирования этих сообществ. Попытки их выявить уже предпринимались [1].

Полевые исследования проводились в 2020 и 2021 гг. на клифах массива Туапхат (Чёрное море). Всего было выполнено 89 стандартных геоботанических описаний площадью 100 м² на биотопах разного типа. Биотопы были разделены по происхождению и типу субстрата на следующие: тела и шлейфы оползней, осыпи, фронтальный и торцевой флиши. Кроме того, были изучены биотопы, находящиеся над клифом, а также несколько обрывов антропогенного происхождения. По собранным материалам была проведена непрямая ординация методом Principal Component Analysis (PCA), а также дисперсионный анализ (ANOVA).

Дисперсионный анализ показал, что видовой состав изученных сообществ значительно зависит от типа биотопа, однако сообщества непосредственно клифа отличаются сильной однородностью. Как и ожидалось, наиболее выделяются сообщества антропогенных обрывов (из-за обилия неморальных видов), а также сообщества с высокой степенью увлажнения, на которых преобладают влаголюбивые виды. Среди остальных биотопов выделяется два направления градиента (направление вдоль значения высоты над урезом и усиление рудеральности сообщества). Первый градиент связан с фронтальными флишами (стабильный биотоп), они характеризуются низкой плотностью растительности и обилием петрофитных видов; по мере продвижения от уреза вверх по склону увеличивается трещиноватость пласта флиша, а в некоторых местах появляется слабый аргиллитовый или мелкоземный чехол, внедряется значительное число видов с верхних биотопов. Однако при преодолении бровки происходит выпадение большинства петрофитных видов и сообщество становится типичным шибляковым. Вторая группа связана с нестабильными биотопами и имеет слабую связь с высотным градиентом. Отличительной особенностью данной группы можно назвать обилие рудеральных видов. Тела оползней составляют основу этой группы, однако содержат в своих сообществах большое количество петрофитных видов, а также виды, привнесенные из шибляковых сообществ. Далее по увеличению степени рудеральности сообщества следуют осыпи, торцевые флиши, части оползней, подвергшихся абразии, и стенки отрыва оползневых тел.

Таким образом, было обнаружено, что растительные сообщества на клифах массива Туапхат не однородны по своей структуре. Выделяются сообщества относительно стабильных субстратов (фронтальные флиши), с большим количеством местных петрофитных эндемиков [2], и сообщества с высокой подвижностью субстрата (оползни, осыпи), что приводит к их рудерализации.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ №19-05-00716.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голуб В.Б., Гречушкина, Н.А., Сорокин, А.Н., Николайчук, Л.Ф. Растительные сообщества на каменистых обнажениях северо-западной части Черноморского побережья Кавказа // Растительность России. 2009. № 14.
2. Крыленко С.В., Лукиных А.И. Характеристики состава растительности абразионного берега северо-западной части черноморского побережья Кавказа // Вестн. Удмуртского ун-та. Сер. «Биология. Науки о Земле». 2021. Т. 31, № 1. С. 16–26.

УДК 624.042.42

ПРОГРАММА ОБРАБОТКИ ТЕНЗОСИГНАЛА ПРИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ МОНИТОРИНГЕ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ

В.А. Лобкина, Е.Н. Козлов

*Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: valentina-lobkina@yandex.ru*

Анализ случаев обрушения кровель в России за последние 20 лет выявил три типа воздействия снеговых нагрузок, которые могут привести к обрушению кровель.

Первый тип – триггер. Прогнозировать такое обрушение невозможно, так как оно происходит при небольших значениях нагрузки (менее 0.5 кПа), такие обрушения характерны для ветхих и аварийных зданий, а также купольно-надувных конструкций. Второй тип – это длительные снеговые нагрузки, которые должны учитываться при проектировании зданий и сооружений в регионах, где формируется устойчивый снежный покров. Третий тип – кратковременные снеговые нагрузки. Причиной их появления служат снегопады высокой интенсивности, когда в течение 12–24 ч величина снеговой нагрузки может вырасти более чем на 1 кПа, а из-за того, что нагрузка не успевает равномерно распределиться по кровле, происходит обрушение с величиной нагрузки меньше длительной. Второй и третий тип снеговой нагрузки можно учитывать не только при проектировании здания, но и во время его эксплуатации.

Для мониторинга снеговой нагрузки в Сахалинском филиале ДВГИ ДВО РАН разрабатывается «Система непрерывного мониторинга снеговой нагрузки» (далее Система). Система функционирует в режиме реального времени, и на текущем этапе реализации проекта стоит задача не только в получении данных, но и в их сохранении для последующей обработки. Для этого была написана программа на языке C#, принимающая данные Системы, оборудованной тензодатчиками. Сигнал с тензодатчиков приходит на весовой индикатор и далее через конвертор на компьютер. Для этого разработаны следующие функции: подключения, с учетом обработки возможных ошибок (невозможно распознать порт подключения, неправильная скорость соединения); получения данных (считывание информации); обработки (собирает и записывает данные, создает файлы записи, отсеивает служебную информацию). Для удобного взаимодействия с оператором использовался механизм форм. В качестве основных его компонентов была реализована возможность выбрать порт подключения, время считывания, период сохранения файла. Период сохранения позволяет выбрать, через какое время начинать запись в новый файл – через час (удобно при частом снятии показаний, например, во время интенсивной метели), сутки или месяц (например, при определении величины накопленного снегозапаса). Итоговые данные записываются в текстовый документ формата .csv. Выбор данного формата определялся получением большого потока данных с датчиков и необходимостью выбора наиболее компактного варианта их хранения, что особенно актуально при одновременной эксплуатации нескольких систем с выводом получаемых значений на один компьютер. Формат .csv с разделителем запятой позволяет не только хранить данные в компактном формате, но и при необходимости легко конвертировать их в Excel, для последующей обработки и визуализации необходимой части массива полученных данных.

Выбор предела измерения снеговой нагрузки зависит от используемого тензодатчика. Возможно как увеличение, так и уменьшение предела измерений в зависимости от ожидаемых значений нагрузки. При установке Системы на кровле здания ожидаемым значением нагрузки является ее величина, закладываемая при проектировании здания и корректируемая коэффициентами на его износ. Задачей, решаемой Системой при такой установке, является передача информации о критическом увеличении нагрузки и вероятности обрушения кровли на пульт оператора.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Гранта Президента РФ № МК-867.2020.5.

УДК 624.042.42

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ В СЕЗОНЕ 2020–2021

В.А. Лобкина, А.А. Музыченко

*Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН, лаборатория лавинных и селевых процессов, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: nestral@yandex.ru*

Ежегодно как в мире так и в России под воздействием снеговой нагрузки происходят обрушения кровель зданий и сооружений, принося немалые ущербы, а иногда и жертвы. Сахалинская область не является исключением, за последние 5 лет произошло 5 обрушений кровель. Последний случай обрушения произошел в г. Холмск, где 19.02.2021 обрушилась крыша склада с химическими реагентами.

Для исследования динамики изменения снеговой нагрузки в зимнем сезоне 2020/2021 гг. в южной части г. Южно-Сахалинск, в районе с низкоэтажным характером застройки, были установлены две системы мониторинга. Установка систем произведена параллельно друг другу. Обе системы рассчитаны на измерение нагрузки до 7.8 кН/м².

Каждая система состоит из плоского короба площадью 1 м² с отвесными бортами, опорной конструкции, оборудованной тензодатчиками, электронного табло, принимающего сигнал с тензодатчиков, и компьютера, на котором сохраняются передаваемые данные. Оборудование для измерения снеговой нагрузки установлено в почвенных шурфах, стенки которых защищены от сползания деревянным коробом. Глубина установки корректировалась до выравнивания поверхности короба с поверхностью почвы.

Программа наблюдений включала подрезку снежной толщи по контуру на платформе № 1 в течение сезона, для определения наличия «эффекта свода», при котором часть веса распределяется по снежным горизонтам. Платформа № 2 в течение сезона не обрезалась и находилась в естественных условиях снегонакопления, т.е. вес определялся с учетом общего веса пласта. Наблюдения проводились в течение всего зимнего сезона с 24.12.2020 до полного стаивания снега. Одновременно выполнялись стандартные наблюдения в снежном шурфе с периодичностью раз в 7 дней.

По ходу сезона значение нагрузки, передаваемое с обеих платформ, росло параллельно. 16 февраля выпало значительное количество осадков, по ГМС «Южно-Сахалинск» прирост составил 54 мм за сутки (<http://www.pogodaiklimat.ru/>). Обе системы показали увеличение нагрузки: платформа № 1 – 0,66 кН/м², платформа № 2 – 0,64 кН/м², что с учетом ветрового перераспределения совпадает с данными ГМС. Однако после прекращения снегопада и стабилизации показаний, с 20.02.2021, нагрузка продолжала расти при незначительном количестве выпавших осадков (около 5 мм).

Количество выпавших твердых осадков по ГМС с 01.12.2020 по 05.03.2021 составило 167 мм. Величина водозапаса в районе размещения систем на 07.03.2021 была равна 154 мм, при средней высоте снега 64 см и плотности 240 кг/м³. Значение нагрузки на 05.03.2021 составило: платформа № 1 – 2.21 кН/м², платформа № 2 – 2.17 кН/м².

Таким образом, отклонение от данных ГМС в течение сезона составляло на 05.01.2021 платформа № 1 – 5%, платформа № 2 – 5%, на 05.02. – 30% и 20%, на 05.03. – 130% и 35 % соответственно. Значения с платформы № 2 репрезентативны в течение всего сезона с расхождением с показаниями ГМС от 5 до 35%. С первой декады марта началось таяние снега и общее уменьшение нагрузки, что показали и платформа № 2, и стратиграфические наблюдения. На платформе № 1 в этот же период зафиксирован рост нагрузки, что, скорее всего, объясняется подрезкой краев платформы в течение сезона и просачиванием в образовавшиеся зазоры талой воды в период снеготаяния, которая таяла/замерзала при суточных колебаниях температуры, поэтому данные с платформы в период после 20.02.2021 не репрезентативны.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Гранта Президента РФ № МК-867.2020.5.

УДК 582.35/99(571.64) (045)

АДВЕНТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ФЛОРЫ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН

О.О. Ложникова

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

В результате освоения природных ресурсов и создания селитебных территорий происходит неизбежное нарушение местных ландшафтов и значительная трансформация или даже полное уничтожение естественного растительного покрова, а на нарушенных участках постепенно заселяются чужеродные или адвентивные виды растений. Разумеется, появление последних не связано с естественным ходом флорогенеза, а является результатом прямой или косвенной деятельности человека.

В течение более 100 лет происходит активное освоение природных ресурсов региона и, как следствие, антропогенное преобразование природных ландшафтов. Наиболее масштабные и кардинальные изменения естественной растительности и ландшафтов в целом произошли в южной части Сахалина. Появление многочисленных населенных пунктов, развитие сельского хозяйства и горнодобывающей промышленности, прокладка автомобильных, железных дорог и линий электропередач и других объектов оказали значительное влияние на растительность острова. Масштабные пожары, возникшие по вине человека, нанесли огромный ущерб лесам практически во всех его районах. Таким образом, многолетние антропогенные преобразования нарушили исходную гомогенность растительного покрова и обусловили значительную его фрагментацию и мозаичность, а в итоге – формирование большого разнообразия нарушенных участков.

Адвентивные виды на Сахалине изучены крайне слабо. Наши исследования были нацелены на выявление адвентивного компонента флоры сосудистых растений южного Сахалина. В административном отношении южная часть острова включает Томаринский, Долинский, Холмский, Анивский, Южно-Сахалинский, Корсаковский и Невельский районы.

В результате проведенных исследований установлено, что адвентивная флора юга Сахалина насчитывает 274 вида сосудистых растений, относящихся к 192 родам и 57 семействам. Из выявленных семейств адвентивной флоры наиболее крупными оказались Asteraceae, включающее 51 вид; Poaceae – 40; Fabaceae – 26; Brassicaceae – 19; Polygonaceae – 14; Scrophulariaceae – 13; Caryophyllaceae – 12; Rosaceae – 8; Lamiaceae – 6; Pinaceae – 6 видов. В целом, 10 ведущих семейств охватывают 71.6% от общего количества выявленных заносных видов растений. Из 57 семейств адвентивной флоры Южного Сахалина 5 семейств содержат исключительно заносные виды: Amaranthaceae, Cannabaceae, Commelinaceae, Linaceae и Malvaceae.

В составе адвентивной флоры исследованной территории преобладают гемикриптофиты, они составляют 42% от общего количества выявленных видов, терофиты – 39%, криптофиты – 4,4%, хамефиты – 1,5% и фанерофиты – 13%. Все фанерофиты являются интродуцентами. Большую часть адвентивного компонента флоры представляют непреднамеренно или случайно занесенные виды – ксенофиты, доля которых достигает 62% (170 видов), доля эргазиофитов – 32% (89 видов), остальную часть – 6% (15 видов) составляют ксеноэргазиофиты.

Многие виды адвентивных растений весьма активно внедряются в естественные растительные сообщества и при этом вытесняют аборигенные виды. В составе адвентивной флоры Южного Сахалина выявлено 23 вида, занесенные в Черную книгу флоры Средней России [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 503 с.

УДК 504.3

**ИНТЕГРАЛЬНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА
ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
(НА ПРИМЕРЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ)**

Т.В. Любимова, Н.А. Бондаренко

*Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия
E-mail: TV-Luy@yandex.ru*

Обзор современных взглядов на проблему оценки экологических рисков как в зарубежной, так и отечественной литературе [1–5] показывает, что до настоящего времени отсутствует единая методология их оценки. Предложены различные подходы к оценке суммарного действия природных и техногенных факторов [6–8] применительно к урбанизированным территориям. Решение вопросов геоэкологической безопасности курортов Краснодарского края выходит в регионе на первое место. Геоэкологические условия территории определяются ее тектоническим положением в пределах С-З Кавказа и Скифской плиты, которые предопределили характер проявления эндогенных и экзогенных опасных природных процессов. Ранее была показана возможная методика оценки факторов опасности сейсмогенного риска [9], а также выполнена оценка факторов развития экзогенных природных процессов [10]. В работе представлены результаты интегральной оценки риска с учетом площадного распространения опасных природных процессов, применимые для мелкомасштабных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косинова И.И., Кустова Н.Р. Теория и методология геоэкологических рисков // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2008. № 2. С. 189–197.
2. Осипов В.И., Еремина О.Н., Козлякова И.В. Оценка экзогенных опасностей и геологического риска на урбанизированных территориях (обзор зарубежного опыта) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2017. № 3. С. 3–15.
3. Cascini L., Ferlisi S. Introduction to the thematic set of paper on the quantitative analysis of landslide risk // Bulletin of Engineering Geology and Environment. 2014. Vol. 73, no. 2. P. 207–208.
4. Sharma V.K. Zonation of landslide hazard for urban planning: case study of Nainital town, Kumaon Himalaya, India // Engineering Geology for Tomorrow's Cities, IAEG 2006, 6–10 Sept. 2006. Paper no. 3–191.
5. Vranken L., Vantilt G., Van Den Elckhaut M., Vanderckhole L., Poesen J. Landslide risk assessment in densely populated hilly area // Landslides. 2015. Vol. 12, no. 4. P. 787–798.
6. Бурова В.Н. Особенности районирования урбанизированных территорий для оценки риска от опасных природных процессов // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2019. № 6. С. 106–111.
7. Ларионов В.И., Фролова Н.И., Угаров А.Н. Оценка сейсмического риска // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2017. № 2. С. 22–37.
8. Осипов В.И., Ларионов В.И., Сущев С.П., Фролова Н.И., Угаров А.Н., Кожаринов С.В., Барская Т.В. Оценка сейсмического риска территории г. Б. Сочи // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2015. № 1. С. 3–19.
9. Стогний Г.А., Стогний В.В. Проблема оценки сейсмогенного риска Черноморского побережья Краснодарского края // Туристско-рекреационный комплекс в системе регионального развития: Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2019. С. 226–229.
10. Любимова Т.В., Бондаренко Н.А., Стогний В.В., Погорелов А.В. Карта интегрального риска проявления экзогенных геологических процессов как основа для решения различных теоретических и прикладных задач на территории Краснодарского края // Естественные и технические науки. 2017. № 2(114). С. 140–145.

УДК 504.06(571.62)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПЕЛАГИАЛИ ЧЕРНОГО МОРЯ

В.В. Мельников¹, В.Ф. Гракович²

¹ *Федеральный исследовательский центр Институт биологии южных морей РАН, г. Севастополь, Россия*

² *Подкомитет по углеводородному сырью Комитета ГД по природным ресурсам, природопользованию и экологии, г. Москва, Россия*

E-mail: sevlin@rambler.ru

Еще недавно считалось, что пелагиаль Черного моря состоит из тонкого кислородного (80–200 м) и сероводородного слоев (до 2200 м). Граница смещения вод между этими слоями называлась зоной сосуществования или «С-слоем» [1]. Эти представления лежали в основе большинства исследований до конца XX в., пока в 1988 г. не выяснилось, что на самом деле море трехслойное: между кислородной зоной и сероводородными водами существует третий слой, или субоксидная зона, в которой нет ни кислорода, ни сероводорода [2]. Это открытие почти 15 лет не признавалось научным миром, пока не стало общепризнанным [3]. В результате этого в начале XXI в. произошла смена научных парадигм, которая привела к вопросу о достоверности данных, полученных старыми методами.

Это касается и многих вопросов по геоэкологии бассейна, что особенно актуально для определения геоэкологических рисков, возникающих как под влиянием естественных изменений природной среды, так и в результате деятельности человека. К таким естественным факторам можно отнести рельеф дна, конфигурацию берегов, водообмен через проливы, речной сток, испарение и потоки тепла, воздействие ветра, долгопериодные изменения климата, динамику геострофических течений, круговороты воды и т.д. К антропогенным – зарегулирование речного стока, его загрязнение, изменение конфигурации берегов и рельефа дна, загрязнение морских вод (включая занос чужеродных видов), использование биоресурсов моря, добыча и транспортировка полезных ископаемых. Геоэкологическая уязвимость Черного моря в первую очередь связана с возможностью необратимых изменений его тонкого поверхностного слоя, который сверху контактирует с атмосферой – аэроконтур [4], а снизу – с субоксидной зоной. Зона редоксклина и субоксидная зона формируют своеобразную контактную зону моря, или анаэроконтур. Последний имеет рельеф, связанный преимущественно с действием геострофической циркуляции, атмосферных процессов и водообмена через проливы. Это своеобразное жидкое дно, состояние которого имеет исключительно важное значение для всей экосистемы моря. Изменения анаэроконтура еще слабо исследованы, однако уже понятно, что они могут происходить под влиянием как атмосферных процессов, так и деятельности человека. В последние годы к этому добавился важный фактор: прокладка трубопроводов по дну моря, которые в случае аварий или природных катастроф могут разрушать целостность анаэроконтура с прямым выносом сероводородных вод к поверхности.

Исследования выполнены в рамках государственного задания № 075-01354-20-00.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стунжас П.А. Система кислорода Черного моря // Система Черного моря. М.: Научный мир, 2018. С. 171–191.
2. Murray J.W., Codispoti L.A., Friederich G.E. Oxidation-reduction environments: The suboxic zone in the Black Sea // Aquatic Chemistry: Interfacial and Interspecies Processes. Advances in Chemistry Series. 1995. Vol. 244. P. 157–176.
3. Konovalov S., Murray J., Luther G. Basic Processes of Black Sea Biogeochemistry // Oceanography (Washington D.C.). 2005. Vol. 18. P. 24–35.
4. Зайцев Ю.П. О контурной структуре гидросферы // Гидробиологический журнал. 2015. Т. 51, № 1. С. 3–27.

УДК 504.5

ФОРМИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ, СВЯЗАННОЕ С ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Л.Е. Музыкаченко

*Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: allixev@yandex.ru*

Проблема опасности формирования антропогенных селевых потоков весьма остро стоит по всему миру. Ежегодно фиксируются многочисленные случаи образования селей антропогенного характера на горнодобывающих предприятиях, а также на предприятиях энергетической отрасли. Формирование селевых потоков происходит на таких объектах, как отвалы горной породы на карьерах и шахтах, места складирования перемещенных грунтов, хвосто- и шламохранилища, золоотвалы и т.д.

Надо отметить, что такие селевые потоки достигают значительных объемов, от сотен тысяч до десятков миллионов кубических метров. В качестве примера можно привести случаи формирования крупных селей в результате прорыва дамб хвостохранилищ в Испании в 1998 г. [1], Канаде в 2014 г. [2], Бразилии в 2015 [3]. На территории нашей страны подобные селевые потоки формировались при прорывах дамб хвостохранилищ Карамкенского горно-металлургического комбината в 2009 г. (Магаданская обл.) [4], Абагурской аглофабрики в 2010 г. (Кемеровская обл.) [5].

Образование таких селевых потоков зачастую приводит к человеческим жертвам, разрушению объектов жилищной и промышленной застройки, загрязнению рек, водоемов и выводу из обращения земель значительной площади.

Для предотвращения подобных случаев необходимо грамотное планирование при проектировании промышленных предприятий, начиная с выбора мест размещения потенциально опасных объектов, заканчивая принятием мер инженерной защиты от опасных явлений, а при завершении функционирования предприятий – проведение рекультивации антропогенно-измененных территорий. Также требуется постоянный мониторинг за состоянием потенциально опасных объектов на промышленных предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hudson-Edwards K.A., Macklin M.G., Jamieson H.E., Brewer P.A., Coulthard T.J., Howard A.J., Turner J.N. The impact of tailings dam spills and clean-up operations on sediment and water quality in river systems: the Ríos Agrio–Guadamar, Aznalcóllar, Spain // *Applied Geochemistry*. 2003. Vol. 18 (2). P. 221–239.
2. Byrne P., Hudson-Edwards K.A., Bird G., Macklin M.G., Brewer P.A., Williams R.D., Jamieson H.E. Water quality impacts and river system recovery following the 2014 Mount Polley mine tailings dam spill, British Columbia, Canada // *Applied Geochemistry*. 2018. Vol. 91. P. 64–74.
3. Ferreira F.F., Duca de Freitas M.B., Szinwelski N., Vicente N., Medeiros L.C.C., Reynaud Schaefer C.E.G., Dergam J.A., Sperber C.F. Impacts of the Samarco tailing dam collapse on metals and arsenic concentration in freshwater fish muscle from Doce River, southeastern Brazil // *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2020. Vol. 16 (5). P. 622–630.
4. Готов В.Е., Глотова Л.П., Бульбан А.П., Митрофанов И.Д. Хвостохранилище Карамкенского горно-металлургического комбината: инженерно-геологические проблемы и причины аварийного разрушения // *Вестник ДВО РАН*. 2010. № 3. С. 31–39.
5. Калашник А.И., Калашник Н.А. Исследования ограждающего насыпного гидротехнического сооружения как прототипа дамбы хвостохранилища горно-обогатительного предприятия // *Вестник Кольского научного центра РАН*. 2013. Т. 1 (12). С. 27–30.

УДК 004:551.3

СОСТОЯНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Т.С. Мызникова, А.С. Худяков, С.Н. Елохина

*«Гидроспецгеология», филиал «Уральский региональный центр», г. Екатеринбург, Россия
E-mail: myznikova@gmsn-ural.ru*

На территории Уральского федерального округа (УрФО) наиболее широко развиты следующие комплексы опасных экзогенных геологических процессов (ОЭГП) [1]: карстово-суффозионные, оползневые, овражная эрозия. Региональная активность ОЭГП изучается по точкам государственной опорной наблюдательной сети в ходе государственного мониторинга состояния недр (ГМСН).

ГМСН представляет собой систему регулярных наблюдений, сбора, накопления, обработки, анализа и обобщения информации с целью оценки состояния геологической среды и прогноза ее изменений под влиянием природных и техногенных факторов. ГМСН является частью государственного экологического мониторинга окружающей среды и функциональной подсистемой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (МЧС России). В 2020–2021 гг. наблюдения на регулярной основе выполняются на 33 пунктах опорной сети и дополняются результатами площадных плановых и оперативных инженерно-геологических обследований, информацией из официальных, открытых и фондовых источников.

Сведения о распространении и развитии проявлений ОЭГП, их воздействии на населенные пункты и хозяйственные объекты, о наблюдательных сетях мониторинга хранятся в структурированном массиве данных ГМСН по подсистеме «опасные ЭГП», реализованном с использованием средств современных систем управления базами данных (SQLServer). Все точки обеспечены координатной привязкой с точностью до одного метра и совмещены с картографическим материалом.

База данных содержит документы: о проявлениях ОЭГП (паспорта проявлений), технологических объектах мониторинга (паспорта технологических объектов), случаях воздействий ОЭГП на населенные пункты, линейные сооружения и земли различного назначения (учетные карточки воздействий). Ее эксплуатация позволяет сократить сроки выполнения таких операций, как учет проявлений геологических процессов, подготовку регламентных и отчетных документов; унифицировать структуру, содержание, форматы и формы хранения, накопления и представления данных при ведении ГМСН; а также способствует наглядности представления результатов.

С 2008 по 2020 г. в базе ГМСН «ЭГП» по УрФО создано более тысячи паспортов проявлений, в том числе около 50 по Курганской, 300 – Свердловской, 450 – Тюменской, 150 – Челябинской областям, 40 – Ханты-Мансийскому автономному округу – Югра и около 150 – по Ямало-Ненецкому автономному округу [2].

Блок базы данных «Технологические объекты» по субъектам УрФО содержит 92 объекта, включая дополнительные вкладки по фотодокументации и количественной оценке динамики процесса. Наибольшую активность в 2020 г. показал оползневой процесс в пределах Зауралья Свердловской области.

С 2020 г. актуальная информация по активным геологическим процессам отражается на ведомственной интерактивной карте, работающей в on-line режиме на электронном ресурсе учреждения (<https://geomonitoring.ru:13159>).

ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерная геология СССР. В 8 т. Т. 5. Алтай, Урал. М.: Изд-во Московского университета, 1978. 219 с.
2. Информационный бюллетень о состоянии недр Уральского федерального округа Российской Федерации за 2019 г. Екатеринбург, 2020. Вып. 20. 321 с.

УДК 574.472 (571.642)

ТРОФИЧЕСКИЕ МИГРАЦИИ БУРОГО МЕДВЕДЯ В ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТАХ ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «ВОСТОЧНЫЙ» НА ОСТРОВЕ САХАЛИН

И.В. Никулина^{1,2}, Р.Н. Сабиров²

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

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: irinkaeremenko@yandex.ru

Природный заказник «Восточный» площадью 68 005 га создан в 2007 г. Благодаря расположению самой высокой горной системы – Восточно-Сахалинских гор, здесь сформировались разнообразные горнотаежные ландшафты, структура которых предопределяет состав, численность и характер распределения животного мира, а также фаунистические комплексы в целом [1].

В составе териофауны заказника постоянно обитающим видом является бурый медведь, плотность обитания которого заметно выше, чем в других районах острова. Этот вид населяет все характерные лесные ландшафты заказника, распределение вида зависит от внутрисезонной активности, связанной с трофическими миграциями, которые он совершает в течение всего активного периода года [2].

Маршрутные и стационарные наблюдения за бурым медведем и следами его жизнедеятельности в заказнике проводились в течение 2010–2020 гг. по специальной методике [3]. Миграции медведя наблюдались в следующих лесных ландшафтах: прибрежно-морском; долинных лесных комплексах; лиственничниках межгорных депрессий; низкогорных темнохвойных лесах; каменноберезовых лесах средневысотного пояса гор; подгольцовом (субальпийском) поясе с зарослями кедрового стланика; высокогорных ландшафтах с горнотундровой растительностью.

В весенний и весенне-летний периоды прибрежно-морские ландшафты имеют для бурого медведя важное значение, являясь источником пищи, где скапливаются различные биологические выбросы моря, а в приустьевой части рек появляются лососевые виды рыб в начале их хода. На морских террасах интенсивнее сходит снег и появляется первая растительность, что позволяет медведю потреблять как ее подземные, так и надземные части. В этот период медведи также посещают поймы рек и надпойменные террасы, где охотно поедают ранневегетирующие растения, включая их луковицы и корневища.

С началом хода лососевых (основным видом является горбуша) и до окончания их нереста (летний период) медведь потребляет рыбу совместно с растительными кормами, поэтому животные часто выходят к реке, а по мере продвижения рыбы поднимаются выше по течению и распределяются по ее притокам. В этот период медведи часто посещают заросли черничников лиственничных и низкогорных темнохвойных лесов. Площадь сезонного распределения животных в этом периоде максимальна.

В осенний период пищевой рацион медведя в значительной степени пополняется растительными ресурсами. Животные перемещаются на большие высоты от средневысотного пояса гор до субальпийского пояса с зарослями кедрового стланика и высокогорной горнотундровой растительности, где они пасутся на ягодниках и орехах кедрового стланика. В позднеосенний – предберложный период пищевая активность медведя заметно снижена. Звери в большей степени приурочены к горным лесным ландшафтам и не совершают значительных перемещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сабиров Р.Н., Сабирова Н.Д., Воронов Г.А. Современное состояние биоты природного заказника «Восточный» на острове Сахалин // Вестник ДВО РАН. 2017. № 1. С. 108–115.
2. Никулина И.В., Минервин И.Г., Мелкий В.А., Радченко А.В. Геоинформационное биогеографическое картографирование состояния островных экосистем по данным дистанционного зондирования Земли // Вестник СГУГиТ. 2020. Т. 25, № 1. С. 194–210.
3. Серёдкин И.В., Лисицин Д.В., Борисов М.Ю. Изучение бурого медведя на Сахалине // Изв. Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1 (8). С. 1925–1928.

УДК 911.52

СТЕПНЫЕ СООБЩЕСТВА В ПРЕДЕЛАХ АЗОВСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Н.А. Пикалова, Т.А. Волкова, Ю.О. Антипцева

*Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия
E-mail: mist-next4@inbox.ru*

Активное освоение наземных и морских ресурсов привело к деградации прибрежных экосистем. Нагрузки на прибрежные зоны ежегодно возрастают в связи с развитием рекреации, добычи углеводородного сырья, сельского хозяйства, ростом населения и урбанизационных процессов. Длительное антропогенное воздействие привело к снижению биологической продуктивности естественных фитоценозов.

Территорию Восточного Приазовья в пределах Краснодарского края занимают три вида ландшафтов. Северная часть занята низменно-плоским ландшафтом и разнотравно-злаковой растительностью на Предкавказских черноземах. Центральная часть занимает дельтово-плавневый ландшафт с лугово-болотными комплексами. Он располагается в пределах современной аллювиально-лиманной дельты р. Кубань.

Исследования проводились в июле 2019-20 гг. в результате было установлено, что основной тип растительности представлен степными сообществами: разнотравно-пырейным, разнотравно-типчачковым, кермеково-разнотравным и разнотравно-солонечниково-эфедровым. Такие сообщества являются зональными типами растительности для Тамани.

Анализ формационного состава флоры показал, что большая часть видов составляют растения из группы «степные» (46,2%) и «лугово-степные» (17,1%). Эти виды растений являются ядром флоры степных сообществ Азовского побережья.

Исследования показали, что численность отдыхающих в пляжной зоне в значительной степени зависит от удаленности от населенных пунктов. Береговая полоса активно используется для отдыха, как приезжими отдыхающими, так и местными жителями, во время курортного сезона здесь отмечается высокая численность отдыхающих, несмотря на то, что литеральная зона закрыта для купания, в связи с отсутствием оборудованных пляжей. Главным деградирующим фактором воздействия на степные участки является вытаптывание (появление густой дорожно-тропиночной сети).

Повсеместно отмечены зоны стихийной рекреации, которые приурочены к морским пляжам, в местах доступных для проезда автотранспорта. К местам стихийной рекреации, как правило, приурочены свалки отходов, кострища и участки нарушенного растительного покрова. Несмотря на растущую рекреационную нагрузку, степные сообщества находятся в удовлетворительном состоянии. Коэффициент синантропизации флоры составил 14%, несмотря на увеличившуюся площадь агроценозов и строительство региональных подъездных путей к Федеральной автомобильной трассе «Таврида».

Исследования выполнены при поддержке грантов: РФФИ 19-05-00716 «Экзогенные процессы как фактор пространственной дифференциации растительных сообществ морских абразионных берегов» и РФФИ и администрации Краснодарского края, 19-45-230004 «Изучение закономерностей формирования и динамики геосистем крупных морских аккумулятивных форм берегов Краснодарского края»

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Краснодарский край и Республика Адыгея. Минск, 1996. 48 с.
2. Бекух З.А., Ефремов Ю.В., Жирма В.В. Физическая география Краснодарского края. Краснодар, 2000. 188 с.
3. Косенко И.С. Определитель растений Северо-Западного Кавказа и Предкавказья. М.: Колос, 1970. 613 с.
4. Красная книга Краснодарского края. Растения и грибы. Издание второе /Отв. ред. С.А. Литвинская и др. – Краснодар: Адм. Краснодар. края, 2017. – 848 с.

УДК 551.721(571.645)

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПЕПЛОПАДОВ И ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА
НА РАЗВИТИЕ КОМПОНЕНТОВ ЛАНДШАФТА ГОРНОЙ ЧАСТИ О. ИТУРУП
В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ–ГОЛОЦЕНЕ**

**Н.Г. Разжигаева¹, Л.А. Ганзей¹, Т.А. Гребенникова¹, Л.М. Мохова¹,
А.В. Дегтерев², А.К. Ежкин², А.В. Рыбин²**

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

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: nadyar@tigdvo.ru

Впервые для горной части о. Итуруп восстановлено развитие природной среды за последние 12400 кал. лет. В основу реконструкций положено комплексное изучение отложений палеоозера на плато к северо-западу от влк. Баранского. Развитие обстановок осадконакопления контролировалось наряду с климатическими изменениями влиянием вулканических пеплопадов. Похолодание позднего дриаса здесь было более выражено, чем на юге Курил, за счет охлаждающего влияния Охотского моря, имевшего высокую ледовитость. В это время образовалось палеозеро, оно прошло 11 стадий (обводнение и заболачивание), которые контролировались, в первую очередь, изменением количества атмосферных осадков. В холодных влажных условиях с интенсивным ветровым режимом на плато были распространены открытые ландшафты, обильно рос ольховник, в защищенных урочищах – темнохвойные леса. Пояс камменноберезняков занимал небольшие площади. Активное поступление пыльцы берез (до 97.5%) зафиксировано в прослое вулканического пепла, образованного около 12 050 кал. л.н. Предполагается, что извержение проходило весной – в начале лета, когда цветет каменная береза. На слое тефры в качестве пионеров начали развиваться злаки.

Рубеж плейстоцена–голоцена (около 11 470 кал. л.н.) близок к глобальным и региональным данным [1]. В начале голоцена увеличилась роль древесной растительности, широко распространились темнохвойные леса и кедровый стланик, для которого благоприятными являются сильные снегопады и наличие устойчивого снежного покрова. Озеро имело наибольшую глубину около 9890–7900 кал. л.н. В среднем–позднем голоцене стадии обводнения и заболачивания водоема хорошо связаны с климатической ритмикой. Как правило, фазы обводнения наблюдались в теплые периоды. Похолодания были усилены ослаблением теплового течения Сойя [2]. Активизация вулканических извержений в центральной части о. Итуруп около 6200 кал. л.н. способствовала экспансии березовых лесов, которые стали наиболее устойчивой лесной формацией на большей части острова. В поясе березняков в подлеске было много бересклета, который мог расти и на вулканических шлаковых осыпях [3], встречался падуб, в покрове были распространены папоротники. В качестве пионерной растительности на пеплах развивались злаки. Площади темнохвойных лесов, которые менее устойчивы к вулканическим пеплопадам, сократились. Признаком активизации циклогенеза около 3540–2750 кал. л.н. является находка большого количества аллохтонной пыльцы, перенесенной с юга Курил и Японских островов, а также с низких элементов рельефа в горную часть Итурупа. В последние 420 кал. л.н. на месте палеоозера развивалось слабо увлажненное моховое болото. Современное потепление привело к дальнейшему осушению поверхности и развитию почвенных условий.

Исследования выполнены при поддержке РНФ (грант № 21-17-00049).

ЛИТЕРАТУРА

1. Gorbarenko S.A., Artemova A.V., Goldberg E.L., Vasilenko Yu.P. The response of the Okhotsk Sea environment to the orbital-millennium global climate changes during the Last Glacial Maximum, deglaciation and Holocene // *Global and Planetary Changes*. 2014. Vol. 116. P. 76–90.
2. Kawahata H., Ohshima H., Shimada C., Oba T. Terrestrial oceanic environmental change in the southern Okhotsk Sea during the Holocene // *Quat. Int.* 2003. Vol. 108. P. 67–76.
3. Баркалов В.Ю. Флора Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2009. 468 с.

УДК 551.2.02/662.179.04

**МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ
И ОТОБРАЖЕНИЕ ИХ НА «КАРТЕ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
АРКТИЧЕСКИХ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ»**

**А.Е. Рыбалко^{1,2,3}, В.А. Щербаков¹, М.С. Захаров¹, М.Ю. Токарев⁴, С.Г. Миронюк^{2,4},
А.С. Локтев^{1,2}, В.В. Иванова¹, П.Ю. Беляев¹, О.В. Исаева¹, В.И. Сличенков¹,
А.С. Голосной¹, А.О. Карташов¹, А.Ю. Алексеев¹, С.Р. Котов¹**

¹ ФГБУ «ВНИИОкеангеология», г. Санкт-Петербург, Россия

² ЦМИ МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

³ Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург, Россия

⁴ Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

E-mail: alek-rybalko@yandex.ru

В настоящее время опасные геологические процессы (ОГП) привлекают большое внимание в связи с проведением инженерно-геологических изысканий и создания инфраструктуры на дне шельфовых морей, прежде всего в интересах нефтегазовой отрасли. Особое место среди них занимают геодинамические процессы и тесно связанные с ними гравитационные явления, которые во многом определяют устойчивость сооружаемых и предполагаемых инженерных объектов на дне моря и тем самым непосредственно влияют на экологическую безопасность шельфовых акваторий. В настоящее время получен большой фактический материал по выявлению и контролю этих процессов, основными методами которых являются геофизические, прежде всего сейсмоакустические. Геодинамические процессы наиболее ярко проявлены на джальневосточных морях, а также в море Лаптевых, на простирании хребта, однако проведенные в последнее время исследования, в том числе в рамках государственного мониторинга опасных геологических процессов, показали, что и на равнинных шельфах западной Арктики эти процессы проявлены, хотя и не в такой активной форме.

В связи с этим возникла необходимость дальнейшего развития инженерно-изыскательских и инженерных работ на шельфе для проведения районирования морского дна шельфовых морей России по степени проявления этих процессов. Агентство «Роснедра» Минприроды РФ инициировало создание первой карты ОГП арктических и дальневосточных морей масштаба 1:5 000 000, головной организацией по составлению которой было определено ФГБУ «ВНИИОкеангеология» при тесном сотрудничестве с подразделениями Научного парка МГУ, материалы геофизических исследований которых были использованы при составлении данной карты. В настоящее время закончено составление макета такой карты для арктических шельфов и подготовлен опытный макет карты ОГП для дальневосточных морей в пределах континентальной окраины, входящей в экономическую зону Российской Федерации. Для составления этой карты были использованы как собственные данные, полученные в зал. Петра Великого, на побережье южного Сахалина и в южной части Курильской гряды, так и фондовые и опубликованные данные других организаций, прежде всего Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева, Института вулканологии и сейсмологии, Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, а также других геологических организаций, ведущих работы на дальневосточных шельфах. Карта составлена на литофациальной основе, специализированной к проявлению ОГП. Геодинамические и гравитационные процессы на ней отражены в виде показа зон проявления сеймотектонических и вулканических явлений, ранжированных по активности, зон активизированных тектонических нарушений, цунамиопасных явлений, ранжированных по высоте возможных волн, типов гравитационных объектов (оползней, гравитационных потоков и связанных с ними каньонов, и т.д.). Приведены результаты мониторинга ОГП в прибрежной зоне Сахалина, полученные в 2020 г.

Презентация карты и обсуждение ее со специалистами является главной целью представляемого нами доклада.

УДК 556.537

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЛОМОВ НА МАЛЫХ ВОДОТОКАХ САХАЛИНА

С. В. Рыбальченко

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

На реках Сахалина встречаются карчеходы и заломы – завалы русла древесиной. Особенно характерны заломы для малых водотоков. Места формирования заломов приурочены к участкам выполаживания, меандрирования русла, образования осередков, многорукавности, стариц и другим участкам изменения гидрологического режима водотока.

В отличие от полноводных рек, основным источником поступления карчей для малых водотоков Сахалина служат не русловые процессы, сопряженные с подмывом и абразией берегов, а активно протекающие в бортах водосборного бассейна склоновые экзогенные процессы (сели, оползни, эрозия и др.), обусловленные геологическими особенностями региона. Также существенный вклад в объем поступающих в русло карчей вносят обширные ветровалы, формирующиеся во время многочисленных циклонов при модуляции ветра в V-образных долинах и пригребневых зонах. В дальнейшем ветровальная древесина переносится склоновыми экзогенными процессами и временными водотоками в тальвег водосборного бассейна.

Несмотря на низкую водность малых рек о. Сахалин, формирующиеся на них потоки могут обладать значительной транспортирующей способностью. V-образные долины с крутыми бортами и значительным продольным уклоном русла обеспечивают минимальное время добега и формирование максимальных расходов, что приводит к стремительным подъемам воды во время паводков. В связи с геологическими и гидрологическими особенностями на малых водотоках Сахалина также отмечено частое формирование селевых паводков, наносоводных потоков и селей. Потоки высокой плотности обладают повышенной транспортирующей способностью относительно карчей, поскольку увеличивают влекущую силу потока, воздействующую на мидель корневой системы карчи, а также увеличивают плавучесть карчи, в связи с увеличением выталкивающей архимедовой силы.

УДК 504.3+574:528

РОЛЬ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСОВ ЮЖНОГО САХАЛИНА

Р.Н. Сабиров

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

Леса в южной части о. Сахалин вплоть до конца XIX в. полностью доминировали в растительном покрове и представляли собой весьма богатые природные ресурсы. При этом 80% лесопокрытой площади составляли нетронутые елово-пихтовые насаждения, а остальную часть занимали каменноберезовые, кедровостланиковые и лиственничные формации, а также пойменные ивовые, ольховые и тополевые леса и их различные смешанные варианты. Между тем леса, являясь одним из основных и довольно легкодоступных природных ресурсов, начались активно использоваться уже с первых лет колонизации и хозяйственного освоения рассматриваемой территории.

В наибольшей степени использование лесных ресурсов Южного Сахалина происходило в течение 1905–1945 гг., когда он находился под юрисдикцией японского правительства. За этот период здесь было построено 9 целлюлозно-бумажных заводов, для обеспечения которых сырьем к середине 30-х годов вырубалось до 5–7 млн куб. м леса в год. В результате этого, а также вывоза в Японию значительных объемов древесины, к 1945 г. наиболее продуктивные темнохвойные леса южной части острова были освоены и существенно трансформированы. Кроме этого, огромные площади лесных земель были пройдены пожарами, связанными с деятельностью человека. В частности, за 1905–1932 гг. здесь произошло 913 лесных пожаров на площади 560 тыс. га, а к 1945 г. достигло уже 802 тыс. га [1]. В японский период в южной части Сахалина в целом накопилось около 1,5 млн га необлесившихся лесосек, прогалин, пустырей и гарей [2].

Трансформация лесных земель происходила также в процессе сельскохозяйственного освоения, формирования населенных пунктов, строительства промышленных предприятий, железнодорожных и автомобильных дорог, разработки угольных шахт и др. За 1905–1945 гг. в южной части острова было построено 700,4 км железных дорог, 120 станций, 24 тоннеля, 618 мостов, добыто 48 млн т угля в 30 шахтах. Если в 1907 г. здесь в населенных пунктах проживало 20,5 тыс. чел., в 1920 г. – 105,9 тыс., то к 1940 г. количество их достигло уже 415 тыс. чел. [3].

Безусловно, освоение лесных ресурсов Южного Сахалина продолжилось и в советский период. Для бесперебойного обеспечения вышеуказанных целлюлозно-бумажных заводов, функционировавших почти до 1991 г., леса неоднократно были пройдены рубками главного пользования. В дальнейшем в южных районах острова весьма интенсивно развивалась строительная промышленность, создавались окультуренные пастбища и сенокосы, разрабатывались горные карьеры и угольные разрезы, прокладывались электролинии, нефтегазопроводы и другие инфраструктурные объекты, при формировании которых значительные площади лесного покрова были элиминированы. Наиболее существенная трансформация лесов произошла на территории г. Южно-Сахалинска, а также муниципальных образований Корсакова, Долинска, Холмска и Невельска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ли Бен Дю. Хищническая эксплуатация лесных богатств Южного Сахалина в годы японской оккупации // Материалы по истории Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1973. С. 186–188.
2. Власов С.Т. Леса Сахалина: справочные материалы. Южно-Сахалинск: Сахалин. кн. изд-во, 1959. 108 с.
3. Бурькин А.Н. Политика японского правительства по формированию постоянного населения юга Сахалина (1905–1945 гг.) // Социология власти. 2010. № 6. С. 159–165.

УДК 581.9 (571.642)

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ФЛОРЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «МАКАРОВСКИЙ» НА ОСТРОВЕ САХАЛИН

Н.Д. Сабирова, Р.Н. Сабиров

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

Природный биологический заказник «Макаровский» с общей площадью 34 685 га в окончательном варианте был утвержден Постановлениями администрации Сахалинской области № 228-па от 1.08.2008 г. и № 26-па от 30.01.2009 г. Заказник расположен в подзоне зеленомошных темнохвойных лесов с преобладанием ели аянской, а в ее пределах в Западно-Сахалинском горном геоботаническом районе [4], что в целом обуславливает состав его флоры и структуру растительного покрова.

На территории заказника нами выявлено 407 видов сосудистых растений из 279 родов и 90 семейств, которые представляют 26,8% современного таксономического состава флоры острова Сахалин [1]. Основу флоры заказника составляют виды покрытосеменных растений (64,6%), среди которых 40,3% относятся к двудольным, а 24,3% – к однодольным растениям. Крупнейшие 10 семейств – Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Cyperaceae, Ranunculaceae, Brassicaceae, Ericaceae, Apiaceae, Caryophyllaceae, Salicaceae – охватывают 210 видов (52% состава флоры заказника). Наиболее насыщенными родами являются *Carex*, объединяющий 20 видов, *Poa* – 8, *Salix*, *Galium*, *Viola* – по 6, *Artemisia*, *Allium* – по 5, *Agrostis*, *Equisetum*, *Lycopodium*, *Stellaria* – по 4 вида. По удельному весу господствующих семейств флора заказника в своей основе является бореальной.

Восточноазиатский географический элемент явно доминирует во флоре заказника и составляет 182 вида (44,7% от общего состава местной флоры). Восточноазиатские виды оказывают существенное влияние на формирование лесного (147 видов; 36,1%) эколого-ценотического комплекса. Кроме восточноазиатского геоэлемента, в хорологической структуре флоры исследованной территории довольно значительную долю составляют широкоареальные циркумполярные виды (99; 24,3%), с заметным участием при этом азиатско-американских (42; 10,3%) и евразийских представителей (32; 7,9%). Ведущими эколого-ценотическими комплексами природного заказника являются лесной (262 вида или 64,4%), лугово-болотный (42; 10,3%) и прибрежно-морской (40; 9,8%). В формировании вышеуказанных эколого-флористических комплексов важную роль играют виды из восточноазиатской и циркумполярной хорологических групп.

В заказнике произрастает 13 видов редких и исчезающих растений, включенных в Красные книги РФ [2] и Сахалинской области [3], что в целом составляет 4,8% от таксономического состава его аборигенной флоры. Кроме этого, выявлены 5 эндемичных видов (*Trollius miyabei*, *Corydalis multiflora*, *Aconitum neosachalinense*, *Pulsatilla tatewakii*, *Saussurea duiensis*), которые в совокупности с редкой категорией растений подчеркивают определенную самобытность флоры и высокую природоохранную значимость заказника.

Адвентивный элемент флоры заказника представлен 34 видами растений: *Gnaphalium uliginosum*, *Galeopsis bifida*, *Polygonum aviculare*, *Melandrium album*, *Capsella bursa-pastoris* и др. Они в основном встречаются по обочинам дорог, на вырубках, на галечниках вдоль рек и ручьев, а также во вторичных луговых сообществах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркалов В.Ю., Таран А.А. Список видов сосудистых растений острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы Международного Сахалинского проекта). Часть 1. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 39–66.
2. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
3. Красная книга Сахалинской области. Растения. Южно-Сахалинск: Кемерово, ООО «Технопринт», 2019. 352 с.
4. Толмачев А.И. Геоботаническое районирование острова Сахалина. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 80 с.

УДК 504.3+574:528

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ САХАЛИНА

Р.Н. Сабиров¹, Я.П. Попова²

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

² Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: r.sabirov@imgg.ru

Юго-восточная часть Сахалина охватывает Тонино-Анивский полуостров, который вытянут с севера на юг на 153 км, а с запада на восток на 58 км. Характеризуется в основном низкогорным (Корсаковское и Новиковское плато) и равнинным (Муравьевская низменность) рельефом, муссонным климатом с умеренно холодной зимой и сравнительно теплым летом, а также наибольшим, по сравнению с другими районами Сахалина, количеством осадков, порой достигающим до 1200 мм в год [1].

Растительность рассматриваемой территории при геоботаническом районировании острова отнесена к подзоне темнохвойных лесов с доминированием пихты сахалинской [2]. Кроме пихтовых насаждений, здесь произрастают весьма оригинальные леса с участием ели Глена, а также ели аянской и лиственницы Каяндера. Последняя приурочена к сырým, зачастую заболоченным экотопам, сосредоточена преимущественно вокруг многочисленных озер Муравьевской низменности, формирует багульниковые, чистоустниковые, осоково-сфагновые, кустарничково-сфагновые и некоторые другие типы леса с содоминированием ряда гигрофильных видов. При этом регулярным спутником лиственницы выступает «краснокнижный» вид ель Глена, которая на Сахалине встречается только в указанном районе, и основные участки ее концентрации составляют ядро местных особо охраняемых природных территорий – «Озерский ельник», «Корсаковский ельник» и др. Пихтовые и елово-пихтовые формации представлены главным образом зеленомошными, папоротниковыми, травяными и кустарниковыми группами типов леса. Незначительные площади на полуострове занимают каменнобережники, а также пойменные ивовые и ольховые, а местами тополевые леса и их смешанные варианты с пестрым составом травяного яруса, включая представителей сахалинского крупнотравья. Заросли кедрового стланика в основном локализованы по склонам Тонино-Анивского хребта.

В истекшем XX в. лесные ресурсы района, как и на всей южной части острова, подверглись масштабному освоению, особенно в «японский» период (1905–1945 гг.). В первые три года г. Отомари (ныне г. Корсаков) был административным центром губернаторства Карафуто на Сахалине, следовательно, местом сосредоточения основных строительных работ и вырубке лесов. В 1914 г. японцами здесь был построен первый целлюлозно-бумажный завод, который сразу начал давать большие прибыли от использования легко доступного и нетронутого сахалинского леса. Для бесперебойного обеспечения указанного завода древесным сырьем леса неоднократно были пройдены рубками главного пользования. Кроме промышленных рубок, лесная растительность юго-восточной части острова была элиминирована при сельскохозяйственном освоении, строительстве дорог и населенных пунктов, разработке шахт, а также при неоднократных пожарах. В результате многолетних антропогенных преобразований природных ландшафтов не только в японский, но и в советский периоды, 87% лесов от общей площади рассматриваемой территории оказались нарушенными в средней и сильной степени, около 3% – слабоизмененными и 10% – условно ненарушенными [3]. В целом, современные ландшафты Тонино-Анивского полуострова формируют производные леса, вторичные луговые сообщества, сельскохозяйственные культуры и селитебные территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Сахалинской области. М.: ГУГК, 1967. 136 с.
2. Толмачев А.И. Геоботаническое районирование острова Сахалина. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 80 с.
3. Белянина Я.П. Хозяйственное освоение ландшафтов юго-восточной части о. Сахалин // Естественные и математические науки в современном мире: Материалы XXVI междунар. науч.-практ. конф. № 1 (25). Новосибирск: СибАК, 2015. С. 193–197.

УДК 911.3(075.8)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.Ю. Санин

*Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова, Росгидромет, г. Москва, Россия
E-mail: eather86@mail.ru*

Массовая пляжно-купальная рекреация характерна лишь для небольшого процента морских берегов и берегов внутренних водоемов России, но ее важность для россиян и экономики страны велика и в последнее время только растет вследствие пандемии COVID-19. Рекреационное использование вступает в конфликт с прочими видами хозяйственной деятельности, наряду с которыми воздействует на природные ландшафты, что приводит в том числе и к снижению туристического потенциала территории. Одним из решений таких конфликтов, как это происходит во многих случаях за рубежом [1], представляется признание приоритетности рекреации для тех прибрежных, прежде всего приморских, территорий, для которых в силу климатических условий и иных факторов (уровень развития рекреационной инфраструктуры, мода и предпочтения туристов, транспортная доступность и т.д.) массовая рекреация в наибольшей степени характерна.

Рекреационное природопользование в прибрежной зоне подвержено негативному воздействию неблагоприятных и опасных явлений природы (НОЯ). Для различных регионов Российской Федерации характерен различный «набор» НОЯ, некоторые из них проявляются исключительно или в наибольшей степени именно в прибрежной зоне (например, процессы абразии и размыва берегов, сгоны и нагоны), другие охватывают значительные по площади территории, в том числе и прибрежные зоны. К последним можно отнести аномальные температуры воздуха, сильные ветра, обильные атмосферные осадки и наводнения как их следствие, землетрясения и др. Опасные явления, свойственные прежде всего горным территориям, в частности склоновые процессы (оползни, обвалы и др.), провоцируются абразионными процессами и встречаются на многих участках берегов [2]. Так, для 41% берегов морей и 36% берегов водохранилищ характерны активные абразионные процессы [3]. Для некоторых морей эта цифра больше – так, до 70% берегов Азовского моря размываются [4].

В настоящее время на прибрежных территориях в ряде случаев происходит активизация НОЯ вследствие воздействия человека. Так, изъятие грунта в пределах береговой зоны активизирует абразионные процессы, «подрезка» склонов в ходе строительных работ – склоновые, вырубка лесов на склонах – селевые, а также наводнения, есть и другие примеры. Следовательно, НОЯ – геоэкологическая проблема рекреационного природопользования, наряду с загрязнением окружающей среды и некоторыми другими.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долотов Ю.С. Проблемы рационального использования и охраны прибрежных областей Мирового океана. М.: Научный мир, 1996. 304 с.
2. Природные опасности России. В 6 т. / Под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. М.: Крук, 2002. 348 с.
3. Рагозин А.Л. Ранжирование опасных природных и техноприродных процессов по социально-экономическому ущербу от их проявления на территории России // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1993. Вып. 2. С. 50–61.
4. Селиванов А.О. Береговая катастрофа на Азовском море. Миф или реальная угроза? М.: ГЕОС, 2001. 84 с.

УДК 574.9:504.7+551.5

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ГЛОБАЛЬНАЯ ДИНАМИКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ

В.В. Снакин^{1,2}

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова (Музей землеведения), г. Москва, Россия

² Институт фундаментальных проблем биологии РАН, г. Пущино Московской области, Россия
E-mail: snakin@mail.ru

Одним из важных вопросов эволюции видов на Земле является выяснение причин неоднократно имевших место в истории биосферы массовых вымираний видов. Как правило, выделяют пять таких глобальных вымираний; шестое, предположительно, происходит в наши дни. В качестве причин каждого из вымираний называют различные явления: космические (падение крупных метеоритов), земные катастрофы (супервулканы, трапповый вулканизм и др.), изменения климата, генетические проблемы, человеческий фактор (в частности, охота) и т.п. Следует отметить, что относительно большая продолжительность вымираний (до миллионов лет) не согласуется с причинами, имеющими кратковременный катастрофический характер.

Не преуменьшая роль катастрофических событий в снижении численности многих биологических видов, попытаемся посмотреть на массовые вымирания с эволюционной позиции с учетом горизонтальных и вертикальных движений литосферных плит. Эти движения приводят к объединению и разъединению материков, островов и, соответственно, к изменению географической изоляции биологических видов. Некоторые соображения по этому поводу были высказаны ранее в работах [1, 2].

Механизм глобальных изменений динамики разнообразия в таких случаях представляется следующим. При объединении литосферных плит, порой до образования единого материка, происходит географическое объединение нескольких видов, занимающих одну и ту же экологическую нишу. В соответствии с правилом конкурентного исключения (закон Г. Гаузе) из нескольких видов, оказавшихся в одной нише, со временем в результате конкуренции выживает только один. Особенно большие потери биоразнообразия имели место при образовании суперматериков (например, Пангея, Гондвана), когда происходили особенно большие потери биоразнообразия (соответственно, ордовикско-силурийское и пермское массовые вымирания). При расхождении плит происходит обратный процесс: выживший, наиболее конкурентоспособный вид дает начало новому видообразованию, и численность видов в дальнейшем восстанавливается и может даже превосходить исходный уровень.

Восходящие и нисходящие движения земной коры также приводят к изменению географической изоляции, как было в случае с периодическим образованием суперконтинента Евразия–Америка благодаря образованию Берингова перешейка. Именно этим можно объяснить вымирание мегафауны в период 20–4 тыс. лет назад. Обусловленные человеком в последние столетия процессы глобализации действуют аналогично, по сути объединяя все материки в единый суперконтинент.

Таким образом, тектонические движения земной коры, вызывающие периодическое объединение и разъединение материков и соответственно изменяющие степень географической изоляции видов, предлагается рассматривать в качестве основной причины массовых вымираний видов, неоднократно имевших место в истории биосферы. Такие циклы массовых вымираний видов при объединении материков и скачков видообразования при разъединении материков являются эволюционным прогрессом для биосферы, поскольку в новом витке видообразования участвуют выжившие наиболее конкурентоспособные виды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Снакин В.В. Массовые вымирания видов животных в истории биосферы Земли: Ещё одна гипотеза // Известия РАН. Серия географическая. 2016. № 5. С. 82–90.
2. Снакин В.В. Экология, глобальные природные процессы и эволюция биосферы. М.: Изд-во МГУ, 2020. 528 с. https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_2101835

УДК 502(477.75):624.131.22

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ КРЫМСКОГО ПРЕДГОРЬЯ

С.К. Сухорученко, А.Н.Тамайчук

ООО «ИНСТИТУТ «КРЫМГИИНТИЗ», Симферополь, Россия
E-mail: sergeysuhorkon@gmail.com, tamaych2006@rambler.ru

История изучения геоэкологических рисков Крымского предгорья насчитывает несколько столетий. За этот период были исследованы многие опасные геологические процессы и изучены инженерно-геологические свойства горных пород [1]. Однако при этом не уделялось достаточного внимания изучению влияния хозяйственной деятельности на изменение состояния грунтов. Существенные трансформации характерны в основном для глинистых грунтов, несущие свойства которых могут ослабляться на 30–40%, что влечет за собой возникновение рисков разрушения зданий и сооружений, образования техногенных оползней и развития подтопления [2]. Такие последствия связаны, главным образом, с избыточным увлажнением техногенного происхождения, не характерным для грунтов в природных условиях.

В пределах Крымского предгорья (площадь 4 тыс. км²) встречаются породы в возрасте от нижнего мела до четвертичного периода. Основными литологическими разновидностями пород являются известняки, глины, мергели, конгломераты и пески. Для нижнемеловых, среднепалеогеновых, верхнепалеоген-нижнеогеновых и нижнеогеновых глин характерно набухание, для нижнемеловых и среднепалеогеновых известняков, верхнемеловых мергелей и известняков – карст, среднепалеогеновых мергелей – тиксотропия, нижнеогеновых известняков – карст и набухание. Четвертичным суглинкам и глинам свойственна просадочность. Опасность карста заключается в вероятности провала сооружений в карстовые полости, находящиеся под основанием фундаментов. Самая крупная из них объемом 60 м³ обнаружена в Симферополе. Набухание, как процесс, активно протекающий в ходе циклов увлажнения и усадки, особенно характерно для урбанизированных территорий. Для глин нижнего мела в них отмечалось давление набухания 0.4 МПа, для глин среднего палеогена и нижнего неогена – 0.5 МПа, что в 1.5–2 раза больше, чем зафиксировано для этих отложений в природных условиях. Тиксотропия среднепалеогеновых мергелей изучена слабо, тем не менее при забивке свай наблюдались случаи разжижения, а после ее прекращения – консолидации грунта. Такие явления неоднократно фиксировались в Симферополе. Просадочность от собственного веса четвертичных суглинков и глин, как правило, не превышает 5 см, но иногда может достигать 8 см. Строительство может вызывать подтопление территорий, увлажнение и подсечка склонов – развитие оползней и селей. Учитывать это особенно важно, поскольку практически все крупные долины крымских рек являются потенциально селеопасными. В среднем в техногенных системах фиксируется в 1.5 раза больше оползней, чем в природных.

Приведенные факты позволяют сделать вывод: в специфических условиях Крымского предгорья техногенное влияние, вызывая ухудшение несущих способностей грунтов и расширение площадей, пораженных опасными геологическими процессами, создает серьезные геоэкологические риски, требующие первоочередного учета при ведении хозяйственной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерная геология. Кавказ. Крым. Карпаты / [ред. И.М. Буачидзе, К.И. Джанджгава, М.В. Чуринов]. М.: Изд-во МГУ, 1978. Т. 8. 366 с.
2. Сухорученко С.К. Изменение геологической среды Крымского полуострова под влиянием хозяйственной деятельности человека (инженерно-геологический аспект) // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. 2010. Т. 23 (62). № 3. С. 252–256.

УДК 581.522.5(571.64)

АДАПТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ ФЛОЭМЫ *BETULA ERMANII* CHAM. В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ПОСТВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

А.И. Тальских, А.В. Копанина, И.И. Власова

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

Betula ermanii Cham. (сем. Betulaceae S. F. Grai.) – однодомное, листопадное, анемофильное дерево или крупный кустарник, формирует как чистые, так и смешанные леса в горах и предгорьях, а также кустарниковые заросли – ерники на морских побережьях и в высокогорьях. Обладает широкой нормой реакции и высокой степенью адаптивности к самым различным местам произрастания. Целью исследования является выявление адаптивных особенностей вторичной флоэмы многолетних стеблей (10, 23–24 года) и стволовой части (56 лет) *B. ermanii*, произрастающей в условиях поствулканической активности влк. Баранского.

Образцы березы взяты в ходе экспедиционных работ с 2015 по 2018 г. на влк. Баранского о. Итуруп вблизи термальных источников Голубые озера в каменноберезово-лиственничном бамбучковом лесу и в типичных условиях на о. Сахалин в пихтово-каменноберезовом кустарниково-разнотравном лесу на Сусунайском хребте. Отбор и фиксацию образцов стеблей для анатомического анализа проводили согласно стандартным методическим подходам [1]. Проанализировано 16 количественных показателей вторичной флоэмы. Объем выборки для каждого параметра составлял не менее 30 измерений. Для каждого параметра рассчитаны выборочное среднее и доверительный интервал для него (для доверительной вероятности 95%).

Вторичная флоэма – это ткань производная камбия, выполняющая транспорт продуктов фотосинтеза, функционально она разделяется на проводящую и непроводящую флоэму. Включает в свой состав членики ситовидных трубок с клетками-спутницами, аксиальную и лучевую паренхиму. Непроводящая флоэма кроме перечисленных выше элементов содержит склерейдные группы, образовавшиеся в результате преобразования паренхимных клеток [2].

Статистический анализ структурных показателей вторичной флоэмы в многолетних стеблях и стволовой части *B. ermanii* позволил выделить зависимые от экологических условий признаки, которые отклоняются от нормы. В условиях термальных озер в многолетних ветвях *B. ermanii* ширина вторичной флоэмы больше нормы на 33%. Изменение этого показателя происходит за счет увеличения ширины непроводящей и проводящей флоэмы. В стволовой части ширина вторичной флоэмы в этих условиях меньше на 62% в сравнении с нормой за счет уменьшения непроводящей флоэмы. Ширина проводящей флоэмы вблизи термальных озер аналогична норме.

Радиальные и тангентальные размеры ситовидных трубок и длина их члеников в проводящей флоэме вблизи термальных озер в многолетних ветвях больше нормы, а в стволовой части соответствуют норме. Удельный объем лучевой паренхимы на 1 мм в условиях Голубых озер в непроводящей флоэме больше и в многолетних ветвях, и в стволовой части.

Таким образом, структурная реакция вторичной флоэмы в многолетних ветвях и стволовой части *B. ermanii* на экстремальные условия поствулканической деятельности влк. Баранского выражается прежде всего в усилении паренхиматизации вторичной флоэмы. Это может быть связано с необходимостью формирования дополнительного резервуара для запаса воды при ее дефиците в условиях засоления.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН при поддержке РФФИ (грант № 15-04-04774).

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. / Р.П. Барыкина, Т.Д. Веселова, А.Г. Девятов и др. М.: МГУ, 2004. 312 с.
2. Эверт Р.Ф. Анатомия растений Эзау. Меристемы, клетки и ткани растений: строение, функции и развитие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. 600 с.

УДК 551.3+502.05

ПРОБЛЕМЫ НАЛЕДЕОБРАЗОВАНИЯ НА ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЯНАО (НА ПРИМЕРЕ НАЛЕДИ В ПОС. ТАЗОВСКИЙ)

Н.В. Цветов

*«Гидроспецгеология», филиал «Уральский региональный центр ГМСН», г. Екатеринбург, Россия
E-mail: cvetov@gmsn-ural.ru*

Процесс наледеобразования, одного из опасных криогенных процессов, на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) распространен достаточно широко, как в природных условиях, так и в техногенно-измененных. Опасность наледеобразования возникает при нарушении режима поверхностных и подземных вод в ходе строительства и эксплуатации инженерно-хозяйственных объектов. Образование наледей на автомобильных дорогах представляет опасность для движения транспортных средств.

Одной из причин наледеобразования рассматривается повышение температуры воздуха. Анализ текущих климатических изменений убедительно показывает непрерывное, хотя и не монотонное, потепление климата. Известно, что современная среднегодовая температура Российской Арктики повысилась за последнее время в среднем на 1,4 °С [1]. По данным Гидрометцентра России, 2020 год оказался самым теплым в метеорологической летописи России [2]. Потепление вызывает как увеличение мощности сезонно-талого слоя, так и уменьшение мощности сезонно-мерзлого слоя в зимний период, что способствует активному наледеобразованию.

В 2019 г. на территории пос. Тазовский ЯНАО автором обследована наледь, создающая значительные проблемы коммунальным службам поселка. Возникновению наледи способствует геоморфологическое положение участка, расположенного в устьевой части обширного лога и аккумулирующего грунтовый сток, с благоприятными условиями для снегонакопления. Особенности геокриологических условий являются неполное промерзание сезонно-талого слоя в зимний период и автомобильная дорога, выполняющая роль мерзлотного пояса. В холодный период происходит промерзание с поверхности и рост мощности сезонно-мерзлого слоя, в результате чего вода высачивается под давлением на поверхность земли и образуется наледь. Развитие наледи происходит на протяжении всей зимы и достигает пика в весенний период в марте–апреле.

Участок наледеобразования, согласно классификации [3], представляет собой наледь грунтовых вод сезонно-талого слоя, на площади около 500 м², мощностью не более 1 м. По объему наледь относится к малым. Предложен эффективный метод борьбы с наледью путем создания закрытого дренажного котлована с подогревом воды и ее откачкой по мере заполнения. Рекомендации частично (без подогрева) реализованы администрацией поселка и, по ее отзывам, дали положительный результат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ состояния вечной мерзлоты, тенденций ее изменения и социально-экономических последствий для регионов Арктики. Минвостокразвития, исследовательская работа РАН, ФГБУ «Гидроспецгеология» и др., 2021 г.
2. Изменение климата. Информационный бюллетень. № 88, декабрь 2020 г. – январь 2021 г. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).
3. СП 116.13330.2011. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения.

УДК 551.464.797.9

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРОФИЛЛА-А У ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ ОСЕНЬЮ 2020 ГОДА

Ж.Р. Цхай¹, Г.В. Шевченко^{1,2}

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

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

E-mail: j.tshai@sakhniro.ru

Большой общественный интерес, вызванный явлением массовых выбросов гидробионтов в Авачинском заливе в сентябре–октябре 2020 г., причиной которых некоторые авторы считали активное размножение токсичных микроводорослей (<https://www.interfax.ru/russia/730785>), побудили нас провести исследование особенностей пространственного распределения концентрации хлорофилла-а у восточного побережья п-ова Камчатка.

Информационной основой данной работы стали осредненные подекадно спутниковые данные о концентрации хлорофилла-а, полученные Ocean Color Processing Group (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>) со спектрорадиометра MODIS за период с 2002 по 2020 г. на акватории, охватывающей прибрежные зоны п-ова Камчатка.

Повышение концентрации хлорофилла-а в сентябре–октябре типично для этого района [1]. Однако развитие микроводорослей у восточного побережья Камчатки в конце сентября – начале октября 2020 г. было весьма интенсивным, концентрация хлорофилла-а в Авачинском и Кроноцком заливах в 2–4 раза превышала средние многолетние значения. Зона цветения простиралась от берега на удалении до 100 км и достигала района материкового склона. Вероятной причиной этого явления стало поступление биогенов из более глубоких слоев в результате ветро-волнового перемешивания, обусловленного прохождением над изучаемым районом трех глубоких циклонов: 19–20 и 28–29 сентября, а также 6–7 октября 2020 г.

В целом анализ пространственно-временной изменчивости параметра с помощью метода естественных ортогональных функций [2] показал, что в последние несколько лет интенсивность осеннего «цветения» фитопланктона у восточного побережья п-ова Камчатка выше, чем весной. Это могло быть следствием изменения траекторий осенних циклонов, которые стали чаще проходить над Курило-Камчатским глубоководным желобом [3]. Прохождение глубоких циклонов также могло являться одной из причин гибели морских организмов в результате воздействия штормового волнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цхай Ж.Р. Пространственно-временная изменчивость концентрации хлорофилла-а в поверхностном слое Охотского моря и прилегающих акваторий по спутниковым данным: автореф. дис. ... канд. геогр. наук / СахНИРО; ИМГиГ ДВО РАН. Южно-Сахалинск, 2017. 24 с.
2. Багров Н.А. Аналитическое представление последовательности метеорологических полей посредством естественных ортогональных составляющих // Тр. ЦИП. 1959. Вып. 74. С. 3–24.
3. Глебова С.Ю. Циклоны над Тихим океаном и дальневосточными морями в холодные и теплые сезоны и их влияние на ветровой и термический режим в последний двадцатилетний период // Известия ТИНРО. 2018. Т. 193. С. 153–166.

УДК 504.35+504.064

ДИНАМИКА МОЛНИЕВОЙ АКТИВНОСТИ В СТРУКТУРЕ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ В 2019 Г.

С.Н. Шабеганова¹, Л.Д. Тарабукина², В.И. Козлов²

¹ Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, г. Мирный, Россия

² Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск, Россия
E-mail: ssnik@inbox.ru, tarabukina@ikfia.ysn.ru, vkozlov@ikfia.ysn.ru

С каждым годом количество тропических циклонов в Северном полушарии увеличивается, возрастая каждое десятилетие. Оперативный мониторинг молниевых разрядов может использоваться для предупреждения об опасных явлениях погоды, связанных с мощными конвективными облаками тропических циклонов. Эти данные несут информацию о существенной перестройке облачности и возможных опасных явлениях. Резкое увеличение количества молний может отражать развитие и усиление конвективных процессов в комплексе тропического циклона.

Тропические циклоны Северного полушария зарождаются в основном в южной части северо-востока Тихого океана. В процессе своего развития они обычно проходят несколько стадий, соответствующих силе ветра в них. По данным Гидрометцентра России, на Дальний Восток в 2019 г. оказывали влияние 8 экс-тропических циклонов, выходящих на побережье Приморья, Камчатки и Сахалина. В работе использованы данные WWLLN о количестве грозных разрядов на площадке размерами $20^\circ \times 20^\circ$, возникших относительно центра движущегося циклона, на протяжении времени его жизни. Размер площадки выбран исходя из размеров тропических циклонов, он покрывает максимальные площади вызванных ими грозных комплексов. Проведен анализ зависимости мощных всплесков молниевой активности при переходе от стадии к стадии при развитии 8 тропических циклонов, вызвавших изменения погодных условий на Дальнем Востоке в 2019 г., показана вариация скорости штормового ветра.

Работа выполнена в рамках государственного задания (номер госрегистрации № АААА-А21-121012000007-4).

УДК 551.594.6

О СВЯЗИ ГРОВОЗОВЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ НА ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ФОРБУШ-ПОНИЖЕНИЯМИ ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Л.П. Шадрин¹, В.И. Козлов², Ю.М. Григорьев^{1,3}

¹ Академия наук РС(Я), г. Якутск, Россия

² Институт космических исследований и аэронавтики СО РАН им. Ю.Г. Шафера, г. Якутск, Россия

³ Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

E-mail: lushadr@mail.ru

Известно, что отключения на линиях электропередач нередко происходят во время гроз. Ряд работ посвящен изучению связи этих нарушений с геомагнитными бурями [1]. Отмечается, что связь эта неоднозначная: нередко гроззовые отключения наблюдаются в отсутствие геомагнитных бурь.

Здесь приводятся результаты сопоставления гроззовых отключений на линиях электропередачи в Якутии с 2012 по 2018 годы с базой данных Форбуш-буревых событий. Эта база данных содержит сведения о геомагнитных бурях и Форбуш-понижениях космических лучей (КЛ) с 1996 по 2018 г. Выделены 3 класса событий: когда эти два наземных проявления возмущений солнечного ветра происходят одновременно (Форбуши с бурями) либо по отдельности (Форбуши без бурь и бури без Форбушей). В течение 7 лет в летний период зафиксировано 73 гроззовых отключения на линии электропередач. Сопоставление с Форбуш-буревой классификацией событий показало, что в 56 случаях эти отключения происходили одновременно с Форбуш-понижениями КЛ без геомагнитных бурь, 16 – с Форбуш-понижениями КЛ с геомагнитными бурями и лишь в 1 случае гроззовые отключения не связаны с Форбуш-буревыми событиями. Более того, в 19 случаях геомагнитных бурь без Форбуш-понижений КЛ не было зафиксировано гроззовых отключений. Это свидетельствует о том, что почти все гроззовые отключения на линиях электропередач связаны с понижениями интенсивности КЛ. Во время геомагнитных бурь нарушения электропередач бывают в том случае, когда бури происходят одновременно с Форбуш-понижениями КЛ. По-видимому, эти результаты подтверждают работы [2, 3] о влиянии КЛ на атмосферное электричество, причем вклад от них больше, чем от геомагнитных бурь. Один из возможных механизмов такого воздействия описан в работе [4]. Учет приведенных здесь данных поможет оценить геоэкологические риски от воздействия межпланетных возмущений на наземные системы.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант № 18-42-140002-р_а_).

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян С.В., Воронин Н.А., Дубаренко К.А. Влияние геомагнитных бурь на аварийность систем электроэнергетики, автоматики и связи // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. 2012. № 2. С. 253–265.
2. Козлов В.И. и др. Изменение облачности Северной Азии в зависимости от вариаций интенсивности космических лучей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т. 5, № 1. С. 478–483.
3. Кузнецов В.В., Чернева Н.В. Исследование Форбуш-понижений и эффектов терминатора в атмосферном электрическом поле на обсерватории «Паратунка», Камчатка // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 1 (11). С. 89–97.
4. Крымский Г.Ф. Накопление электрического заряда на дождевых каплях // Вестник СВФУ. 2018. № 6. С. 81–85.

УДК 550.461+504.453+551.435.1

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ДОЛИНАХ МАЛЫХ ГОРНЫХ РЕК ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

В.В. Шамов, С.Ю. Лупаков

*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
E-mail: vlshamov@yandex.ru*

В последние десятилетия совместное использование гидрохимических и гидрологических характеристик рек для изучения процессов стокоформирования в их бассейнах, выявления источников питания рек, расчленения гидрографов на генетические составляющие получило широкое распространение в связи с развитием автоматических средств регистрации ряда характеристик водных потоков, а также возможностей получения массовых данных об их химическом составе [1]. Вместе с тем взаимная динамика источников питания горных рек, механизмы взаимодействия поверхностных и подземных вод в их долинах, а также образование предпочтительных путей стекания на склонах горных водосборов еще далеки от полного их понимания [2].

В процессе гидролого-гидрохимических наблюдений высокого пространственно-временного разрешения на репрезентативных малых водосборах в верховьях р. Прав. Соколовка (бассейн р. Уссури, Приморский край, РФ) в 2012–2019 гг. с помощью методики ЕММА (End Members Mixing Analysis) были выявлены периоды взаимодействия двух почвенно-грунтовых источников питания бесприточного руч. Елового (площадь водосбора в контрольном створе – 0,78 км²) [3]. Причиной образования двух источников питания может быть предполагаемое разрывное нарушение, перехватывающее долину ниже створа, контролирующего верхнюю часть водосбора ручья площадью 0,40 км², ниже которого ручей резко, под практически прямым углом меняет свое направление с северного на западное. При этом во время глубокой межени в период открытого русла русловой сток на участке изгиба русла длиной около 100 м исчезает, появляясь ниже изгиба долины.

С помощью портативного кондуктометра YSI Professional Plus были выполнены шесть продольных гидрохимических разрезов длиной от 604 до 1600 м: в контрольных точках русла оперативно (в течение периода не более 2 ч) измерялись рН, электропроводность и температура воды. Предполагаемое разрывное нарушение расположено на участке ручья 1100–1300 м от его истока.

Эпизодические продольные съемки нескольких физико-химических параметров воды дают возможность оперативно оценить влияние разрывного нарушения на сток малого горного ручья. Существенным это влияние оказывается в периоды низкой водности, когда на участке изгиба долины изменяются свойства русловых вод, поглощается полностью или частично русловой сток, что указывает на вероятную локальную зону питания трещинных подземных вод, которые разгружаются ниже, в долине р. Прав. Соколовка. При этом сток руч. Елового ниже предполагаемого нарушения формируется как бы вновь за счет дренирования прилегающих склонов долины.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (гранты № 19-05-00353 А и № 19-05-00326 А).

ЛИТЕРАТУРА

1. Li L., Sullivan P.L., Benettin P., Cirpka O.A., Bishop K., Brantley S.L., Knapp J.L.A., van Meerveld I., Rinaldo A., Seibert J., Wen H., Kirchner J.W. Toward catchment hydro-biogeochemical theories // WIREs Water. 2021. Vol. 8, N 1. <https://doi.org/10.1002/wat2.1495>
2. Sprenger M., Llorens P., Cayuela C., Gallart F., Latron J. Mechanisms of consistently disjunct soil water pools over (pore) space and time // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2019. N 23. P. 2751–2762. <https://doi.org/10.5194/hess-23-2751-2019>
3. Губарева Т.С., Гарцман Б.И., Шамов В.В., Луценко Т.Н., Болдескул А.Г., Кожевникова Н.К., Лупаков С.Ю. Компоненты стока малых водосборов Сихотэ-Алиня: обобщение результатов полевых измерений и трассерного моделирования // Известия РАН. Сер. геогр. 2020. № 6. С. 126–140.

Для заметок

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**III ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

**ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
И ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ**

6–10 сентября 2021 г.
г. Южно-Сахалинск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Ответственный редактор

Л.М. Богомолов

Электронная верстка: А.В. Леоненкова

Дизайн обложки: А.В. Леоненкова

Корректор: И.П. Кремнева

Отпечатано с оригинал-макета,
подготовленного в Институте морской геологии и геофизики ДВО РАН

Подписано в печать 03.09.2021 г.
Усл. печ. лист. 21,9. Уч.-изд. лист. 14,8.
Формат 60×84/8. Бумага «Rareg one».
Тираж 200 экз. Заказ № 7959.
Печать цифровая.

Отпечатано в ФГБУН Институт морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения РАН
693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б
Участок офсетной и оперативной полиграфии.