

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

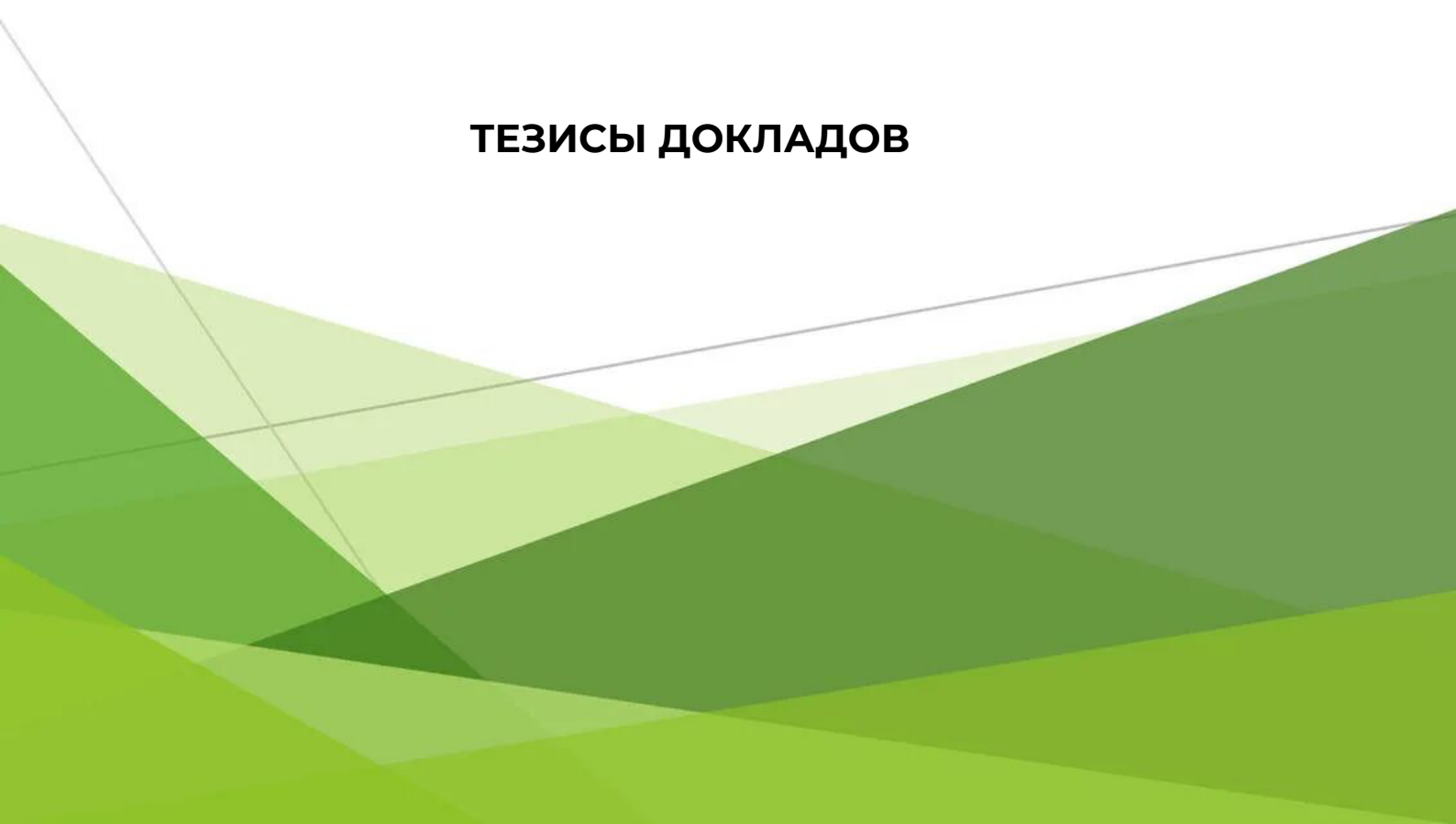
VII МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ–ШКОЛА

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И КАТАСТРОФЫ: ИЗУЧЕНИЕ И АДАПТАЦИЯ

13–16 октября 2025 г.

Южно–Сахалинск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



VII YOUTH SCIENTIFIC CONFERENCE–SCHOOL

NATURAL PROCESSES AND HAZARDS: STUDY AND ADAPTATION

October 13–16, 2025
Yuzhno–Sakhalinsk, Russia

ABSTRACTS



Yuzhno–Sakhalinsk
2025

VII МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ–ШКОЛА

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И КАТАСТРОФЫ: ИЗУЧЕНИЕ И АДАПТАЦИЯ

13–16 октября 2025 г.
Южно–Сахалинск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



Южно–Сахалинск
2025

Природные процессы и катастрофы: изучение и адаптация: тезисы докладов VII Молодежной научной конференции–школы, Южно–Сахалинск, 13–16 октября 2025 г. [Электронный ресурс] / ред.: А.А. Верхотуров, О.А. Никитенко, К.А. Швидская – Южно–Сахалинск: Ин–т морской геологии и геофизики ДВО РАН, 2025. – 7.20 Мб : 110 с. – Режим доступа: <http://books.imgg.ru/atlasfull/proc6.pdf>, свободный

ISBN 978-5-6044483-7-3; DOI: 10.30730/978-5-6044483-7-3.2025-10; EDN: UFZRLS

Сборник представляет тезисы докладов молодежной конференции–школы, посвященной актуальным научным проблемам в области изучения опасных природных процессов и катастроф, а также технологий освоения территорий, подверженных воздействию этих процессов. В сборник включены тезисы докладов по следующим направлениям: исследования Земли – ответ на вызовы природно–техногенных катастроф; живые организмы и экосистемы под влиянием экстремальных природных и антропогенных факторов; хозяйственное освоение территорий в условиях воздействия опасных природных процессов. В работе конференции–школы приняли участие 59 молодых исследователей, представивших 52 доклада. С лекциями выступили 10 ведущих российских ученых. Ученые, специалисты, аспиранты и студенты обсудили последние достижения в области геологии, экологии, океанографии и смежных дисциплин. Эти материалы представляют большой интерес для широкого круга специалистов – сейсмологов, геофизиков, вулканологов, географов, океанографов, биологов и экологов, а также для всех, кто занимается исследованием и снижением последствий природных и техногенных катастроф.

Тезисы докладов публикуются в авторской редакции.

Ключевые слова: катастрофы, вулканизм, геофизика, экология, климатические изменения, оползни, геологические риски, дистанционное зондирование, экосистемы, биоразнообразие, мониторинг.

Редакторы: к.т.н. А. А. Верхотуров / к.г.–м.н. О. А. Никитенко / К. А. Швидская

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

© ИМГиГ ДВО РАН, 2025

Natural processes and hazards: study and adaptation: abstracts of the VII Youth Scientific Conference–School, Yuzhno–Sakhalinsk, October 13–16, 2025 [Electronic resource] / Eds.: A.A. Verkhoturov, O.A. Nikitenko, K.A. Shvidskaya. – Yuzhno–Sakhalinsk: Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, 2025. – 7.20 MB: 110 p. – Available at: <http://books.imgg.ru/atlasfull/proc6.pdf>, open access.

ISBN 978-5-6044483-7-3; DOI: 10.30730/978-5-6044483-7-3.2025-10; EDN: UFZRLS

This volume contains abstracts of presentations delivered at a youth conference–school dedicated to pressing scientific issues in the study of natural processes and hazards, as well as technologies for developing territories vulnerable to these processes. The collection includes abstracts organized under the following thematic areas: Earth sciences as a response to natural and technogenic disaster challenges; Living organisms and ecosystems under the influence of extreme natural and anthropogenic factors; Economic development of territories exposed to hazardous natural processes. The conference–school brought together 59 young researchers who presented 52 reports. Additionally, ten leading Russian scientists delivered lectures. Scientists, specialists, postgraduate students, and undergraduates discussed recent advances in geology, ecology, oceanography, and related disciplines. These materials will be of considerable interest to a broad audience of specialists–including seismologists, geophysicists, volcanologists, geographers, oceanographers, biologists, and ecologists–as well as to all professionals engaged in researching and mitigating the impacts of natural and technogenic disasters.

The abstracts are published in the authors' edited version.

Keywords: Geological hazards, Volcanism, Geophysics, Ecology, Climate change, Landslides, Geological risks, Remote sensing, Ecosystems, Biodiversity, Monitoring.

Editors: A. A. Verkhoturov, Candidate of Technical Sciences / O. A. Nikitenko, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences / K. A. Shvidskaya

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



СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ I

ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ОСВОЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Вергунов А.В.

Вулканический пепел как источник редких металлов в угольном пласте Новый-1а Харанорского месторождения 9

Верхотуров А.А.

Научные принципы зонирования и мониторинга земель в районах активного вулканизма 11

Дамм Н.А.

Определение деформационных свойств грунтов разными методами на площадке строительства в Норильском промышленном районе 13

Дудченко И.П., Верхотуров А.А., Лоскутов А.В.

Оценка вклада поверхностного эффекта в сопротивление диполей модели системы заземлителей униполярной передачи постоянного тока 15

Ковтонюк Н.А., Попова Я.П.

Применение QGIS для моделирования аварийного нефтеразлива на магистральном нефтепроводе 17

Колышкина А.А., Попова Я.П.

Геоэкологические проблемы при разведке и эксплуатационном бурении на месторождении N..... 19

Купцова О.В., Соболев А.Ю.

Правовые и технические аспекты создания безопасной водородной инфраструктуры для железнодорожного транспорта 21

Луцук И.Н.

Оценка фильтрационно-емкостных свойств и прvt-характеристик залежей дерюгинского участка шельфа острова Сахалин. Оценка перспективности участка..... 23

Матвеев Д.Ф., Рыбальченко С.В.

Разработка состава и методики сбора геофизических параметров земной поверхности на тестовых участках для проведения исследований развития оползневых процессов с помощью снимков ДЗЗ на примере о. Сахалин 25

Сагалаков Д.Ю.

Анализ причин деформаций модульного здания, расположенного в Алтайском районе Республики Хакасия 27

Сергеев М.С.

Разработка методики построения карты опасности метелевого переноса при низовых метелях на территории Сусунайской низменности..... 29

Сидоренко А.И.

Автономная система мониторинга снеговетровых процессов 30

Цой М.Е., Попова Я.П.

Анализ влияния завода по производству сжиженного природного газа на компоненты окружающей среды (на примере ПК «Пригородное», Сахалин–2)..... 32

Шахов И.М., Кордюков А.В.

Выбор режима заземления системы электроснабжения постоянного тока с точки зрения электробезопасности 34

СЕКЦИЯ II

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ – ОТВЕТ НА ВЫЗОВЫ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ

Ващенко Д.А., Никулина И.В.

Анализ межгодовой изменчивости площади ледяного покрова Берингова моря за период с 1978 по 2024 гг. 36

Гуляков С.А., Костылев Д.В., Дудченко И.П., Богомолов Л.М., Стовбун Н.С., Закупин А.С., Прытков С.А., Василенко Н.Ф., Казаков А.И., Шумилов И.В.

Опыт организации автономного пункта долгосрочных геофизических наблюдений с применением инновационных разработок ИМГиГ ДВО РАН в условиях юга Сахалина 38

Дегтерев А.В.

Вулканическая активность на Курильских островах в историческое время: анализ последствий извержений в XVIII–XXI вв. 39

Дегтярев В.А., Каменев П.А.

Формирование геологической структуры о. Сахалин в кайнозое 42

Епонешникова Л.Ю., Дергач П.А.

Структура земной коры в районе дельты р. Лена по результатам сейсмической томографии 44

Ершов В.В., Никитенко О.А.

Первые результаты гидрогеохимического мониторинга на грязевых вулканах Гладковский и Ольденбургского (Керченско–Таманский регион)..... 46

Казаков А.И., Афанасьев В.В.

Морфолитодинамическая классификация береговых профилей на основе машинного обучения 48

Казаков А.И., Дегтерев А.В., Чибисова М.В.

Веб–система мониторинга вулканической активности Курильских островов..... 50

Кораблев О.А., Афанасьев В.В.

Морфолитодинамика и карбоновый пул эстуарно–лагунных илистых отложений 52

Кошкина В.С., Гавриков А.В.

Роль новоземельской боры в формировании турбулентных потоков тепла в Баренцевом море 54

Левицкий А.И., Афанасьев В.В.

Прибрежно–морской золовый морфолитогенез 56

Никитенко О.А.

Геохимическая характеристика и генезис вод Южно–Сахалинского грязевого вулкана (о. Сахалин) по данным мониторинговых исследований 58

**Никулина И.В., Латковская Е.М., Шумилов И.В., Романюк В.А.,
Зарубина Д.В., Пищальник В.М., Губко Е.М.**

Анализ динамики штормовых выбросов макрофитов на побережье зал. Анива по данным подспутниковых наблюдений..... 60

Полец А.Ю.

Поле напряжений перед Камчатским землетрясением 30 (29) июля 2025 г. 62

Романюк В.А., Шумилов И.В., Пищальник В.М., Зарубина Д.В., Никулина И.В.

Особенности межгодовой и внутрисезонной изменчивости ледовитости Охотского моря за период 1979–2024 гг. 64

Романюк Ф.А.

Методика реконструкции палеовулканических построек Курил: поиск рациональных решений для моделирования 66

Романюк Ф.А.

Вулкан Баранского (о. Итуруп, Южные Курилы): результаты мониторинга газогидротермальной деятельности в 21–м веке..... 67

Стовбун Н.С., Закупин А.С., Богомолов Л.М., Гуляков А.С., Дудченко И.П.

Периодические вариации в данных вертикальной компоненты электротеллурического поля на Сахалине 69

Толмачев Д.С.

Конвективное динамо в слое электропроводной жидкости с наклонной осью вращения 71

Уба А.В.

Съемка рельефа морских водно–болотных угодий с применением воздушной лазерной съемки 73

Устюгов Г.В.

Вариации угловой скорости вращения Земли как значимый фактор эруптивной деятельности грязевых вулканов 75

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

Вулканическая активность на Курильских островах в XXI в. (2003–2025 гг.)..... 77

**Шумилов И.В., Зарубина Д.В., Пищальник В.М.,
Латковская Е.М., Романюк В.А., Никулина И.В.**

Исследование динамики прибрежной полыньи на юго–восточном шельфе о. Сахалин по данным дистанционного зондирования 78

СЕКЦИЯ III

ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ

И ЭКОСИСТЕМЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ

ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Антонов Ю.А., Латковская Е.М., Губко Е.В., Репина М.А.

Металлы в воде некоторых рек о. Сахалин 80

Быкова Е.М., Зезюн К.А.

Оценка экотоксичности материала хвостохранилищ Алтайского и Джидинского горно-обогатительных комбинатов методами биотестирования 82

Воитков А.Д., Литвиненко А.В.

Веб-картографический подход к анализу микроэлементного состава горбуши как индикатора геохимической среды 84

Гон Р.Т., Кокорина Т.А., Савина Н.Т.

Сравнительная характеристика биологических показателей устрицы тихоокеанской (*Magallana gigas*) в лагуне Буссе в период 2019–2025 гг. 86

Дегтярь А.С., Попова Я.П.

Влияние автомобильного транспорта на состав атмосферного воздуха г. Южно-Сахалинска 88

Каганов В.В., Ежкин А.К.

Рекомендуемые к охране лишайники рода *Lobaria* в Сахалинской области (к обновлению региональной Красной книги) 90

Камыгина А.В.

Количественная реконструкция динамики биомов и климатических параметров Молого-Шекснинской низменности в позднем плейстоцене и голоцене на основе спорово-пыльцевого анализа 91

Ложникова О.О.

Интродукция как вектор заноса чужеродных растений на Сахалин 93

Масленникова К.С.

Особенности накопления и распределения химических элементов в системе «почва-лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L) Maxim)» на территории города Осинники, (Кемеровская область) 94

Николаев Д.В.

Ограничения действующих подходов к оценке зимостойкости древесных интродуцентов в условиях острова Сахалин: критический анализ и пути пересмотра 96

Носкова А.Д., Перегудина Е.В., Барановская Н.В.

Результаты изучения элементного и микроминерального состава органов пищеварительной системы млекопитающего Республики Алтай 98

Парфентьев А.А., Прохорова Н.Ю.

Биоценоотические связи сахарины японской (*Saccharina japonica*) и морского ежа серого (*Strongylocentrotus intermedius*) в их сообществе в заливе Невельского о. Сахалин 100

Рожкова-Тимина И.О.

Продуктивность маршевых лугов на юге Сахалина (залив Анива) 102

Семенов В.О., Попова Я.П.

Оценка антропогенной преобразованности территорий острова Сахалин вследствие деятельности нефтегазовой отрасли 104

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

Макропризнаки стволов берез в условиях вулканических ландшафтов и морских побережий Дальнего Востока 106

Швидская К.А., Копанина А.В.

Влияние извержения Южно-Сахалинского грязевого вулкана 2020 г. на растительность 108

УДК 552.52:552.576

Вулканический пепел как источник редких металлов в угольном пласте Новый–1а Харанорского месторождения

А.В. Вергунов

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

alexeivergunov@rambler.ru

Редкие металлы, такие как ниобий, тантал, цирконий, гафний и галлий, являются жизненно важными компонентами для высокотехнологичных и зеленых технологий. В связи с исчерпанием традиционных рудных месторождений все большее внимание уделяется нетрадиционным источникам этих элементов, среди которых угли и углистые породы рассматриваются в качестве потенциально значимого источника. Одним из ключевых механизмов обогащения углей редкими элементами является воздействие вулканического пепла, выпавшего на поверхности торфяных болот в процессе углеобразования [Dai et al., 2017]. Тонштейны – прослои измененного вулканического пепла в угольных пластах – служат не только стратиграфическими маркерами, но и прямыми свидетельствами подобных событий.

Целью данного исследования было показать роль вулканического пепла в формировании геохимических особенностей вмещающих углей, на примере бурогоугольного пласта Новый–1а Харанорского месторождения.

Тонштейн представляет собой прослой аргиллита мощностью 8–10 см, светло–серого цвета. Прослой имеет четкие границы с вмещающим углем и устойчивую мощность на всем прослеживании породного прослоя. Сама порода характеризуется раковистым изломом и наличием включений органического вещества в глинистой массе. Основной минерал тонштейна – каолинит, в подчиненном количестве присутствуют кварц, калиевый полевошпат, иллит/мусковит, смектит и кальцит. Среди акцессорных минералов идентифицированы циркон, ильменит, сфалерит, целестин и фосфаты РЗЭ (монацит–(Ce), ксенотим–(Y)). Тонштейн характеризуется высокими концентрациями Ga, Nb, Hf, Ta, Hg, Th и U.

Анализ распределения химических элементов в угле пласта Новый–1А показал, что максимальные концентрации Nb, Ta, Zr, Hf, REE, Y, Th и U приурочены к зонам непосредственного контакта с тонштейном (рис. 1). Наиболее выраженные аномалии, превышающие кларковые значения для бурых углей мира [Ketris, Yudovich, 2009] в разы, характерны для Nb, Ta, Hf, REE, Y, Th и U. Пиковые содержания этих элементов фиксируются непосредственно над и под прослоем. В золе угля отмечаются следующие максимальные концентрации: Ta – 21,1 г/т, Nb – 1042 г/т, Hf – 99,4 г/т, Zr – 4028 г/т, Th – 189 г/т, U – 68,7 г/т, REE – 1082 г/т, Y – 121 г/т. Приуроченность аномальных концентраций химических элементов к приконтактовым зонам угля и прослоя позволяют связать их генезис.

Анализ концентраций и соотношений элементов–индикаторов (например, Ti, Ta, Nb, Zr, Hf, Th, U, Y, REE) позволяет реконструировать состав палеовулканических извержений и оценить их вклад в формирование геохимических особенностей углей. Это особенно актуально в контексте современных иссле-

дований, рассматривающих угли в качестве источника редких и редкоземельных металлов.

Было установлено, что тонштейн сформировался из вулканического пепла кислого ряда умеренной щелочности [Vergunov et al., 2025]. Состав тонштейна близок к трахириодацитам, трахириолитам.

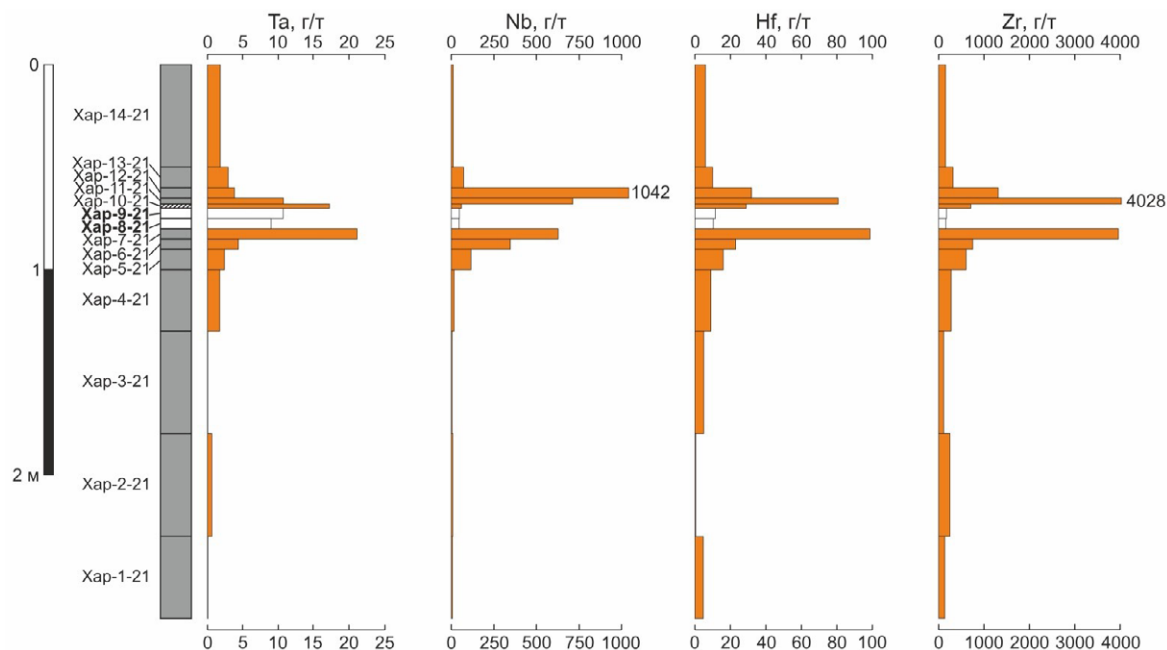


Рис. 1 Распределение Ta, Nb, Hf и Zr в золе угля вмещающем тонштейн

1. Вулканический пепел, выпавший на поверхность торфяного болота, определил минералоцениями Nb, Ta, Hf, REE, Y, Th и U.
2. Исходным материалом для тонштейна послужил пепел кислого состава умеренной щелочности.
3. Диагностика тонштейнов в угольных пластах позволяет не только проводить стратиграфическую корреляцию, но и рассматривать вмещающий тонштейн уголь в качестве потенциального источника редких и редкоземельных металлов, пригодного для попутного извлечения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24–27–00314, <https://rscf.ru/project/24-27-00314/>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dai S., Ward C.R., Graham I.T. et al. Altered volcanic ashes in coal and coal-bearing sequences: a review of their nature and significance // *Earth-Science Reviews*, 2017. Vol. 175. P. 44–74.
2. Ketris, M.P., Yudovich, Ya.E. Estimations of Clarkes for Carbonaceous biolithes: World average for trace element contents in black shales and coals // *Int. J. Coal Geol.*, 2009. Vol. 78. P. 135–148.
3. Vergunov, A., Arbuzov, S., Kholodov, A. et al. Chemical and mineral composition of altered volcanic ash in the Early Cretaceous coals of the Kharanorskoe deposit, Eastern Siberia, Russia. // *Acta Geochim*, 2025. 20 pp.

УДК 528.441.22:504.055

Научные принципы зонирования и мониторинга земель в районах активного вулканизма

А.А. Верхотуров

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

Несмотря на очевидную угрозу, исходящую от активных вулканов (лаво-вые потоки, пеплопады, лахары, пирокластические потоки), вулканоопасные территории активно вовлекаются в хозяйственное освоение. Это обусловлено высоким плодородием почв, рекреационным потенциалом, территориальной ограниченностью и наличием полезных ископаемых. В XX веке более половины из 491 зафиксированных извержений привели к человеческим жертвам и материальному ущербу в десятки миллионов долларов [Witham..., 2005]. С ростом населения и расширением хозяйственной деятельности риски чрезвычайных ситуаций в этих районах будут только возрастать, что делает проблему безопасного землепользования крайне актуальной [Malawani et al..., 2021].

В исследовании использовались классические методы научного анализа и обобщения. В качестве источников информации привлекались: нормативно-правовые акты РФ (Земельный кодекс, Своды правил, приказы Росреестра); публичная кадастровая карта;

– научные публикации отечественных и зарубежных авторов по тематике устойчивого развития вулканоопасных территорий; данные дистанционного зондирования Земли и геолого-геоморфологических исследований.

Анализ нормативной базы выявил серьезные пробелы. В Земельном кодексе РФ отсутствует понятие «вулканоопасная зона» среди видов зон с особыми условиями использования территорий (ЗООИТ). В сводах правил по инженерным изысканиям и защите территорий (СП 115.13330.2016, СП 116.13330.2012) вулканическая опасность либо не упоминается, либо не имеет четких критериев оценки. В системе государственного мониторинга земель (Приказ Росреестра № П/0315 от 22.07.2021) воздействие вулканических процессов не включено в перечень контролируемых негативных явлений (эрозия, опустынивание, загрязнение и т.д.).

В мировой практике основной упор делается на прогнозирование извержений и эвакуацию населения, что спасает жизни, но не предотвращает материальный ущерб. В ряде стран (например, США после извержения Сент-Хеленс в 1980 г.) применяются превентивные меры: создание национальных парков (ООПТ), выкуп частной собственности, введение строгих ограничений на застройку и применение специальных инженерных решений.

Предлагаемые направления решения проблемы:

– Создание ООПТ. Эффективно на малозаселенных территориях, где отсутствует частная недвижимость (например, Курильский и Кроноцкий заповедники в РФ).

– Введение «Зон вулканической опасности» как нового вида ЗООИТ. Это более сложный, но необходимый путь для активно осваиваемых территорий.

Проблема безопасного освоения вулканопасных территорий требует теоретической и нормативной проработки [Верхотуров..., 2025]. Существует необходимость в разработке:

- Комплекса методологических принципов зонирования (рис.1).
- Основ геоинформационного моделирования природно–техногенных условий.
- Четких критериев для выделения подзон и наложения ограничений.
- Системы количественных и качественных показателей для мониторинга.
- Совершенствования нормативно–правовой базы, включая внесение изменений в Земельный кодекс и нормативы по инженерным изысканиям.

Реализация предложенных мер позволит минимизировать риски для жизни людей и сохранить материальные активы, обеспечив устойчивое и безопасное развитие вулканопасных регионов России, таких как Камчатка и Курильские острова.



Рис. 1 Концептуальная схема развития теории и практики землеустройства и мониторинга земель в районах активного вулканизма

ЛИТЕРАТУРА

1. Верхотуров А.А. Теоретическое обоснование необходимости зонирования и мониторинга земель вулканопасных территорий // Вестник СГУГиТ. 2025. Т.30, №2. С. 156–165. DOI 10.33764/2411–1759–2025–30–2–156–165.
2. Malawani M.N., Lavigne F., Gomez C., Mutaqin B.W., Hadmoko D.S. Review of Local and Global Impacts of Volcanic Eruptions and Disaster Management Practices: The Indonesian Example // Geosciences (Switzerland). 2021. Vol.11, No.3. P.1–18. DOI 10.3390/geosciences11030109.
3. Witham C.S. Volcanic disasters and incidents: A new database // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2005. Vol.148. P. 191–233. DOI 10.1016/j.jvolgeores.2005.04.017.
4. Wright H.M.N., Driedger C.L., Pallister J.S., Newhall C.G., Clynne M.A., Ewert J.W. Development of a volcanic risk management system at Mount // Bulletin of Volcanology. 2023. Vol.85, No.10. P. 53. DOI 10.1007/s00445–023–01663–y.

УДК 624.121; 624.13.

Определение деформационных свойств грунтов разными методами на площадке строительства в Норильском промышленном районе

Н.А. Дамм^{1, 2, 3}

Научный руководитель – Л.А. Строкова¹

¹ Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,
г. Томск, Россия

² Акционерное общество «Красноярская Буровая компания» АО «КБК»,
г. Красноярск, Россия

³ Общество с ограниченной ответственностью ООО «СИБАУТСОРСПРОЕКТ»,
г. Новосибирск, Россия
zaripova.sap@gmail.com

Количество и виды испытаний, которые используются для оценки поведения грунтов и оценки их сопротивления внешним воздействиям, зависит главным образом от типа проектируемого сооружения [Трофимов и др., 2005; Сергеев, 1946]. Ясно, что чем более сложно по своим конструктивным особенностям сооружение, чем менее постоянен режим его работы, тем больше показателей свойств грунтов приходится изучать [Каган, 1973]. Проектирование сооружений повышенного уровня ответственности, повышенного класса опасности КС–3 – предполагает комплексный подход к методикам проведения инженерно–геологических изысканий, а именно сопоставление и анализ результатов основных исследований, направленных на изучение прочностных и деформационных свойств грунтов. Норильский промышленный район славится своими суровыми климатическими условиями и высокой техногенной нагрузкой, которая зачастую меняет естественные условия кардинально. Так, одной из задач изысканий была оценка несущей способности грунтов в границах техногенно сформированной таликовой зоны.

Установленная мощность талых грунтов в пределах изучаемого участка достигает более 65 м в глубину. Грунтовая толща характеризуется неоднородным сложением, отличным по составу и генезису: комплекс мезозойских отложений, представленный на участке изысканий габбро–долеритами триасового возраста (T_1) и озерно–гляциальные отложения четвертичного возраста (lgQ_{III}), распространенные на всей территории участка, покрытые с поверхности современными техногенными отложениями (t_{IV}).

Для комплексного изучения деформационных свойств грунтов анализировались результаты расчётных, лабораторных и полевых испытаний грунтов [Методика..., 1989; ГОСТ..., 2001; ГОСТ..., 2020; ГОСТ..., 2020]. Из полевых методик применялись: прессиометр, статическое зондирование, штампы. Из лабораторных методик проводились определения при трехосном сжатии, компрессионное испытание. Из расчетных методик для сравнительного анализа использован расчёт по методике ДальНИИС Госстроя СССР. Полученные результаты приведены в сравнительной таблице деформационных свойств (Табл. 1).

В процессе анализа полученных результатов проведено вычисление превышения значения модуля деформации по результатам полевых опытных работ над классическими лабораторным (компрессионное испытание). Также произведен расчет превышения значений по результатам лабораторных исследований (трехосное сжатие – компрессионные испытание). Средний модуль деформации по полевым испытаниям больше компрессионного в 2,7–3,27 раз. Модуль деформации по результатам трехосным испытаний выше одометрического модуля в 1,39–3,24 раза. Для получения приведенного модуля деформации рассчитан Переходный коррелирующий коэффициент по полевым и лабораторным работам, изменяющийся от 2,05 до 3,24. Полученные рекомендуемые значения модуля деформации близки по значениям к результатам трехосных испытаний для глинистых грунтов и результатов прессиометриче-

ских испытаний для грунтов с включениями. Сходимость результатов значений модуля деформации по разным методикам оценки приведена в Таблице 2.

Табл. 1 Сравнительная таблица деформационных свойств грунтов

№	ИГЭ	Лаб. Исп.		Пол. Исп.		Штамп	Метод Даль-НИИСа	Мк полев.	Мк лаб.	Переход. корр. коэф. Нт mk	Е с учетом переход. коэф. Е mk	Рекоменд.
		Еоед	Трехосн.	Прессиометр	Стат. Зонд.							
1	Насыпной грунт, щебен. с супесч. наполн.	-	-	-	-	25,2	42,7	-	-	-	-	25,2
6	Суглинок тверд. и полутверд.	12,6	40,4	40,5	42,0	-	-	3,27	3,21	3,24	40,8	40,8
9	Суглинок тугопластичный	11,9	16,6	23,0	41,3	-	-	2,70	1,39	2,05	24,4	24,4
19	Гравийный грунт с супесч. заполн. до 45 %	-	-	-	39,0	29,0	38,3	-	-	-	-	29,0
8	Супесь песчаная пластич.	11,6	35,2	-	35,0	-	-	3,02	3,03	3,03	35,1	35,1

Табл. 2 Оценка сходимости результатов

Сходимость результатов	%	Комментарии
Компрессионные испытания – трехосные испытания	30–70%	Зависит от глубины испытания
трехосные испытания – прессиометр	72–99%	Высокая сходимость
Трехосные испытания – статическое зондирование	40–100%	Высокая сходимость для грунтов без включений
Штамповые испытания – Методика ДальНИИС	59–76%	Высокая сходимость для естественных грунтов и низкая – для насыпных грунтов

В процессе производства инженерных изысканий всегда оказывается полезным исследовать грунт различными методиками для расширения выборки данных и, при необходимости, исключения выбивающихся значений. Рекомендуемыми значениями чаще становятся результаты трехосных, прессиометрических, штамповых испытаний ввиду высоких сходимостей результатов. Реже, рекомендуемым значением является расчёт переходного повышающего коэффициента и его наложение на одометрический модуль деформации.

ЛИТЕРАТУРА

- Каган А.А. Расчетные показатели физико–механических свойств грунтов.: Изд–во литературы по строительству, Ленинград, 1973. С. 82–84
- ГОСТ 19912–2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. Введ. 2002–07–01. М.: Изд–во стандартов, 2001. 35 с.
- ГОСТ 20276.2–2020. Грунты. Полевые методы определения характеристик прочности и деформируемости. Введ. 2021–07–01. М.: Стандартинформ, 2020. 36 с.
- ГОСТ 12248.1–2020. Грунты. Лабораторные методы определения характеристик прочности и деформируемости. Часть 1. Метод одноплоскостного среза. Введ. 2021–07–01. М.: Стандартинформ, 2020. 24 с.
- Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем / ДальНИИС Госстроя СССР. М., 1989. 32 с.
- Основания, фундаменты и подземные сооружения: учебник / под ред. Сорочана Е.А., Трофименкова Ю.Г. М.: Стройиздат, 1985. 480 с.
- Сергеев Е.М. Избранные главы общего грунтоведения. МГУ им. Ломоносова, издание МГУ 1946. С. 30–33.
- Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А. Грунтоведение. МГУ им. М.В.Ломоносова, 2005. С. 470–483.

УДК 53.043; 621.3.051.024; 624.131.437.311

Оценка вклада поверхностного эффекта в сопротивление диполей модели системы заземлителей униполярной передачи постоянного тока

И.П. Дудченко, А.А. Верхотуров, А.В. Лоскутов,

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
lopes@imgg.ru

Поверхностный эффект отражает факт, что электрические величины, рассматриваемые как сосредоточенные и практически никогда не имеющие привязки к геометрии электрической цепи или среды, на самом деле являются интегральными значениями величин, характеризующих электромагнитное поле, а в ряде случаев даже интегральные величины являются функциями пространственных координат – как, например, в случае линий с распределенными параметрами. Характерным примером такой интегральной величины является ток – фактически равный потоку вектора плотности тока $\mathbf{j}$ через заданную поверхность (обычно – поперечное сечение проводника). В свою очередь, $\mathbf{j}$ входит в уравнение системы дифференциальных уравнений Максвелла, согласно которому $\mathbf{j}$ равен ротору вектора напряженности магнитного поля $\mathbf{H}$ – в результате $\mathbf{j}$ сам является величиной, непосредственно зависимой от магнитного поля, при этом неважен механизм появления магнитного поля – сторонний источник (как в случае проявления эффекта Холла), внешний ток (эффект близости двух шин) или даже ток, которым это магнитное поле было создано, то есть – ток сам создает магнитное поле, которое влияет на ток, который вызвал появление этого поля [Матвеев, 1983; Власов, 2005]. Этот эффект называется поверхностным (ПЭ), или «скин-эффектом». Внутри бесконечно длинного прямого цилиндрического цилиндра распределение $\mathbf{j}$ в функции расстояния от оси тока r , имеет характер гиперболического синуса. Начальные условия функции $\mathbf{j}(r)$ удобнее задавать на поверхности проводника, тогда $\mathbf{j}$ будет характеризоваться функцией, убывающей при удалении от поверхности цилиндра. Поверхность грунта можно рассматривать как боковую сторону цилиндра бесконечного радиуса, и существует простая формула, позволяющая рассчитать глубину, на которой модуль $\mathbf{j}$ в грунте уменьшается в e раз (т.н. «глубина проникновения тока», ГПТ). ГПТ рассчитывается по формуле (1):

$$\Delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \cdot f \cdot \mu_a}} \quad (1)$$

,где: Δ – глубина проникновения тока, м;
 ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;
 f – частота тока, Гц;
 μ_a – абсолютная магнитная проницаемость грунта, Гн/м.

ГПТ металлических проводников составляет величину порядка сантиметров при частоте тока 50 Гц (к примеру, у меди – 93 мм, свинца – 33 см). В базовых учебниках по электроэнергетике приводится факт, что сопротивление земли на постоянном токе равно нулю, в результате суммарное сопротивле-

ние между двумя заземлителями равно сумме сопротивлений этих заземлителей. К сожалению, данный факт часто ошибочно трактуют в обратном смысле: «переменный ток течет только по поверхности грунта и использовать землю в качестве обратного провода на переменном токе якобы невозможно, упуская из внимания использование земли в качестве проводника третьей фазы, к примеру, в системах электрификации железных дорог [Сивков и др., 2025; Варганова и др., 2025]. Грунт имеет существенно более высокое сопротивление по сравнению с металлическими проводниками, поэтому ГПТ характеризуется величинами, имеющими порядок более сотен метров (для влажной глины при частоте тока 50 Гц ГПТ составляет более 300 м).

В апреле 2025 г. в лаборатории островных и прибрежных электроэнергетических систем ИМГиГ ДВО РАН была проведена серия электровоздействий на диполи системы электродов полигона в с. Петропавловское с целью непосредственной оценки, в том числе, вклада поверхностного эффекта в сопротивление системы заземлителей модели униполярной передачи постоянного тока. Анализ данных эксперимента показал, что при частоте тока 50 Гц вклад поверхностного эффекта в сопротивление модели системы заземлителей униполярной передачи постоянного тока пренебрежимо мал, а ограниченность использования земли в качестве передающей среды связана в том числе с недостаточной изученностью влияния протекания больших токов на массивы грунта и заглубленные объекты. Принимая во внимание перспективу использования земли в качестве передающей среды в системах передачи постоянного тока, следует уделить значительное внимание исследованиям различных процессов (как физических, так и физико–химических), связанных с протеканием тока в массивах грунта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов А. А. Макроскопическая электродинамика. М.: Наука, 2005. 236 с.
2. Матвеев, А. Н. Электричество и магнетизм. М.: Высшая школа, 1983. 463 с.
3. Варганова А.В., Шеметов А.Н., Позин Д.О. Надёжность систем электроснабжения. М.: Юрайт, 2025.
4. Сивков А.А., Сайгаш А.С., Герасимов Д.Ю. Основы электроснабжения. М.: Юрайт, 2025.

УДК 502/504.054

Применение QGIS для моделирования аварийного нефтеразлива на магистральном нефтепроводе

Н.А. Ковтонюк, Я.П. Попова

Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
nikolay.kvt@yandex.ru

В современной нефтегазовой отрасли аварии на магистральных нефтепроводах являются одной из наиболее острых проблем, способствующих значительным экологическим и экономическим последствиям. Ежегодно многочисленные инциденты, связанные с разливами нефти, приводят к загрязнению почв и водоемов, что наносит ущерб экосистемам и создает угрозы для здоровья населения. Основными причинами возникновения аварий на нефтепроводах являются коррозия внутренней и наружной поверхности труб, производственные дефекты, а также механические повреждения. Современное состояние мониторинга и оценки последствий нефтеразливов требует использования эффективных инструментов геоинформационного анализа для быстрого и точного прогнозирования распространения загрязнителей [Еськов, Шляхова, 2021].

В целях оперативного наблюдения и визуализации последствий аварийных разливов нефти на магистральных нефтепроводах был разработан прототип программного плагина для ГИС-платформы QGIS. Плагин реализован на языке Python и обеспечивает расчёт ключевых параметров разлива (объём, площадь пятна) и его пространственную визуализацию на спутниковых снимках посредством создания дополнительного растрового слоя. Для достижения поставленной цели решен ряд задач:

1. Проанализированы основные причины аварий на нефтепроводах и существующие методы оценки последствий разливов нефти [Еськов, Шляхова, 2021; Экологические..., 2025].

2. Охарактеризованы преимущества и ограничения современных инструментов экологической оценки, включая специализированное программное обеспечение и ГИС-технологии [Куракина, 2015; Методические..., 2002].

3. Разработан плагин на языке Python в среде QGIS, позволяющий проводить расчет объема разлива, площади пятна, а также визуализировать нефтеразливы на спутниковых снимках посредством создания дополнительного растрового слоя [Разработка..., 2019].

4. Проведено тестирование разработанного плагина и оценены его функциональные возможности и практическая применимость.

В работе использована методика геоинформационного моделирования с применением открытого программного обеспечения QGIS, обладающего широкими возможностями по обработке и визуализации пространственных данных. Для создания плагина задействован конструктор плагинов Plugin Builder и средство визуального проектирования интерфейсов Qt Designer. Реализация логики плагина осуществлена на языке Python с использованием библиотек PyQGIS. Источником пространственных данных служат спутниковые снимки Sentinel-2 с пространственным разрешением (R) 10–30 метров, что обеспе-

чивает достаточную детализацию для оценки распространения нефтяных пятен. В модуле плагина реализована функциональность выбора точек разлива и построения растрового слоя для отображения загрязнения [Куракина, 2015; Экологические..., 2025].

В результате проведенного исследования разработан плагин, который позволяет автоматизировать процесс моделирования нефтеразлива на магистральном нефтепроводе. Плагин дает возможность расчетов ключевых параметров разлива, таких как объем выброса нефти и площадь загрязненной территории, что позволяет сократить временные затраты на оценку масштабов аварийных последствий и повысить объективность принимаемых управленческих решений в условиях чрезвычайных ситуаций. Визуализация результатов осуществляется в рамках одного интерфейса с возможностью наложения на актуальные спутниковые снимки, что существенно упрощает экологический мониторинг и оценку ущерба. Проведенное тестирование показало корректность работы алгоритмов и адекватность полученных данных по прогнозу распространения нефтяного пятна. В дальнейшем предполагается расширение функционала программы за счет учета дополнительных факторов, влияющих на распространение загрязнения и характер его воздействия на состояние окружающей среды [Разработка..., 2019].

Использование платформы QGIS для решения задачи моделирования нефтеразлива на магистральных нефтепроводах является перспективным и эффективным подходом, обеспечивающим доступность, высокую гибкость и адаптивность инструментария. Разработанный плагин демонстрирует возможности автоматизации и повышения точности оценки экологических последствий аварий, что важно для принятия оперативных решений в области предотвращения и ликвидации нефтяных разливов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еськов Д.Ю., Шляхова М.М. Риски и причины развития аварийных ситуаций на магистральных трубопроводах // Регулирование земельно–имущественных отношений в России: материалы конференции, 2020. Новосибирск: Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 2021. С. 28–33.
2. Куракина Н. И. Геоинформационные системы в экологии. СПб.: Изд–во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. 160 с.
3. Разработка алгоритма прогнозирования аварийных разливов нефти в ГИС–системе методами математического моделирования // Электронный научный журнал «ОГБУС». 2019. № 1. С. 6–12. – https://ogbus.ru/files/ogbus/issues/1_2019/ogbus_1_2019_p6–12.pdf (дата обращения 02.09.2025).
4. РД 03–496–02. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах. М.: Госгортехнадзор России, 2002. 112 с.
5. Экологические последствия аварийных разливов нефти // Bellona. – https://bellona.org/assets/sites/4/fil_Bellona–Glava4.pdf (дата обращения 07.09.2025).

УДК 502/504

Геоэкологические проблемы при разведке и эксплуатационном бурении на месторождении N

А.А. Колышкина, Я.П. Попова

Сахалинский государственный университет, г. Южно–Сахалинск, Россия
kolishkinaaa@gmail.com

Современные процессы разведки и разработки углеводородных месторождений неразрывно связаны с существенным воздействием на компоненты природной среды, что приобретает критически важное народнохозяйственное значение [Абросимов, Гуреев, 1997]. Многопластовое месторождение N, введенное в разработку в 1975 году, характеризуется сложным геологическим строением и рассредоточенными залежами, что обуславливает необходимость детального анализа сопутствующих геоэкологических рисков. В ходе исследования установлено, что фонд скважин месторождения (305 скв.) является потенциально ненадежным с точки зрения охраны пресноводных горизонтов, что создает предпосылки для их загрязнения.

Основными источниками негативного воздействия на этапе бурения и эксплуатации являются технологические операции, аварийные ситуации, а также буровые отходы и продукты [Альмухаметова, Файзуллин, 2018]. Наиболее значительный ущерб недрам и водным ресурсам наносят катастрофические поглощения промывочной жидкости, некачественное цементирование обсадных колонн, приводящее к межпластовым перетокам, а также утечки технологических жидкостей и пластовых флюидов [Булатов и др., 1997]. Ключевые виды источников воздействия на окружающую среду и их характеристика приведены в таблице 1.

Табл. 1 Перечень источников воздействия на окружающую среду, характеристика воздействия на различных этапах строительства скважины

Компоненты среды	Основные источники воздействия	Ключевые загрязняющие вещества
Недра	Негерметичность колонн, поглощения бурового раствора, аварии	Буровые растворы, пластовые воды, нефтепродукты
Атмосферный воздух	ДВС техники, факельные установки, испарения ГСМ	NOx, SOx, CO, сажа, углеводороды
Водные объекты	Инфильтрация с площадок, аварийные разливы	Нефтепродукты, минерализованные пластовые воды, химреагенты
Почвенный покров	Проливы ГСМ, размещение отходов, техногенное нарушение	Нефтепродукты, буровой шлам, соли тяжелых металлов

Проведенный анализ демонстрирует, что последствия воздействия буровых работ носят комплексный и зачастую необратимый характер для геологической среды [Отчет..., 2014]. В частности, проникновение химических реагентов буровых растворов в водоносные горизонты может привести к кардинальному изменению их гидрогеохимического режима и сделать их непригодными для хозяйственно–питьевого водоснабжения [Булатов и др., 1997]. Наиболее

опасными с экологической точки зрения являются аварийные ситуации, связанные с открытым фонтанированием, которые приводят к масштабному загрязнению нефтепродуктами всех компонентов окружающей среды — от почвенно–растительного покрова до подземных и поверхностных водных объектов [Отчет..., 2014]. Следует также отметить, что негативное воздействие на биоту проявляется не только в виде прямого химического загрязнения, но и через фактор беспокойства, приводящий к сокращению биоразнообразия и нарушению путей миграции животных. Таким образом, минимизация экологического ущерба требует не только строгого соблюдения технологических регламентов, но и внедрения современных систем экологического мониторинга на всех этапах жизненного цикла месторождения [Тетельмин, Язев, 2009].

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимов А.А., Гуреев А.А. Экологические аспекты применения нефтепродуктов. М.: ОАО «ЦНИИТЭнефтехим», 1997. 210 с.
2. Альмухаметова Э.М., Файзуллин А.А. К вопросу об экологических проблемах при буровых работах и эксплуатации скважин // Нефтегазовое дело. 2018. Т. 16, № 3. С. 112–125.
3. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. М.: Недра, 1997. 450 с.
4. Отчет по производственной деятельности НГДУ «Катанглинефтегаз». Ноглики, 2014. 180 с.
5. Тетельмин В.В., Язев В.А. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе: учебное пособие. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2009. 352 с.

УДК 620.92; 620.98

Правовые и технические аспекты создания безопасной водородной инфраструктуры для железнодорожного транспорта

О.В. Купцова^{1, 2}, А.Ю. Соболев¹

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

² «Институт развития образования Сахалинской области», г. Южно–Сахалинск, Россия
korsuncevaolesy@gmail.com

В свете глобальной тенденции к декарбонизации транспорта и повышения уровня применения альтернативных источников энергии, заложенной в Стратегии развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года, пилотный проект по внедрению водородного подвижного состава на Сахалине является своевременным и стратегически важным шагом, направленным на диверсификацию энергетической базы российских железных дорог и формирование основы для перехода к низкоуглеродным технологиям в транспортном секторе [Министерство..., 2025]. Совместная работа правительства Сахалинской области с государственной корпорацией «Росатом» и ОАО «РЖД» предполагает осуществление проекта «Водородный поезд», с целевым сроком запуска в 2026–2028 гг. Однако, стоит отметить, что успешное и безопасное внедрение новых технологий невозможно без разработки комплексной нормативно–технической базы, адаптированной к уникальным климатическим и логистическим условиям территорий их последующей эксплуатации.

Проведенный анализ выявил наличие в Российской Федерации ряда основополагающих национальных стандартов [ГОСТ..., 1980; ГОСТ..., 2012), а также Федеральных правил [СП..., 2015], регулирующих общие вопросы обращения с водородом и безопасности топливных элементов. Однако выявленные нормы не покрывают специфические требования к железнодорожному транспорту и его инфраструктуре в вопросах обеспечения безопасности (табл. 1), что свидетельствует о необходимости разработки и совершенствования правовых и технических аспектов в рамках реализации планируемого проекта [ГОСТ..., 1980; ГОСТ..., 2012; СП..., 2015; ТР..., 2011].

Табл. 1 Анализ существующей и требуемой нормативной базы для внедрения энергоносителя на водороде в железнодорожный состав

Область регулирования	Существующие стандарты	Статус	Выявленные пробелы
Качество водородного топлива	ГОСТ 3022–80	Обязателен (действует)	Отсутствие спец. требований к чистоте H ₂ для топливных элементов ж/д транспорта
Безопасность подвижного состава	ТР ТС 001/2011	Обязателен (действует)	Нет стандартов на интеграцию систем, противопожарную защиту, диагностику
Заправочная инфраструктура	ГОСТ Р 55226–2012/ISO/TS 20100:2008	Обязателен (действует)	Нет требований к проектированию, строительству и эксплуатации ВЗС для ж/д транспорта
Хранение и логистика на объектах РЖД	СП 162.1330610	Обязателен (действует)	Требуются детализированные отраслевые инструкции

Разработка и согласование всего комплекса документов — от стандартов на качество топлива до регламентов эксплуатации — должны быть синхронизированы с опытно-конструкторскими работами (совместно с ТМХ) и строительством инфраструктуры. Это требует применения принципиально новых, agile-подходов к нормотворчеству, таких как разработка предварительных национальных стандартов (ПНСТ) и корпоративных стандартов (СТО), которые могут быть оперативно внедрены и апробированы на этапе пилотной эксплуатации. Таким образом, успех амбициозного проекта по запуску водородного подвижного состава в 2026 году напрямую зависит от скорости и слаженности работы по созданию его нормативного обеспечения.

Для ликвидации выявленных пробелов авторами предложена дорожная карта, включающая: 1) разработку национальных стандартов (ГОСТ Р) на водородное топливо и требования безопасности к подвижному составу; 2) создание комплекса ведомственных стандартов ОАО «РЖД» для регламентации операционных процессов; 3) адаптация международных норм (ISO, IEC) с учетом опыта европейских стран и специфики территориального расположения о. Сахалин.

Анализ международных трендов свидетельствует, что к 2035 году до 20% региональных поездов в Европе могут быть переведены на водородные силовые установки [RAILTECH.com, 2025], что актуализирует необходимость формирования опережающей нормативной базы в Российской Федерации. Реализация данного плана является необходимым условием для обеспечения промышленной и транспортной безопасности и скорейшего запуска проекта.

Предложенная дорожная карта, включающая анализ международного опыта, разработку «быстрых» стандартов (ПНСТ, СТО) и их апробацию на Сахалинском полигоне, позволит минимизировать риски и обеспечить безопасную эксплуатацию поездов. Реализация данного проекта не только снизит экологическую нагрузку на биосферу региона, но и сформирует бесценный нормативно-технический задел для тиражирования водородных технологий на всей сети российских железных дорог.

Работа выполнена при поддержке ОАО «РЖД» в рамках проекта «Водородный поезд».

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 3022–80. Водород технический. Технические условия: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24.01.80 № 324: дата введения 1981–01–01. — <https://gostassistant.ru/doc/68cd77be-4b4c-47b8-820a-3aa2fdd04b34> (дата обращения 11.09.2025). Текст: электронный.
2. ГОСТ Р 55226–2012/ISO/TS 20100:2008. Водород газообразный. Заправочные станции: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.11.2012 № 1251–ст: дата введения 2013–07–01. — <https://docs.cntd.ru/document/1200103135> (дата обращения 11.09.2025). Текст: электронный.
3. Министерство транспорта Российской Федерации: официальный сайт. Москва. — <https://mintrans.gov.ru/documents/1/1010> (дата обращения 11.09.2025). Текст: электронный.
4. СП 162.1330610. Требования безопасности при производстве, хранении, транспортировании и использовании жидкого водорода: утвержден и введен в действие Приказом Федерального космического агентства от 24.12.2014 № 299: дата введения 2015–03–01. — <https://docs.cntd.ru/document/1200124842> (дата обращения 11.09.2025). Текст: электронный.
5. TP TC 001/2011. О безопасности железнодорожного подвижного состава: принят Решением Комиссии Таможенного союза от 15.07.2011 № 710. — <http://kodeks.karelia.ru/api/show/902293438> (дата обращения 11.09.2025). Текст: электронный.
6. RAILTECH.com — <https://www.railtech.com/rolling-stock/2022/10/13/by-2035-20-percent-of-regional-european-trains-will-run-on-hydrogen/?gdp=accept> (дата обращения 11.09.2025). Текст: электронный.

УДК 553.981; 553.982

Оценка фильтрационно–емкостных свойств и pvt–характеристик залежей Дерюгинского участка шельфа острова Сахалин: оценка перспективности участка

И.Н. Луцюк

Научный руководитель – О.В. Веселов

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно–Сахалинск, Россия
ignatiy.lutsyuk@gmail.com

Развитие нефтегазодобывающей отрасли на континентальном шельфе России является стратегически важной задачей для обеспечения энергетической безопасности страны. Дерюгинский участок недр на шельфе Охотского моря представляет значительный интерес для промышленного освоения углеводородных ресурсов. Необходимость детального изучения фильтрационно–емкостных свойств и PVT–характеристик залежей данного участка обусловлена потребностью в оценке его промышленного потенциала и планировании эффективных технологий разработки.

Дерюгинский лицензионный участок недр площадью 2507 км² расположен в акватории континентального шельфа Охотского моря у северо–восточной части острова Сахалин. Максимальная глубина моря в мористой части достигает 120–130 м. Участок характеризуется сложными гидрометеорологическими условиями с продолжительностью ледового периода до 183 дней [Отчетный..., 2009].

В структурно–геологическом отношении участок связан с крупным нефтегазоносным регионом северо–восточного шельфа Сахалина, что обеспечивает единство геологического строения и нефтематеринских толщ с успешно разрабатываемыми месторождениями региона.

В работе применен аналоговый метод с использованием данных лабораторных исследований PVT–свойств месторождений–аналогов. Данный подход позволяет оценить коллекторские свойства и характеристики пластовых флюидов на основе проверенных практикой параметров эксплуатируемых объектов.

В пределах участка выделены три основные перспективные структуры: Таймень, Мальма и Кижуч. Структуры связаны с меловой и палеогеновой осадочными системами, сформированными в условиях активного тектонического развития региона [Арешев и др., 1984; Отчетный..., 2009].

Для структур Мальма и Кижуч в качестве аналога принято месторождение Одопту–море, характеризующееся схожими геологическими условиями и продуктивными горизонтами. Для структуры Таймень использованы данные Кайганско–Васюканского месторождения, имеющего аналогичные структурно–тектонические особенности.

Коллекторские свойства пластов представлены терригенными породами различного гранулометрического состава. Породы–коллекторы характеризуются значительной неоднородностью по разрезу и площади, что типично для сложно построенных месторождений шельфовой зоны. Анализ фильтраци-

онно–емкостных характеристик показал, что коллекторские свойства пластов обеспечивают возможность эффективного извлечения углеводородов при промышленной разработке. Параметры проницаемости и пористости соответствуют значениям, характерным для продуктивных пластов регион [Игумнов, 2006].

Установленные PVT–свойства пластовых флюидов соответствуют параметрам успешно разрабатываемых месторождений региона. Физико–химические характеристики нефтей и газов указывают на благоприятные условия их извлечения и транспортировки. Термобарические условия залегания углеводородов характеризуются как благоприятные для промышленного освоения. Пластовые давления и температуры находятся в диапазонах, обеспечивающих эффективную эксплуатацию скважин [Игумнов, 2006; Лапотников, 2018].

Опыт освоения аналогичных месторождений шельфа Сахалина демонстрирует техническую осуществимость разработки участка с применением современных технологий морской нефтегазодобычи.

Проведенные исследования фильтрационно–емкостных свойств и PVT–характеристик Дерюгинского участка подтвердили его высокую перспективность для промышленного освоения углеводородных ресурсов. Применение аналогового метода с привлечением данных месторождений Одопту–море и Кайганско–Васюканское море обеспечило надежную основу для оценки коллекторских свойств и характеристик пластовых флюидов.

Установленные благоприятные термобарические условия и коллекторские свойства пластов подтверждают техническую возможность эффективной разработки выявленных перспективных структур. Дальнейшие исследования должны быть направлены на детализацию геологического строения и уточнение параметров продуктивных пластов с целью оптимизации систем разработки месторождений участка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арешев Е.Г., Лавренников В.А., Алексеев С.Б. Техничко–экономическое обоснование коэффициента нефтеизвлечения по месторождению Одопту–море. Южно–Сахалинск, 1984. – 55 с.
2. Игумнов В.И. Технологическая схема разработки месторождения Одопту–море. – Южно–Сахалинск: фонды «СахалинНИПИморнефть», 2006. 85 с.
3. Лапотников А.Г. Геологическая характеристика и подсчёт запасов месторождения Одопту–море (Северный купол) // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. 2018. №2. С. 15–28.
4. Отчетный баланс запасов нефти, горючих газов и конденсата за 2008 год. Южно–Сахалинск: ООО «РН – СахалинНИПИморнефть», 2009. 112 с.

УДК 551.4.042

**Разработка состава и методики сбора геофизических параметров
земной поверхности на тестовых участках
для проведения исследований развития оползневых процессов
с помощью снимков ДЗЗ на примере о. Сахалин.**

Д.Ф. Матвеев^{1, 2}, С.В. Рыбальченко¹

¹ СКБ САМИ ДВО РАН, г. Южно–Сахалинск, Россия

² ИМГИГ ДВО РАН, г. Южно–Сахалинск, Россия

neomatrix.18@gmail.com

Массивы данных о геофизических параметрах земной поверхности, полученные при помощи ДЗЗ, давно используются для оценки развития, инвентаризации и картографирования опасных экзогенных процессов, в том числе оползней.

В рамках данной работы приведен порядок разработки состава и методики сбора геофизических параметров земной поверхности на тестовых участках на примере территории Среднего и Южного Сахалина, для которых характерно чрезвычайно широкое распространение оползневых процессов.

К задачам исследования относится определение принципов выбора тестовых территорий – участков, наиболее репрезентативно отражающие состояние основных показателей оползневого процесса, определение состава требуемых для анализа геофизических параметров, способов их сбора при рекогносцировочном обследовании и по массивам данных ДЗЗ, сравнительная оценка репрезентативности полученных различными способами данных ДЗЗ.

В качестве тестовых участков были приняты участки территории о. Сахалин с выраженным активным развитием оползневых процессов, на которых неоднократно ранее были отмечены признаки активизации оползневых процессов, а также имеются активные оползневые массивы в настоящее время, идентифицируемые при помощи традиционных методик с использованием дешифровки космических и аэрофотоснимков в оптическом диапазоне и подтвержденные в ходе рекогносцировочного обследования территории. Для предварительно отобранных тестовых участков выполнялся комплекс полевых работ для выявления прямых и косвенных признаков, в том числе качественных и количественных, оползневых процессов и определения возможных геофизических параметров поверхности по данным ДЗЗ пригодных для их определения и мониторинга.

Основные этапы работ включали полевые исследования и измерения, последующую обработку полученных материалов и включение результатов в базу данных об оползневых процессах.

Последовательность проведения и режимы полевых измерений были следующими:

1) Выбор подходящего тестового участка на местности с различным геологическим строением с активными признаками оползневого процесса и различными типами оползней, определение координат и высот участка с помощью портативного GPS–приемника;

2) Описание основных предметно–специфических признаков тестового участка (характеристика географического положения и географических особенностей; характеристика ландшафта и рельефа; характеристика геологических, гидрометрических и геоморфологических параметров наземных водоемов и водотоков (при их наличии в районе тестового участка); характеристика растительности;

3) Описание признаков и характеристик оползневого процесса.

В рамках выполнения работ был разработан требуемый состав геофизических параметров для последующего исследования оползневых процессов посредством ДЗЗ, в том числе включающий следующие параметры:

1) Географические параметры (географические координаты, абсолютная высота и экспозиция);

2) Геоморфологические параметры (размеры оползневого массива, относительные высоты и уклон территории);

3) Геоботанические параметры (залесенность территории, продуктивность фитоценозов, наличие почвенно–растительного покрова);

4) Гидрологические параметры (наличие водопроявлений и расстояние до водных объектов);

5) Качественные параметры оползневого процесса (наличие размеры и положение специфических элементов оползневого рельефа).

После выбора состава и определения параметров тестового участка выполнялся сравнительный анализ измеренных параметров тестовых участков с доступными массивами данных ДЗЗ для их проверки и оценки репрезентативности.

Для репрезентативных тестовых участков в ходе полевых работ выделены основные дешифровочные признаки и индикаторы факторов оползневого процесса, определены геофизические параметры подстилающей поверхности, качественные и количественные характеристики изучаемого оползневого процесса на тестовом участке, в том числе географические параметры (географические координаты, абсолютная высота и экспозиция); геоморфологические параметры (размеры оползневого массива, относительные высоты и уклон территории); геоботанические параметры (залесенность территории, продуктивность фитоценозов, наличие почвенно–растительного покрова); гидрологические параметры (наличие водопроявлений и расстояние до водных объектов); качественные параметры оползневого процесса (наличие размеры и положение специфических элементов оползневого рельефа), определенные инструментальным и экспертным способами, и сопоставимые с репрезентативными данными ДЗЗ из открытых источников.

УДК 624.131

**Анализ причин деформаций модульного здания, расположенного
в Алтайском районе Республики Хакасия**

Д.Ю. Сагалаков^{1, 2}

Научный руководитель – Л.А. Строкова¹

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия

² Общество с ограниченной ответственностью «Экспертиза Недвижимости»,
г. Абакан, Россия
sagalakov_d@mail.ru

В связи с повсеместным распространением техногенных грунтов в границах Абаканской агломерации вопрос об их изучении стоит особо остро [Абакумова и др., 2021; Вознесенский, 2019]. Недостаточное изучение техногенных грунтов в пределах предполагаемой глубины сжимаемой толщи сферы взаимодействия фундаментов и грунтов основания иногда приводит к принятию неверных и нерациональных решений по устройству фундаментов [Сергеев, 1952; Сергеев 1957; Сергеев 1978]. Результатами таких решений являются недопустимые и неоднородные деформации грунтов основания, что приводит к деформированию конструкций зданий и сооружений [Трофимов и др. 2005].

Здание проставляется собой отдельно стоящее, включающее в едином строительном объеме производственное помещение. Максимальные осевые размеры здания – 66 х 16 м. Проектом предусмотрены буронабивные сваи диаметром 360 мм, размещаемые с шагом 6 м в продольном направлении и 4 м в поперечном направлении. Отметка низа свай – 4,100.

Здание модульного цеха получило деформации в период строительного производства, а после завершения строительства деформации продолжились. Колонны получили отклонение от вертикальной плоскости до 70 мм и осадку до 187 мм. Также получили деформации стены, ворота, балки, прогоны и связи.

Согласно проектной документации в основании буронабивных свай находится суглинок мягкопластичный. По результатам исследования определен вид грунта основания – суглинок от твердо до тугопластичной консистенции, а под подошвой свай по оси Г в границах осей 6–12 находится техногенный (насыпной) грунт, представленный суглинком полутвердым с дресвой.

По результатам проведенных инженерных изысканий установлено, что кровля природных грунтов залегает не согласно, мощность техногенных грунтов в пределах пятна застройки варьируется от 0,5 до 8,0 м (рис. 1). Инженерно-геологические условия не соответствуют проектным представлениям из-за отсутствия или некачественно-выполненных изысканиях. К тому же в проектных решениях отсутствуют мероприятия по инженерной защите от опасных геологических и инженерно-геологических процессов. А в период производства земляных работ не были выполнены работы по уплотнению возводимой грунтовой насыпи. В связи с этим произошла активация современных инженерно-геологических процессов, оказывающие негативное влияние на строительство и дальнейшую эксплуатацию исследуемого объекта, таких как: развитию оползневых деформаций, водной эрозии, механической суффозии, морозном пучении грунтов, залегающих в зоне сезонного промерзания, сейсмическом воздействии, переувлажненные грунты.

В связи с тем, что площадка под здание расположена на искусственном основании в пределах зоны проявления склоновых процессов, таких как опол-

зень, а также отсутствуют мероприятия по отводу атмосферных и поверхностных вод с прилегающей территории, отсутствуют мероприятия по защите откоса и склона от размыва в результате возникают следующие геологические опасные процессы, как механическая суффозия и водная поверхностная эрозия склона и откоса, происходит смыв и вымыв пылевато-глинистых частиц к подножью склона, тем самым перекрывая систему водоотведения. Это приводит к образованию верховодки. В свою очередь из-за верховодки происходит насыщение грунтов основания. В случае водонасыщения снижаются прочностные и деформационные свойства грунтов, что приводит к возникновению оползневых процессов на участке размещения здания [Трофимов и др. 2011].

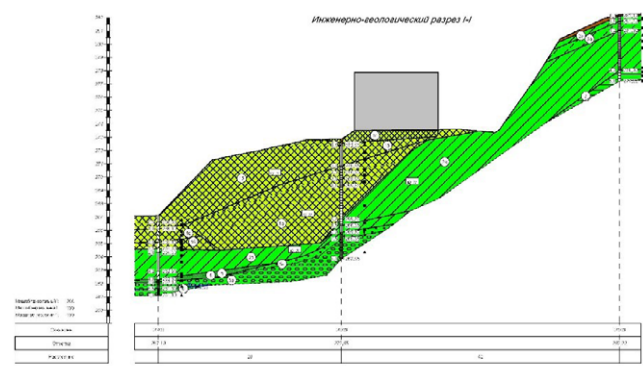


Рис. 1 Инженерно-геологический разрез

Помимо этого, стоит отметить тот факт, что насыпь выполнена на склоне с перепадом в отдельных местах мощностью до 8 м. По результатам проведенных работ установлено, что требуемое уплотнение грунтов основания выполнено не было. Коэффициент уплотнения не превышает значения $K_u=0,8$. Недостаточное уплотнение или его отсутствие привело к дополнительным деформациям насыпи в результате процесса самоуплотнения.

Аварийные деформации на данном объекте связаны с ошибками, допущенными при проектировании и строительстве при отсутствии необходимых исследований свойств техногенных грунтов с учетом изменений инженерно-геологических условий].

Полное изучение состава, строения, состояния и свойств техногенных грунтов является важнейшим фактором безаварийной эксплуатации зданий и сооружений. Принятие проектных решений при отсутствии необходимых исследований свойств техногенных грунтов в отдельных случаях приводит к аварийным ситуациям, описанных ранее. Инженерно-геологические условия территории исследования, а в особенности распространения и свойства техногенных грунтов имеют особый характер распространения с разнообразными формами залегания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумова Н.В., Николаева С.К., Самарин Е.Н. Классификации техногенных отложений в инженерной геологии: исторический обзор, современный взгляд на проблему // Инженерные изыскания. 2021. Т. 15. №. 1–2. С. 28–40. DOI: 10.25296/1997–8650–2021–15–1–2–28–40.
2. Вознесенский Е. А. Общая генетическая классификация техногенных грунтов // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2019. №. 5. С. 3–9.
3. Сергеев Е. М. Общее грунтоведение. М.: Изд-во Московского ун-та. 1952. 384 с.
4. Сергеев Е.М. Инженерная геология. М.: Изд. МГУ. 1978. 383 с.
5. Сергеев Е.М., Приклонский В.А., Панюков П.Н., Белый Л.Д. Общая инженерно-геологическая классификация горных пород и почв / Тр. совещ. по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения. 1957. Т. 2. С. 18–44.
6. Трофимов В.Т., Вознесенский Е.А., Королев В.А. Инженерная геология России. Грунты России. М.: КДУ, 2011. 672 с.
7. Трофимов В.Т., Королёв В.А., Вознесенский Е.А. и др. Грунтоведение // Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та; Наука, 2005. 1024 с.

УДК 551.321

Разработка методики построения карты опасности метелевого переноса при низовых метелях на территории Сусунайской низменности

М.С. Сергеев

СКБ САМИ ДВО РАН, г. Южно–Сахалинск, Россия
sergeevsnow@mail.ru

Разработана методика расчёта опасности метелевого переноса при низовых метелях. На основании данных, полученных при использовании методики построена карта для Сусунайской низменности в масштабе 1:500000.

Методика основана на расчёте индекса опасности по десятибалльной шкале. Индекс опасности – средневзвешенное значение нескольких параметров, каждый из которых вносит различный вклад в процесс образования ветрового переноса снега при низовых метелях. Конкретный вклад каждого параметра в общий результат оценивался на основании изучения научной литературы [Дюнин..., 1963; Сапожникова..., 1950; Методические..., 1973], личного анализа метеоданных и нескольких лет проведения натурных измерений снегопереноса на юге Сахалина [Сергеев..., 2023].

Для выбранного участка острова Сахалин были проанализированы данные 5 метеостанций ГМС с 1966 года по настоящее время.

Представленные результаты получены в рамках государственного задания СКБ САМИ ДВО РАН (FWWW–2024–0003).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюнин А.К. Механика метелей. Изд. Со, АН СССР, Новосибирск, 1963. С. 190–195.
2. Методические рекомендации по зимнему содержанию автомобильных дорог в Казахстане. Мин. Авто Дорог Каз. ССР, 1973. С. 37–38.
3. Сапожникова С.А. Микроклимат и местный климат. – Ленинград: Изд. Гидрометеоиздата, 1950, 242 с.
4. Сергеев М.С. Пространственно–временное распределение снежного покрова при низовых метелях в условиях юга Сахалина // Экологические системы и приборы, 2023. С. 3–5.

УДК 551.4.022

Автономная система мониторинга снеговетровых процессов

А.И. Сидоренко

СКБ САМИ ДВО РАН, г. Южно–Сахалинск, Россия
sidorenko.artem@inbox.ru

Основными традиционными методами наблюдения за опасными процессами в снежных регионах являются метеостанции, посты, снеголавинные станции [Руководство..., 2021] однако в связи с малым количеством стационарных пунктов наблюдения [Аджиев, Кумукова, 2023], освоением обширных и труднодоступных территорий в т.ч. Арктики [Указ..., 2024], изучения микроклимата возникает необходимость разработки новых средств мониторинга, отличающиеся мобильностью и удобством эксплуатации.

В работе представлена концепция и действующий прототип автономной системы мониторинга снеговетровых процессов которая представляет собой сеть автономных метеостанций, синхронизированных по времени и осуществляющих измерение, запись, хранение и обработку данных о направлении ветра, скорости ветра на разных высотах над поверхностью земли, температуры воздуха и снежной толщи, высоты снежного покрова, объема метелевого снеготереноса [Бочарова и др., 2024; Сергеев и др., 2024]. Система мониторинга позволит проводить продолжительные измерения с целью выявления локальных климатических особенностей, а также построения более точных прогнозических моделей наступления опасных явлений. Представлены результаты натурных испытаний прототипа в зимнем сезоне 2024–2025.



Рис. 1 Автономная метеостанция
входящая в состав автономной системы мониторинга снеговетровых процессов

Представленные результаты получены в рамках государственного задания СКБ САМИ ДВО РАН (FWWW–2024–0003).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аджиев А.Х., Кумукова О.А. Концепция развития противолавинного обеспечения на территории Российской Федерации // Безопасность населения от быстроразвивающихся опасных природных явлений : XXV Международная научно–практическая конференция по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций по теме (в рамках проведения XIV Международного салона средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность–2023»), Кубинка, 01 июня 2023 года. Москва: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2023. С. 19–24.
2. Бочарова В.А., Сидоренко А.И., Леоненков Р.В., Сергеев М.С. Разработка автономной системы мониторинга снеговетровых процессов // Инженерная физика. 2024 №7. С. 30–36.
3. РД 52.37.889–2021. Руководящий документ. Руководство по снеголавинным и снегомерным работам в горах [Текст]. — Введ. приказом Росгидромета от 27.08.2021 № 278. — М.: Росгидромет, 2021. — 84 с.
4. Сергеев М.С., Леоненков Р.В., Сидоренко А.И., Бочарова В.А. Программа «Лисица» для автономной системы мониторинга параметров снеговетрового потока и снежной толщи РИД № 2024690349. 2024 год.
5. Указ Президента Российской Федерации от 18.06.2024 г. № 529 Об утверждении приоритетных направлений научно–технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий.

УДК 502.3(571.65)

Анализ влияния завода по производству сжиженного природного газа на компоненты окружающей среды (на примере ПК «Пригородное», Сахалин–2)

М.Е. Цой, Я.П. Попова

Сахалинский государственный университет, г. Южно–Сахалинск, Россия
maks.tsoy.8300@mail.ru

Производство сжиженного природного газа (СПГ) является одним из самых быстро развивающихся направлений в области поставок углеводородного сырья. Россия входит в первую десятку стран, экспортирующих СПГ. Один из заводов по его производству расположен на о. Сахалин в п. Пригородное, построенный в рамках проекта «Сахалин–2». Несмотря на преимущества природного газа как более чистого топлива, заводы по его сжижению наносят значительный вред окружающей среде [Харьбина и др., 2023].

Район расположения завода характеризуется сложным рельефом, включающим горные массивы, холмы, низменности и прибрежные равнины. Климат умеренный муссонный, с высокой влажностью и значительными сезонными колебаниями температур. Гидрологические условия определяются морскими течениями, штормовыми нагонами и ледовыми образованиями в зимний период. Регион отличается высоким биоразнообразием, включая охраняемые виды флоры и фауны [Горбунов, 2005; Соколов, Тихонович, 1925].

Основными источниками загрязнения при эксплуатации ПК «Пригородное» являются выбросы вредных веществ в атмосферу (оксиды азота, углерода, серы, метан), сбросы сточных вод, шумовое и световое загрязнение, механические изменения ландшафта [Проект..., 2002; Тарасенко, 2015]. Для оценки воздействия был проведен анализ данных производственного экологического контроля за 2013–2023 гг.

Атмосферный воздух. Наблюдается общий рост валовых выбросов загрязняющих веществ с 11,5 тыс. т в 2013 г. до 15,78 тыс. т в 2023 г (Табл. 1). Рост обусловлен расширением производственных мощностей и актуализацией расчетов. Однако мониторинг показал, что концентрации загрязняющих веществ в санитарно–защитной зоне не превышают установленных нормативов. Для снижения выбросов используются газовые турбины с системами понижения выбросов NOx и факельные установки с системой бессажевого сжигания [Отчет..., 2020; Отчет..., 2023].

Табл. 1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в тыс. т

Вещество	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Оксид углерода	4,3	4,2	4,1	4,4	4,06	4,21	3,41	3,53	3,74	7,33	8,37
Оксиды азота	4,8	4,1	4,1	4,3	4,26	4,34	3,93	4,04	3,83	4,79	4,87
Метан	1,08	1,1	1	1,1	1,17	1,1	0,7	0,9	0,74	2,07	2,07
Диоксид серы	0,07	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
Пр. заг. вещ–ва	0,05	1,15	1,1	0,97	0,91	0,62	0,45	0,38	0,36	0,37	0,44
Всего	11,5	10,6	10,3	10,8	10,44	10,3	8,52	8,88	8,7	14,58	15,78

Водные объекты. Показатели водопользования демонстрируют относительную стабильность. В 2023 году водозабор снизился до 26446,13 тыс. м³. Мониторинг качества поверхностных вод в реке Мерее и ручье Голубом не выявил загрязнения нефтепродуктами (значения 0,005–0,032 мг/дм³ при ПДК 0,05 мг/дм³). Кислородный режим оставался в норме (6,5–8,8 мг/дм³). Превы-

шения ПДК по железу и меди носят естественный природный характер для региона. Влияние ПК «Пригородное» на качество вод не выявлено [Отчет..., 2020; Отчет..., 2023].

Почвенный покров. Содержание нефтепродуктов в почвах на территории комплекса варьировалось от <20 мг/кг до 65 мг/кг, что соответствует фоновому уровню для естественных почв. Присутствия специфических веществ (пиперазин, метилдиэтаноламин) выше порога обнаружения (1,0 мг/кг) не зафиксировано. Признаков деградации почв не выявлено [Отчет..., 2023].

Биологическое разнообразие. Мониторинг 2023 года зафиксировал 9 охраняемых видов сосудистых растений и 5 видов лишайников в хорошем состоянии. На территории отмечено 168 видов птиц, 37 из которых имеют охранный статус. Многолетний мониторинг не выявил отрицательной динамики численности охраняемых видов. Мониторинг морской биоты в акватории порта не выявил значительных загрязнений и негативного воздействия балластных вод [Отчет..., 2023].

Выбросы парниковых газов. После пика в 2018 году (3,777 млн т) наблюдается тенденция к снижению выбросов ПГ до 3,442 млн т в 2023 году. Снижение достигнуто за счет мероприятий по полезному использованию ПНГ, повышения энергоэффективности и замены оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества [Отчет..., 2020; Отчет..., 2023; Отчет..., 2022].

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о многокомпонентном воздействии завода СПГ на окружающую среду. Несмотря на рост абсолютных показателей валовых выбросов, связанный с увеличением объемов производства, реализуемый комплекс природоохранных мероприятий обеспечивает соблюдение установленных нормативов качества окружающей среды и не приводит к значительной деградации экосистем в районе расположения производственного комплекса «Пригородное».

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов В. Острова в океане туманов. Хабаровск: ИД Приамурские ведомости, 2005. 96 с.
2. Отчет об устойчивом развитии компании «Сахалинская энергия» за 2020 год. –https://www.akm.ru/upload/akmarting/SAKHALINENERGY_sustainability_report_2020.pdf (дата обращения 10.02.2025).
3. Отчет об устойчивом развитии компании «Сахалинская энергия» за 2022 год. –<https://www.sakhalinenergy.ru/upload/iblock/6a5/tni91n13f9i11wzi7agtgy0m1z6n3y0h/ESG2022.pdf> (дата обращения 10.02.2025).
4. Отчет об устойчивом развитии компании «Сахалинская энергия» за 2023 год. –<https://www.sakhalinenergy.ru/upload/iblock/cfc/tw9hnkq832etwt8v9bsy2kddht7dcegr/esg.pdf> (дата обращения 10.02.2025).
5. Проект «Сахалин–2»: «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани, Лтд.». Южно–Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2002. 71 с.
6. Сахалин (природа, население и богатства) / Д. В. Соколов, Н. Н. Тихонович. М.: Научная ассоциация востоковедения при ЦИК Союза ССР, 1925. 124 с.
7. Тарасенко Р. А. Экологические проблемы проектов «Сахалин–1» и «Сахалин–2» // Образование, наука, производство: сб. статей. Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. 2015. С. 424–427.
8. Харьбина А. С., Ванчугов И. М., Жаркова В. В., Афанасьев А. В. Выявление геоэкологических рисков эксплуатации производственного комплекса «Пригородное» в рамках нефтегазового проекта «Сахалин–2» // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2023. № 4 (313). С. 34–41.

УДК 621.316.991; 621.332.423

Выбор режима заземления системы электроснабжения постоянного тока с точки зрения электробезопасности

И.М. Шахов, А.В. Кордюков

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно–Сахалинск, Россия
lopes@imgg.ru

Выбор системы заземления сетей как высокого, так и низкого напряжения, является принципиально важным с точки зрения многих факторов: надежность электроснабжения, пожаробезопасность, кратность тока короткого замыкания, требования и перечень защитного оборудования, и других [Правила..., 2020]. Причем в сетях низкого напряжения (СНН) (до 1000 В) электробезопасность не всегда является самым основным, но всегда – одним из основных критериев выбора режима заземления сети. Наиболее распространенным режимом заземления СНН переменного тока в настоящее время является режим заземленной нейтрали. Этот режим реализуется в различных вариантах схем заземления (ТТ, TN, TN–C, TN–S, TN–C–S) [Grounding..., 2017], общим свойством которых является заземление нейтрали трехфазного источника (обычно – так называемое «глухое заземление», то есть – не имеющее добавочных резисторов или реакторов в цепи заземления). Система IT (изолированная нейтраль), которую будем называть изолированной (ИСНН) являлась доминирующей в СНН в первой половине XX века, но опыт эксплуатации показал, что ИСНН при отсутствии квалифицированного контроля состояния изоляции пожароопасна [Вайнштейн и др., 2006]. К концу прошлого века применение ИСНН в качестве бытовых сетей было полностью прекращено. ИСНН сохранились в сетях питания некоторых промышленных электроустановок, в сетях питания подземных электроустановок шахт, в судовых СНН, и ряде других. Одним из важных преимуществ ИСНН является ее электробезопасность: для поражения электротоком в заземленной СНН достаточно контакта с одним проводом (проводом фазы), а к нейтрали человек и так уже «подключен», что при сочетании неблагоприятных факторов (к примеру – босые ноги на железобетоне, который заземлен *a-priori*) может привести к электротравме, или даже летальному исходу.

При проектировании экспериментальной системы электроснабжения офисного кабинета в ИМГиГ ДВО РАН был рассмотрен вопрос выбора режима заземления данной СНН, и был сделан выбор в пользу ИСНН. Современное защитное электрооборудование позволяет обеспечить контроль состояния изоляции без постоянного квалифицированного обслуживания, причем представленные на рынке устройства способны одновременно выполнять функции дистанционного отключения источника при наличии в ИСНН признаков внезапного нарушения изоляции, предположительно связанного с контактом человека или животного с питающим проводником. Также есть аппаратура, реализующая дифференциально–токовую защиту СНН при наличии в них тока утечки, причем как пульсирующего, так и постоянного, что связано с широким распространением «импульсных» вторичных источников питания, имеющих

своей структуре схему выпрямления переменного напряжения сети, в результате чего постоянная составляющая тока может возникнуть также и в сети переменного тока, к примеру, в результате пробоя выпрямленного напряжения встроенного вторичного источника (выпрямителя) на корпус электроустановки.

Электробезопасность вышеуказанной ИСНН обусловлена, прежде всего, ее изоляцией от земли. Появление тока утечки на любом из двух полюсов вызывает срабатывание реле контроля изоляции (РКИ), питающегося от первичной сети переменного тока. РКИ реализует сигнальную функцию – появление световой индикации, позволяющей распознать, на каком именно полюсе питающей сети возник ток утечки, а также отключение преобразователя напряжения, служащего источником в данной ИСНН. Наличие РКИ позволяет также предотвратить возгорание, которое может возникнуть в результате нарушения изоляции в ИСНН. Наличие дифференциальной защиты позволяет выявить утечку, потенциально представляющую опасность для человека и имеющую порядок нескольких десятков миллиампер (уставка – от 5 мА), и выявить этот ток на фоне тока нагрузки, который при мощности источника 3 кВт, может превышать 10 А.

ИСНН была реализована в лаборатории островных и прибрежных электроэнергетических систем ИМГиГ ДВО РАН летом 2025 г., и предназначена для исследования ИСНН на совместимость с бытовыми и офисными электроприемниками с целью комплексной оценки ИСНН постоянного тока с точки зрения электробезопасности и электромагнитной совместимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайнштейн, Р. А. Режимы заземления нейтрали в электрических системах : учебное пособие / Р. А. Вайнштейн, Н. В. Коломиец, В. В. Шестакова ; Томский политехнический университет Томск : Изд-во ТПУ, 2006.
2. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (в ред. Приказа Минтруда РФ от 29.04.2022 N 279н). Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. N 903н.
3. Grounding systems for power supply facilities. January 2017 MATEC Web of Conferences 141:01052. DOI:10.1051/mateconf/201714101052. License CC BY 4.0 – https://www.researchgate.net/publication/321750766_Grounding_systems_for_power_supply_facilities (дата обращения 30.09.2025).

УДК 551.326.7; 528.8

**Анализ межгодовой изменчивости площади ледяного покрова
Берингова моря за период с 1978 по 2024 гг.***Д.А. Ващенко, И.В. Никулина**Научный руководитель – В.М. Пищальник*

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
da.vashchenko22@gmail.com

Берингово море, соединённое с Чукотским морем через одноимённый пролив, представляет собой стратегически значимый компонент транспортной системы Российской Федерации. В географо-политическом отношении данная акватория выполняет функцию восточной границы Северного морского пути (далее СМП), юридически закреплённой в районе мыса Дежнёва. Центром портового обслуживания и обеспечения судоходства в восточном секторе СМП выступает бухта Провидения.

В условиях растущего интереса к Арктическому региону как зоне активного экономического и инфраструктурного развития наблюдается устойчивая тенденция к увеличению объёмов грузоперевозок по СМП, которые в 2023 году достигли рекордного уровня, превысив 36 млн тонн [Министерство транспорта ...]. Наряду с этим устойчивость функционирования данного маршрута во многом определяется ледовыми условиями окраинных морей Арктики и сопряжённых акваторий, в частности Берингова моря, которое, будучи окраинным морем северной части Тихого океана, выполняет функцию транзитной зоны, связывающей бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов.

В настоящем исследовании использованы спутниковые оценки площади морского льда за период с 1978 по 2024 гг., представленные в продукте Sea Ice Index, Version 3 Национального центра данных по снегу и льду (National Snow and Ice Data Center, NSIDC). Данный продукт основан на измерениях пассивных микроволновых радиометров (SMMR, SSM/I, SSMIS) и содержит согласованные пространственно-временные ряды, что обеспечивает сопоставимость данных на протяжении всего рассматриваемого периода [Sea Ice Index ..., 2023].

Анализ многолетней изменчивости площади морского ледяного покрова Берингового моря за период с 1978 по 2024 гг. выявил отрицательную тенденцию. Площадь сократилась на 23 % (79 тыс. км²) при среднем многолетнем значении 344 тыс. км². Межгодовая изменчивость характеризуется высокой амплитудой. Размах среднегодовых значений достигает 473 тыс. км², что указывает на существенную вариабельность ледовых условий в межгодовом масштабе.

Согласно данным спутникового мониторинга по унифицированным рядам набора данных «Sea Ice Index» Национального центра данных по снегу и льду, минимальная среднегодовая площадь ледяного покрова Берингового моря зафиксирована в ледовый сезон 2017–2018 гг. (92 тыс. км²). Формирование столь экстремальных условий было обусловлено преобладанием южных ветров, усиливавших адвекцию тёплых вод в акваторию моря и, как следствие, задерживавших становление и ослаблявших развитие ледяного покрова. Ано-

мальное смещение центра действия Алеутского минимума к северо-западу привело к перестройке атмосферной циркуляции и усилению притока тёплых воздушных масс в регион. Дополнительным фактором деградации ледяного покрова стали положительные аномалии температуры воздуха и поверхности моря. В зимний период среднемесячные значения температуры воздуха превышали климатическую норму на 10–15 °С, а температура поверхности моря на 1–2°С [Басюк, Зуенко, 2018].

В противоположность аномально тёплому и малоледовитому сезону 2017–2018 гг., в ледовый сезон 2011–2012 гг. площадь морского ледяного покрова Берингового моря достигла максимального за весь период наблюдений значения (565 тыс. км²). Аномально высокая ледовитость в этот сезон была обусловлена совокупным воздействием циркуляционных и термодинамических факторов регионального масштаба. Длительное преобладание устойчивого антициклона над Восточной Сибирью в сочетании с отрицательной фазой Арктической осцилляции усиливало меридиональный перенос холодных арктических воздушных масс, обеспечивая устойчиво отрицательные температуры воздуха в прибрежно-шельфовой зоне Берингового моря. Дополнительно отмечалось понижение температуры поверхности моря на 1–1,5°С относительно многолетней нормы, что интенсифицировало ледообразование. Преобладание северных и северо-восточных ветров усиливало дрейф льда через Берингов пролив с последующей его аккумуляцией в южной части акватории. В совокупности эти факторы обусловили рекордную площадь ледяного покрова и существенное запаздывание начала его весеннего разрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басюк Е.О., Зуенко Ю.И. Берингово море 2018 – экстремально малоледовитый и тёплый год // Известия ТИНРО. 2019. Т. 198. С. 119–142. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-198-119–142.
2. Министерство транспорта Российской Федерации – <https://mintrans.gov.ru/press-center/branch-news/4637> (дата обращения 27.05.2025).
3. Sea Ice Index. Version 3 [Электронный ресурс] // National Snow and Ice Data Center. Boulder, Colorado, USA, 2023. DOI: 10.7265/N5K072F8 (дата обращения 28.09.2025).

УДК 550.34.034

Опыт организации автономного пункта долгосрочных геофизических наблюдений с применением инновационных разработок**ИМГиГ ДВО РАН в условиях юга Сахалина**

*С.А. Гуляков¹, Д.В. Костылев^{1, 2}, И.П. Дудченко¹, Л.М. Богомолов¹,
Н.С. Стовбун¹, А.С. Закупин¹, С.А. Прытков¹, Н.Ф. Василенко¹,
А.И. Казаков¹, И.В. Шумилов¹,*

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

² Сахалинский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН»,

г. Южно-Сахалинск, Россия

gulyakov_97@mail.ru

Современные методы геофизических исследований земной коры основываются на данных о непрерывном состоянии геологической среды через изучение распространения физических полей в грунтовых средах. Для регистрации параметров физических полей используются геофизические приборы, размещенные на специально подготовленных регистрирующих пунктах. В зависимости от задач исследования применяются либо долгосрочные стационарные измерения, требующие строгого соблюдения стандартов монтажа для обеспечения высокой надежности данных, либо краткосрочные сессионные измерения, проводимые в сжатые сроки, часто в полевых условиях, с быстрой установкой оборудования без возможности создания капитальных конструкций, что может снижать качество данных из-за недостаточной стабилизации приборов, ограничений по калибровке и сложностей с обеспечением непрерывной работы в удаленных районах [Kearey et al., 2002].

Для эффективного изучения геофизических процессов в регионах с высокой сейсмической активностью, таких как Сахалинская область, необходима развитая сеть стационарных пунктов, обеспечивающих непрерывный и долгосрочный мониторинг. В Сахалинской области функционирует 23 сейсмических станции, 8 пунктов GNSS и 33 гидрометеорологические станции на площади 87 101 км². Для сравнения, на острове Хоккайдо (83 400 км²), обладающем схожими геологическими и сеймотектоническими характеристиками, функционирует более 240 сейсмических станций, 150 пунктов GNSS и 342 метеорологические станции [Japan Meteorological Agency ...; Geospatial Information Authority of Japan ...]. Это различие обусловлено рядом факторов: ограниченным финансированием для создания автономных пунктов (включая специализированные конструкции (постаментов, пилонов, матч, штанг и др.), оборудование и его обслуживание), недостаточной развитостью инфраструктуры в северных районах Сахалина (отсутствие сотовой связи и транспортной логистики), а также социально-экономическими вызовами, включая необходимость защиты оборудования от вандализма.

В условиях ограниченных ресурсов ключевая задача заключается в сохранении и расширении существующей сети наблюдений. Для этого требуется привлечение партнеров из научных учреждений и смежных организаций. Несмотря на указанные ограничения, стратегическое планирование и координа-

ция усилий двух научных организаций ИМГиГ ДВО РАН и СФ ФИЦ ЕГС РАН привело к тому, что в селе Колхозное (Невельский городской округ) в 2024 г. был создан уникальный пункт наблюдений, совмещающий в себе функции испытательного полигона для тестирования новых методов и оборудования в полевых условиях. На сегодняшний день на площадке осуществляется непрерывная регистрация сейсмических данных и электротеллурических потенциалов, а в ближайшее время планируется установка метеостанции с датчиками температуры, влажности, освещенности, скорости и направления ветра, станции GNSS, регистратора радона и газового анализатора. Расположение полигона в непосредственной близости к активному Западно-Сахалинскому разлому и локальным тектоническим структурам обеспечивает уникальные возможности для проведения экспериментов по электромагнитному зондированию земной коры с использованием мощных мобильных источников [Гуляков и др., 2025].

Получаемые данные способствуют разработке мер по снижению сейсмических рисков и углублению понимания тектонических процессов региона. Дальнейшее развитие пункта может служить моделью для других регионов с аналогичными вызовами, подчеркивая важность межинституционального сотрудничества и инновационных решений для укрепления научного потенциала и обеспечения безопасности территорий с высокой сейсмической активностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляков С.А., Стовбун Н.С., Костылева Н.В., Богомолов Л.М., Костылев Д.В., Дудченко И.П., Каменев П.А. Оценка возможного воздействия экспериментального источника электроимпульсов на сейсмический и сейсмоакустический шум в зоне Центрально-сахалинского разлома // Геодинамика и тектонофизика. 2025. Т. 16, № 2. 0818. DOI: 10.5800/GT-2025-16-2-0818.
2. Japan Meteorological Agency – https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/catalog/appendix/haichi/hokkai_e.html (дата обращения 12.09.2025)
3. Geospatial Information Authority of Japan – https://www.gsi.go.jp/ENGLISH/geonet_english.html (дата обращения 14.09.2025)
4. Kearey P., Brooks M., Hill I. An Introduction to Geophysical Exploration (3rd Ed.). Oxford: Blackwell Science, 2002. 262 p. DOI: 10.1017/S0016756803378021.

УДК 551.21

**Вулканическая активность на Курильских островах
в историческое время: анализ последствий извержений в XVIII-XXI вв.***А.В. Дегтерев*

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

Вулканические извержения входят в число наиболее разрушительных природных явлений. Согласно исследованию [Tanguya et al., 1998], с конца XVIII века по настоящее время в результате вулканической деятельности погибло приблизительно 220 000 человек по всему миру (голод и эпидемии, вызванные последствиями вулканической активности – 30,3%, пирокластические потоки и волны – 26,8%, лахары – 17,1% и вулканогенные цунами – 16,9%). Основными причинами гибели людей, как показывает статистика, являются не только непосредственные проявления извержений, но и их опосредованные последствия.

Курильские острова являются районом проявления современной активной вулканической деятельности: здесь расположено не менее 36 действующих и потенциально активных вулканов, с которыми за последние три столетия было связано более 150, различных по силе и типу, вулканических извержений: от слабых парогазовых выбросов, до мощных плинианских извержений. Исторические хроники содержат ряд документированных эпизодов, когда активность курильских вулканов сопровождалась человеческими жертвами и материальным ущербом. В рамках настоящего исследования осуществлен сбор и анализ всех доступных данных об извержениях на Курильских островах, приведших к подобным последствиям.

В 1778 г. при извержении влк. Райкоке (о. Райкоке, Северные Курилы) погибли 15 российских промышленников. После этого события на остров был послан сотник Секерин, что, как отметил Г.С. Горшков (1967), стало первой русской специальной вулканологической экспедицией. В середине XIX века (примерно в 185060-е годы) произошло извержение вулкана Синарка (о. Шираскотан, Северные Курилы), в результате которого возможно были уничтожены поселения айнов. При извержении вулкана Пик Севергина (о. Харимкотан, Северные Курилы) в 1933 г. произошло частичное обрушение постройки, которое образовало обломочную лавину, которая сошла в акваторию Тихого океана и вызвала образование волн цунами высотой до 20 м, что привело к гибели людей на островах Парамушир и Онекотан [Горшков, 1967].

В 1933 г. на о-ве Харимкотан было разрушено японское поселение, цунами, вызванные извержением, привели к гибели нескольких человек на соседних островах Онекотан и Парамушир [Горшков, 1967]. При извержении влк. Тятя в 1973 г. была повреждена пограничная застава на п-ове Ловцова (юг о-ва Кунашир). В пос. Южно-Курильск, расположенном в 60 км от вулкана, выпал вулканический пепел и была сильная паника среди населения. Такую же реакцию вызвало небольшая активизация влк. Иван Грозный на о-ве Итуруп в 1989 г.

В современную эпоху значительный ущерб связан с нарушением работы критической инфраструктуры, в частности, авиационного сообщения. В результате мощного эксплозивно-эффузивного извержения влк. Пик Сарычева (о. Матуа, Центральные Курилы) 11–17 июня 2009 г., было проведено 65 изменений маршрутов, 6 отклонений от курса, 2 возвращения в аэропорт отправления и 12 незапланированных посадок для дозаправки, что привело к дополнительным затратам авиаперевозчиков в размере 1,8 млн. долл. [Rybin et al., 2011]. Данный эпизод подчеркивает, что даже извержения в удаленных регионах могут иметь ощутимое экономическое воздействие в глобальном масштабе, диверсифицируя понятие вулканического риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
2. Rybin A., Chibisova M., Webley P., Steensen T., Izbekov P., Neal K., Realmuto V. Satellite and ground observations of the June 2009 eruption of Sarychev Peak volcano, Matua Island, Central Kuriles // *Bulletin of Volcanology*. 2011. V. 73, No. 4. P. 40–56. DOI: 10.1007/s00445-011-0481-0.
3. Tanguy J.C., Ribière C., Scarth A., Tjetjep W.S. Victims from volcanic eruptions: a revised database // *Bulletin of Volcanology*. 1998. V. 60, No. 2. P. 137–144.

УДК 551.24(571.65):551.78

Формирование геологической структуры о. Сахалин в кайнозое*В.А. Дегтярев, П.А. Каменев*

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

Структурообразующие процессы в Северо-Восточной Азии в целом и на острове Сахалин описываются геодинамической моделью верхнемантийной возвратной ячейки, которая подразумевает, что нижняя относительно холодная горизонтальная ветвь течет под континент вдоль переходной зоны между нижней и верхней мантией, а верхняя разогретая ветвь образует возвратный поток вещества под литосферой в сторону зоны субдукции [Кононов, Лобковский, 2019]. В результате создаваемых верхней ветвью сил вязкого сцепления, воздействующих на литосферные плиты, в тыловой зоне континента формируются области растяжения земной коры, наблюдаемые в структуре восточной окраины Азии.

В настоящее время на Сахалине продолжается сахалинская фаза складчатости и формирование Хоккайдо-Сахалинской системы правых сдвигов [Рождественский, 1976]. Попытки объяснить тектонические движения на Сахалине уже почти традиционно опираются на представления о расположении острова на границе Амурской и Охотской литосферных плит [Зоненшайн, Савостин, 1979].

Рассмотрение современных движений земной коры позволяет сделать вывод о том, что на современном этапе, геодинамика региона характеризуется вращением Охотской литосферной плиты против часовой стрелки [Schellart et al., 2002] и коллизии между Амурской и Охотской литосферными плитами, которая началась в конце плиоцена — начале четвертичного периода.

Вращение Охотской плиты против часовой стрелки, начавшееся в эоцене на фоне общего растяжения восточной окраины Азии и смещении коровых масс в юго-восточном направлении, обусловило развитие Хоккайдо-Сахалинской системы правых сдвигов в условиях трансензионного геодинамического режима, существовавшего на границе Амурской и Охотской плит. На основании корреляции времени начала развития крупных геологических структур Япономорского и Охотоморского регионов, а также происходивших в течение их развития важных геологических событий, время начала развития Хоккайдо-Сахалинской системы правых сдвигов оценивается нами как среднеэоценовое (~45 млн лет) с относительно коротким периодом интенсификации движений в раннем миоцене (~18–15 млн лет), соответствующим весьма непродолжительной фазе активного рифтогенеза в Японском море.

В позднем плиоцене на границе Амурской и Охотской плит произошло изменение трансензионного геодинамического режима на транспрессионный, что проявилось в начале сахалинской фазы складчатости (~3 млн лет назад), а также приостановке раскрытия Японского моря. Такие выводы достаточно уверенно коррелируют с началом быстрой фазы байкальского рифтогенеза, в результате которой скорость движения Амурской плиты в юго-восточном на-

правлении стала выше скорости движения Охотской плиты в том же направлении, что обусловило их коллизию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А. Введение в геодинамику. М.: Недра, 1979. 312 с.
2. Кононов М.В., Лобковский Л.И. Влияние верхнемантийной конвективной ячейки и связанной с ней субдукции Тихоокеанской плиты на тектонику Арктики в позднем мелу-кайнозое // Геотектоника. 2019. № 6. С. 27–45.
3. Рождественский В.С. О сдвиговых перемещениях вдоль зоны Тымь-Поронайского разлома на о. Сахалин // ДАН СССР. 1976. Т. 230. № 3. С. 678–680.
4. Schellart W.P., Jessell M.W., Lister G.S. Asymmetric deformation in the backarc region of the Kuril arc, northwest Pacific: New insights from analogue modeling // Tectonics. 2003. V. 22. № 5. P. 1047.

УДК 550.34; 550.311

**Структура земной коры в районе дельты р. Лена
по результатам сейсмической томографии***Л.Ю. Епонешникова¹, П.А. Дергач^{1, 2}*

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

² Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия
eponesh@gmail.com

Район дельты р. Лена находится в области сочленения Лено-Анабарского и Приверхоянского прогибов, наложенных на окраину Сибирского кратона, и Верхоянского складчато-надвигового комплекса. Кроме того, это один из немногих районов на Земле, где срединно-океанический спрединговый центр (хребет Гаккеля) переходит в зону континентального рифтогенеза [Верниковский и др., 2013; Drachev, 2016; Petrov et al., 2016; Khudoley et al., 2025]. Для района дельты р. Лена свойственна повышенная сейсмическая активность. Землетрясения многочисленны и в основном связаны с зонами Оленекского, Булкурского, Арынского, Терпейского и Сардахского разломов северо-западного простирания.

Для изучения глубинного строения земной коры и уточнения гипоцентров локальных сейсмических событий в районе дельты р. Лена использовался метод сейсмической томографии, который хорошо себя зарекомендовал при изучении коровых и литосферных структур [Koulakov, 2009]. В настоящей работе используются данные о локальной сейсмичности, зарегистрированные с помощью временной сети сейсмологических станций, состоящей из 10 основных сейсмологических пунктов. За периоды 2018–2021 и 2023–2024 гг. было зафиксировано более 600 локальных землетрясений с магнитудами до 4,5. В большинстве своем события попадают в пределы сейсмоактивной зоны, протягивающейся от залива Буор-Хая, через южную часть дельты р. Лена, к полуострову Таймыр.

Использование сейсмотомографической инверсии позволило уточнить положение эпицентров и гипоцентров зарегистрированных сейсмических событий [Деев и др., 2025]. Можно отметить, что наибольшее скопление эпицентров землетрясений находится в приустьевой части р. Лена и прилегающих северо-восточных отрогах кряжа Чекановского, Хараулахском и Приморском хребтах. Кроме этого, эпицентры землетрясений расположены между Быковской и Сардахской, Оленекской и Арынской протоками. Отдельные сейсмические события зафиксированы в северо-восточной части дельты р. Лена и по ее северной и восточной морской периферии. Гипоцентры в большинстве своем ограничены глубиной 30 км, при этом максимальное количество событий находится в интервале глубин 5–20 км. Таким образом, сейсмичными в регионе являются коровые структуры Верхоянского складчато-надвигового пояса и Южно-Лаптевского рифта.

Привлечение дополнительных данных позволило скорректировать ранее полученную скоростную модель района [Деев и др., 2025; Дергач и др., 2022].

Анализ полученных трехмерных распределений аномалий скоростей сейсмических волн после сейсмотомографической инверсии отчетливо указывает на наличие в вертикальном разрезе коры до глубины в 35 км двух четко различающихся по своим скоростным характеристикам слоев. Нижний слой, характеризуется пониженными значениями соотношения V_p/V_s . Он погружается с юго-запада на северо-восток до глубин 15–20 км и соответствует докембрийскому кристаллическому фундаменту Сибирского кратона. Сверху находится слой с повышенными значениями V_p/V_s , вероятно связанный со структурами Верхоянского складчато-надвигового пояса, надвинутыми на край Сибирского кратона, на которые наложены структуры Южно-Лаптевского рифта. Подавляющая часть гипоцентров землетрясений, зафиксированных локальными сейсмологическими сетями, находятся в пределах верхних 20 км слоя с пониженными значениями V_p/V_s , часто тяготея к его нижней части. Следовательно, они связаны с разломами Верхоянского складчато-надвигового пояса и Южно-Лаптевского рифта. При этом отдельные гипоцентры находятся в верхней части докембрийской коры Сибирского кратона.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-17-00237).

ЛИТЕРАТУРА

1. Верниковский В.А., Добрецов Н.Л., Метелкин Д.В., Матушкин Н.Ю., Кулаков И.Ю. Проблемы тектоники и тектонической эволюции Арктики // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 8. С. 1083–1107.
2. Деев Е.В., Дучков А.А., Епонешникова Л.Ю., Дергач П.А., Заплавнова А.А., Потопов В.В., Сафронов О.В., Понасенко С.Н., Туктаров Р.М., Шibaев С.В. Структура земной коры в районе дельты р. Лена: новые комплексные результаты геолого-геофизических исследований // Геология и Геофизика. 2025. Online First. DOI: 10.15372/GiG2025154.
3. Дергач П.А., Епонешникова Л.Ю., Понасенко С.Н., Картозия А.А., Гайсслер В.Х., Дучков А.А., Шibaев С.В., Зобнин Г.Ю. Построение сейсмотомографической модели района научно-исследовательской станции «Остров Самойловский» по данным локального сейсмологического мониторинга за 2019–2021 гг. // Геодинамика и тектонофизика. 2022. Т. 13, № 2s. 0627. DOI: 10.5800/GT-2022-13-2s-0627.
4. Drachev S.S. Fold belts and sedimentary basins of the Eurasian Arctic // *Arktos*. 2016. V. 2. Art. 21. DOI: 10.1007/s41063-015-0014-8.
5. Geissler W., Shibaev S., Krüger F., Baranov B., Haberland C., Tsukanov N., Ploetz A., Vollmer D., Pravkin S. Laptev Sea Rift Seismological Network (Siola) Part I. GFZ Data Services. Other/Seismic Network. 2020. DOI: 10.14470/307561738646.
6. Khudoley A.K., Frolov S.V., Akhmanov G.G., Bakay E.A., Drachev S.S., Egorov A.Yu., Ershova V.B., Korobova N.I., Shevchuk N.S., Rogov M.A. Anabar–Lena Composite Tectono-Sedimentary Element, northern East Siberia. In: Drachev S.S., Brekke H., Henriksen E., Moore T. (eds.) *Sedimentary Successions of the Arctic Region and their Hydrocarbon Prospectivity*. Geological Society, London, Memoirs. 2025. V. 57. DOI: 10.1144/M57-2021-29.
7. Koulakov I. LOTOS code for local earthquake tomographic inversion: Benchmarks for testing tomographic algorithms // *Bulletin of the Seismological Society of America*. 2009. V. 99, No. 1. P. 194–214. DOI: 10.1785/0120080013.
8. Petrov O., Morozov A., Shokalsky S., Kashubin S., Artemieva I.M., Sobolev N., Petrov E., Ernst R.E., Sergeev S., Smelror M. Crustal structure and tectonic model of the Arctic region // *Earth-Science Reviews*. 2016. V. 154. P. 29–71. DOI: 10.1016/j.earscirev.2015.11.013.

УДК 551.21; 550.42

Первые результаты гидрогеохимического мониторинга на грязевых вулканах Гладковский и Ольденбургского (Керченско-Таманский регион)*В.В. Ершов^{1, 2}, О.А. Никитенко^{1, 2}*¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия² Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

valery_ershov@mai.ru

Грязевой вулкан представляет собой открытую трехфазную реакционно-транспортную систему, включающую твёрдую, жидкую и газовую составляющие, которые сосуществуют и взаимодействуют в условиях повышенного пластового давления и направленного фильтрационно-конвективного потока. Каждая фаза несёт специфическую информацию о составе и происхождении источников грязевулканического вещества, путях миграции и протекающих физико-химических процессах. Твёрдая фаза (сопочная брекчия) по большей части фиксирует длительную историю формирования и деятельности грязевого вулкана; вторичные изменения обычно относительно невелики. При этом брекчия отличается выраженной текстурной и минералогической неоднородностью, что снижает репрезентативность разовой пробы. Состав газовой фазы варьирует на масштабах времени минуты–часы, т.е. отражает главным образом высокочастотную часть спектра грязевулканических процессов. Жидкая фаза представлена водно-солевыми растворами переменной минерализации с характерным ионным составом и широким спектром растворённых и коллоидно-связанных микроэлементов. По сравнению с газовой и твёрдой фазами она обеспечивает интегральную «запись» текущих процессов «порода–вода–газ», возможность строгого термодинамического и реакционного моделирования, воспроизводимую оценку состояния и динамики системы.

Гидрогеохимический мониторинг грязевых вулканов позволяет получать не только сведения о текущем состоянии водной фазы, но и выявлять геохимическую специфику отдельно взятого грязевого вулкана, а также определять функции отклика и коэффициенты чувствительности грязевулканической системы к внешним воздействиям, отделяя их от внутренней динамики системы. Для магматических вулканов к настоящему времени уже сложилась и институционально закреплена схема гидрогеохимического мониторинга, встроенная в инфраструктуру наблюдательных сетей вулканологических обсерваторий и согласованная с сейсмологическими и геодезическими данными [Aiurpa et al., 2025]. Для грязевых вулканов такой схемы пока нет. На сегодняшний день гидрогеохимический мониторинг грязевых вулканов представлен очень ограниченным набором методически разнородных наблюдений на отдельных объектах на Тайване [Chao, 2023], в Китае [Ma et al., 2022] и России [Ершов, 2017; Никитенко, Ершов, 2025]. Причем только в последнем случае – мониторинге на Южно-Сахалинском грязевом вулкане – были организованы наблюдения с одновременным выполнением следующих условий: детальность и комплексность работ, относительно высокая частота опробования, многоточечные эквидистантные временные ряды, единый и неизменный протокол по всем опробованным грифонам и сальзам. Это позволило установить, что химический состав вод достоверно различается между грифонами/сальзами, что обусловлено в основном разной их активностью. При этом Южно-Сахалинский грязевой вулкан характеризуется аномально высоким содержанием CO_2 (60–85 об. %), тогда как у большинства грязевых вулканов преобладает CH_4 (до 99 об. %). В связи с этим требуется проверка установленных гидрогеохимических закономерностей на вулканах с другим составом газовых выбросов.

В сентябре 2023 г. нами проведен гидрогеохимический мониторинг на грязевых вулканах Гладковский и Ольденбургского (Керченско-Таманский регион). У первого вулкана в газовой фазе доминирует CH_4 (до 92–95 об. %), тогда как у второго – име-

ется заметная доля CO_2 (5–10 об. %). Интервал между нашими опробованиями вулканов составлял несколько суток. Для мониторинга были выбраны морфологически однотипные грифоны/сальзы, имеющие разную активность. Перед каждым отбором проб выполнялась визуальная оценка активности всех грифонов/сальз, дополнявшаяся инструментальными измерениями дебита свободных газов. В лаборатории геохимии и региональной геологии ИМГиГ ДВО РАН центрифугированием из пробы выделялась водная компонента и проводились измерения pH, Eh, электропроводности. Методами высокоэффективной жидкостной хроматографии, титриметрии, спектрофотометрии определяли ионный состав (Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , Br^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}) и некоторые микрокомпоненты (B, Si). Часть проб после консервации ультрачистой концентрированной азотной кислотой направляли в ДВГИ ДВО РАН, где методами ICP-AES и ICP-MS проводилось определение концентраций широкого перечня микроэлементов. Для части проб в ГИН РАН методом лазерной спектроскопии исследовали изотопный состав (δD , $\delta^{18}\text{O}$). Наши первые результаты показывают, что макрокомпонентный состав грязевулканических вод статистически значимо различается в разных грифонах/сальзах одного и того же вулкана. Эти различия не являются случайными из-за каких-либо погрешностей отбора проб, пробоподготовки, химического анализа и т.п., а устойчиво воспроизводятся во времени. Они также не сводятся к процессам концентрирования (при испарении) и разбавления (при смешении с метеорными водами). В частности, для вулкана Гладковский отсутствует корреляция между содержанием макрокомпонентов и $\delta^{18}\text{O}$. Таким образом, впервые установлено и доказано наличие тонкой структуры гидрогеохимического режима грязевых вулканов. Это показывает необходимость углубленных геохимических исследований грязевых вулканов и поиска причин, определяющих различия состава флюидов в пределах одного вулкана. Установлено, что макрокомпонентный состав вод Гладковского вулкана коррелирует с активностью грифонов/сальз. Для макрокомпонентного состава вод вулкана Ольденбургского явной связи с активностью грифонов/сальз не просматриваются. Однако для этого вулкана можно говорить о следующей тенденции: для грифонов/сальз, активность которых сильно изменялась в период мониторинга, характерны повышенные вариации химического состава. Таким образом, на материале нескольких разнотипных вулканов показано, что грязевулканическая активность отражается в гидрогеохимических показателях. По нашим оценкам, вклад этого фактора в формирование химического состава грязевулканических вод составляет 10–30 %. Полученные результаты обосновывают принципиальную возможность объективной оценки состояния активности грязевого вулкана по гидрогеохимическим показателям. При этом необходимо особо отметить, что одни и те же показатели могут демонстрировать разное поведение на рассматриваемых вулканах. Данная интересная особенность пока не получила исчерпывающего объяснения и требует целенаправленного анализа.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 23-47-00035.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов В.В. К вопросу об изменчивости химического состава сопочных вод (на примере Южно-Сахалинского грязевого вулкана) // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 1. С. 80–88.
2. Никитенко О.А., Ершов В.В. Динамика химического состава вод Южно-Сахалинского грязевого вулкана (о. Сахалин) на стадии грифонно-сальзовой активности // Тихоокеанская геология. 2025. Т. 44, № 3. С. 90–106.
3. Aiuppa A., Caudron C., Chiodini G., Ingebritsen S., Viveiros F. Geochemical Monitoring of Volcanic Fluids in the Twenty-First Century // Modern Volcano Monitoring / Eds. Z. Spica, C. Caudron. Cham: Springer, 2025. С. 209–260. DOI: 10.1007/978-3-031-86841-2_8.
4. Chao H.-C. Water of Eastern Taiwan mud volcanoes: part II—trace element distribution of Lei-Gong-Huo mud volcano // Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences. 2023. V. 34. Art. 1. DOI: 10.1007/s44195-022-00033-z.
5. Ma X., Ma Y., Zhang L., Sajjad W., Xu W., Shao Y., Pinti D.L., Fan Q., Zheng G. Seasonal variations of geofluids from mud volcano systems in the Southern Junggar Basin, NW China // Sci. Total Environ. 2022. V. 844. Art. 157164. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157164.

УДК 551.435.3; 004.85

**Морфолитодинамическая классификация береговых профилей
на основе машинного обучения***А. И. Казаков¹, В.В. Афанасьев^{1, 2}*¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия² Сахалинский государственный университет г. Южно-Сахалинск, Россия
legn@inbox.ru

Прогноз эволюции морфогенетических систем береговой зоны является критически важной задачей для обеспечения безопасности инфраструктуры и устойчивого развития прибрежных территорий. Традиционным инструментом для такого прогноза являются детерминированные физико-математические модели, основанные на решении уравнений переноса наносов и сохранения массы [Леонтьев, 2014]. Однако их применение для больших территорий требует значительных вычислительных затрат и детальных входных данных, что зачастую затруднительно. В условиях наличия обширных массивов данных натурных наблюдений (цифровых моделей рельефа) актуальной задачей становится разработка методов их эффективного анализа для выявления проблемных зон и предварительной оценки рисков. Методы машинного обучения (ML) показывают высокую эффективность для решения задач морфодинамического моделирования [Baramiya et al., 2023].

В докладе представлены результаты разработки и апробации методики автоматизированной классификации береговых профилей по типу динамики на основе многолетних данных мониторинга с использованием методов машинного обучения. Исследование выполнено на примере морского фаса барьерной формы лагуны Чайво. Ключевыми задачами стали: выделение информативных морфометрических признаков, сравнение эффективности алгоритмов классификации, анализ пространственного распределения выявленных типов динамики и обсуждение возможностей использования результатов для планирования дальнейших детальных физико-математических исследований. Для решения задачи классификации были протестированы алгоритмы Random Forest, Gradient Boosting и Support Vector Machine (SVM) [Géron, 2019]. Данные были предварительно подготовлены: категориальные признаки закодированы, числовые – стандартизированы. Качество моделей оценивалось с помощью перекрестной проверки. Высокая точность классификации позволяет использовать полученные результаты для определения зон риска. Впоследствии именно для этих зон (составляющих относительно малую часть во всем объеме данных) целесообразно применять трудоемкое детерминированное физическое моделирование, например, модель CROSS-P [Леонтьев, 2014] для получения количественных прогнозов деформаций и проектирования инженерных мероприятий. Это позволяет кардинально сократить вычислительные затраты и сфокусировать усилия на

критически важных участках. Таким образом, разработана и успешно апробирована методика автоматизированной классификации береговых профилей по типу динамики на основе методов машинного обучения. Алгоритм Random Forest показал высокую эффективность (точность ~90%) для решения этой задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонтьев И.О. Морфодинамические процессы в береговой зоне моря. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 251 с.
2. Baramiya D., Lavrentiev M., Spigler R. Modelling and predicting coastal zone depth profile evolution: a survey // Communications in Applied and Industrial Mathematics. 2023. V. 14, No. 1. P. 50–61. DOI: 10.2478/caim-2023-0003.
3. Géron A. Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems (2nd Ed.). O'Reilly, 2019. 819 p.

УДК 551.2; 004.65

Веб-система мониторинга вулканической активности Курильских островов

А.И. Казаков, А.В. Дегтерев, М.В. Чибисова

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
legn@inbox.ru

Современный уровень информационных технологий предъявляет высокие требования к ИТ-продуктам: удобство, доступность, производительность, системность, адаптивный интерфейс. Существенные результаты в области интеграции вулканологических данных уже достигнуты в рамках информационной системы «Вулканы Курило-Камчатской островной дуги» (VOKKIA), разрабатываемой в ИВиС ДВО РАН [Романова и др., 2012]. Наша работа продолжает эти усилия, но с фокусом на Курильские острова и с использованием современных открытых технологий.

Исходя из требований информационной безопасности и курса на импортозамещение или свободное ПО, нами была спроектирована и частично реализована база данных по активным вулканам Курильских островов. Система реализована на основе современных веб-технологий с использованием СУБД PostgreSQL, PostGIS для хранения пространственных данных, FastAPI для бэкенда и Vue.js для фронтенда (рис. 1).

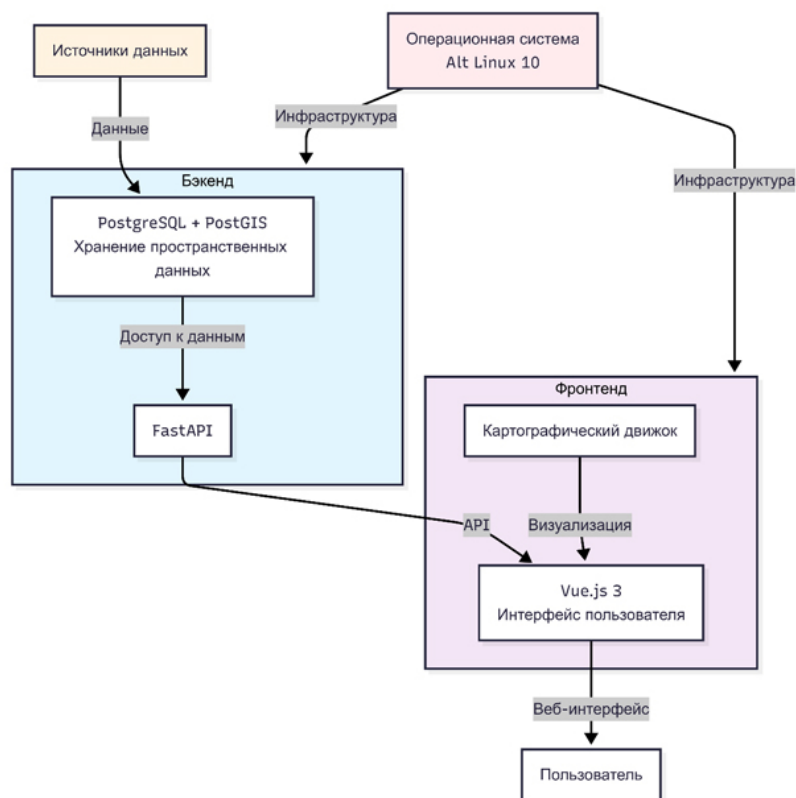


Рис. 1 Архитектура веб-системы

Разработанная система имеет модульную архитектуру, позволяющую сравнительно легко интегрировать новые источники данных и расширять функциональность. Система поддерживает два режима работы: онлайн с использованием актуальных данных из базы и офлайн с использованием кэшированных данных, что особенно важно для работы в условиях нестабильного интернет-соединения, например, на удаленных территориях. Реализована адаптивная верстка, обеспечивающая корректное отображение информации на различных устройствах — от настольных компьютеров до мобильных устройств.

Основные функциональные возможности системы включают:

- интерактивную карту вулканов с фильтрацией по статусу активности, типу и ряду других параметров;
- детальную информацию по каждому вулкану (геологическое строение, состав пород, история извержений и пр.);
- экспорт данных в форматах CSV и JSON.

Базовый функционал реализован и доступен через веб-интерфейс в локальной сети ИМГиГ ДВО РАН. В настоящее время выполняется внесение в базу данных подробной информации о вулканах. Введение системы в основной режим работы со свободным доступом через Интернет позволит улучшить доступ к актуальной и объективной информации о вулканической активности Курильских островов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романова И.М., Гирина О.А., Мелекесцев И.В., Максимов А.П. Информационная веб-система «Вулканы Курило-Камчатской островной дуги»: текущее состояние и перспективы развития // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2012. Вып. 19, № 1. С. 128–137.

УДК 551.435.3; 551.3.051

**Морфолитодинамика и карбоновый пул
эстуарно-лагунных илистых отложений***О.В. Кораблев¹, В.В. Афанасьев^{1, 2}*¹ Сахалинский государственный университет г. Южно-Сахалинск, Россия² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН г. Южно-Сахалинск, Россия
oleg.korablev.00@mail.ru

На территории природно-климатического проекта (ПКП) Сахалинского госуниверситета со второй половины 2022 года проводятся детальные исследования почв, ландшафтов и морфолитодинамики [Afanas'ev et al., 2024]. В докладе представлены результаты анализа собственно-эстуарно-лагунного осадконакопления, где наряду с углеродом, поглощаемым из атмосферы, происходит захоронение огромного количества углерода поставляемого в береговую зону речным и поверхностным стоком, а также размывом и абразией отложений суши. Хотя этот углеродный пул в настоящее время практически не рассматривается в контексте национальных кадастров, известно, что донные осадки и марши эстуарно-лагунных геосистем входят в число наиболее эффективных компонентов систем биосеквестрации на планете [Najjar et al., 2018; Ouyang, Lee, 2014; Spivak et al., 2019]. Бурение и опробывание осадков проводилось с использованием геослайзера, набора ручных буров Edelman Eijkelkamp и пробоотборника Multisampler Eijkelkamp. Максимальная глубина отбора 1 м, шаг отбора 5 см. Измерение координат точек отбора проб произведено методом RTK при помощи двухчастотных GNSS приемников South G6. Точность определения плановых/высотных отметок не хуже 2/3 см. Ноль высот принят местный на основе геоида EGM08. Плановые координаты так же приведены к местной системе координат основанной на WGS84 ITRF 2014. Измерение массовой концентрации углерода проведено на анализаторе углерода и азота Velp CN802 [Total..., 2023]. Пробоподготовка и собственно анализ содержания углерода осуществлялся строго по соответствующей методике. Разрезы и схемы (карты) концентрации углерода построены в ПО Golden Software Surfer. Регулярная сетка построена методом триангуляции с линейной интерполяцией. Далее сетки визуализированы в изолинии с шагом X для разрезов и Y для карт. Основным, результатом исследования на данном этапе является карта распределения $C_{орг}$ во всей толще отложений илистой осушки и формирующихся маршей. В результате проведенной работы установлены высокие темпы органогенного осадконакопления не только в областях автохтонного режима потоков органического вещества, но и в результате стока $C_{орг}$ с суши. Полученные значения содержания $C_{орг}$ в метровой толще илистых осадков существенно выше результатов опробования поверхностных слоев в закрытых и полужакрытых водных объектах. Для определения роли прибрежно-морской морфолитодинамики и трансформации илистых отложений в процессе их освоения галофитной растительностью планируется

продолжение детальных исследований на территории ПКП Сахалинского государственного университета, а также исследования толщ донных осадков в закрытых лагунных водоемах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Afanasev V.V., Demin V.V., Zavgorodnyaya Y.A. Organic Matter and Rate of Modern Carbon Accumulation in Marsh Soils of Southern Sakhalin Island // Processes in GeoMedia–Volume VIII. Singapore: Springer Nature Singapore, 2024. P. 329–337.
2. Najjar R.G., Herrmann M., Alexander R., Boyer E.W., Burdige D.J., Butman D., Zimmerman R.C. Carbon budget of tidal wetlands, estuaries, and shelf waters of Eastern North America // Global Biogeochemical Cycles. 2018. V. 32, No. 3. P. 389–416.
3. Ouyang X., Lee S.Y. Updated estimates of carbon accumulation rates in coastal marsh sediments // Biogeosciences. 2014. V. 11. P. 5057–5071.
4. Spivak A.C., Sanderman J., Bowen J.L., Canuel E.A., Hopkins C.S. Global-change controls on soil-carbon accumulation and loss in coastal vegetated ecosystems // Nature Geoscience. 2019. V. 12, No. 9. P. 685–692.
5. Total Carbon, Nitrogen and TOC Determination in reference soils and sediment samples – <https://www.velp.com/public/file/VELPApplicationNoteCNSoilSedimentWepalE-CN-001-2020A1FG-236218-236221.pdf> (дата обращения 22.10.2023).

УДК 551.555.4

Роль новоземельской боры в формировании турбулентных потоков тепла в Баренцевом море

В.С. Кошкина^{1, 2}, А.В. Гавриков¹

¹ Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

² Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), г. Долгопрудный, Россия
koshkina.vs@phystech.edu

Экстремальные турбулентные потоки явного и скрытого тепла играют ключевую роль в климатических исследованиях природных процессов в Арктике, особенно в зоне активного взаимодействия океана и атмосферы. Одним из таких процессов является новоземельская бора — сильный и холодный ветер, формирующийся при перетекании холодного воздуха с покрытого льдом Карского моря через горный хребет Новой Земли на относительно тёплое, свободное ото льда Баренцево море. Это приводит к резкому усилению ветра и интенсивному турбулентному обмену на поверхности океана. Таким образом, бора – это опасное природное явление, представляющее серьёзную угрозу для судоходства и морских нефтегазовых платформ в Баренцевом море. Стоит отметить, что подобные подветренные бури относятся к мезомасштабным процессам, которые полностью зависят от орографии. Несмотря на свою климатическую и практическую значимость, новоземельская бора плохо изучена из-за малого количества наблюдений и грубого разрешения современных атмосферных реанализов. В силу экстремальности данного явления, большинство исследований сосредоточены на высокоразрешающем моделировании отдельного события новоземельской боры [Шестакова, 2016; Ефимов, Комаровская, 2018; Ефимов, 2018] и не позволяют провести климатологическую оценку.

Этот пробел мы планируем заполнить в своей работе. Мы представляем оценку частоты и интенсивности новоземельской боры, ее вклада в поверхностные турбулентные потоки тепла в Баренцевом море и климатические тренды на основе долгосрочных данных и высокоразрешающего моделирования. Для анализа использованы три набора данных (табл. 1) и проведена валидация на основе натурных данных со станции Малые Кармакулы [Veselov, Priblyskaya, 2024].

Табл. 1 Сравнение характеристик данных реанализов ERA5, CARRA и численного моделирования WRF

Характеристика	ERA5	CARRA	WRF
Пространственное разрешение	31 км	2,5 км	3 км
Временное разрешение	1 час	3 часа	1 час
Период	1979-2025	1991-2025	2015-2023
Источник данных	[Hersbach et al., 2020]	[Yang et al., 2020]	[Skamarock et al., 2019]

Разработан критерий автоматического выявления боры, не зависящий от абсолютных пороговых значений и основанный на сравнении скорости прибрежного ветра в Баренцевом море и фонового потока на высоте 850 гПа в Кар-

ском море. Для анализа экстремальных потоков тепла применено модифицированное распределение Фишера–Типпетта (MFT), позволяющее корректно описывать хвосты распределений турбулентных потоков [Gulev, Belyaev, 2012].

Сравнение данных показало, что WRF и CARRA воспроизводят более высокие скорости ветра и более длительные события по сравнению с ERA5. Экстремальные значения (90-й перцентиль) в высокоразрешающих данных в 1,5 раза выше, чем в ERA5. Частота боры в WRF и CARRA – 26–29 событий в год, в ERA5 – около 21, что подтверждает недооценку мезомасштабных явлений в глобальных реанализах. Сезонный ход выражен чётко: максимум активности – в зимние месяцы (декабрь–февраль), минимум – летом. Наибольшие потоки явного и скрытого тепла наблюдаются в южной части Баренцева моря вблизи Новой Земли во время боры. Медианные и экстремальные (99-й перцентиль) значения потоков в дни боры значительно превышают фоновые.

Таким образом, показано, что новоземельская бора является важным фактором усиления поверхностных тепловых потоков в Баренцевом море. Её вклад особенно значим в зимний период, когда холодный воздух с материка и Карского моря взаимодействует с относительно тёплой поверхностью океана. Высокорастворимые модели (WRF, CARRA) демонстрируют более реалистичную структуру и интенсивность боры по сравнению с ERA5, что подчёркивает важность негидростатического моделирования и детальной ортографии для изучения мезомасштабных процессов. Однако все используемые данные хорошо согласуются на качественном уровне, что позволяет использовать долговременный ряд ERA5 для некоторых климатических оценок.

Разработанный метод идентификации боры, основанный на относительных характеристиках потока, применим для других регионов с аналогичными условиями (например, новороссийская и адриатическая бора, чинук в Северной Америке). Полученные результаты важны для улучшения параметризации поверхностных потоков в климатических моделях, прогнозировании экстремальных погодных процессов в Арктике, а также оценки рисков при проектировании морских платформ и траекторий судоходства.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ 24-27-00404.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов В.В. Новоземельская бора: механизмы формирования и сезонная изменчивость // Турбулентность, динамика атмосферы и климата. 2018. С. 183.
2. Ефимов В.В., Комаровская О.И. Новоземельская бора: анализ и численное моделирование // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2018. Т. 54, № 1. С. 83–96.
3. Шестакова А.А. Новоземельская бора: подветренные характеристики и структура набегающего потока // Арктика и Антарктика. 2016. № 2. С. 86–98.
4. Gulev S.K., Belyaev K. Probability distribution characteristics for surface air–sea turbulent heat fluxes over the global ocean // Journal of Climate. 2012. V. 25, No. 1. P. 184–206.
5. Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis // Quarterly journal of the royal meteorological society. 2020. V. 146, No. 730. P. 1999–2049.
6. Skamarock W.C. Klemp J.B., Dudhia J. et al. A description of the advanced research WRF version 4 // NCAR Technical Notes Collection. 2019. V 145, No. 10. 5065.
7. Veselov V.M., Priblyskaya I.R. Specialized arrays for climate research [Электронный ресурс] – <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (дата обращения 10.09.2025).
8. Yang X., Schyberg H., Palmason B. et al. Copernicus Arctic Regional Reanalysis (CARRA): Full system documentation [Электронный ресурс] – <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-carra-single-levels?tab=docon> (дата обращения: 01.11.2021).

УДК 551.435.7

Прибрежно-морской эоловый морфолитогенез*А.И. Левицкий¹, В.В. Афанасьев^{1, 2}*¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия² Сахалинский госуниверситет г. Южно-Сахалинск, Россия
santo1989@mail.ru

На основе развития понятия геоморфолитогенез и принципа «непрерывной изменчивости» формулируются основы теории эолового морфодиагенеза. Непрерывная изменчивость – это развитие рельефообразования, имеющее как постепенное (эволюционное), так и скачкообразное изменение структуры и связей геоморфологических систем и геоморфологической среды в целом. С этих позиций в докладе рассмотрен эоловый прибрежно-морской морфолитогенез.

Установлены основные причины формирования избытка наносов в береговой зоне, объясняющего эоловую аккумуляцию ближнего переноса, которую следует относить к категории собственно береговых процессов. Показано, что цикличность эолового рельефообразования на побережье связана с изменениями баланса наносов в береговой зоне, определяемыми, главным образом, колебаниями уровня моря [Afanasyev, 2020]. На участках побережья, характеризующихся большими объемами выноса обломочного материала с суши, развитие процессов эоловой аккумуляции связывается с понижением уровня моря. На побережье, где поступление наносов в береговую зону обеспечивается преимущественно морскими гидродинамическими процессами, эоловые отложения формируются в период усиления размыва при подъеме уровня моря. Мощные дюнные отложения сахалинского побережья Амурского лимана начали формироваться на аккумулятивных сегментах абразионно-аккумулятивных систем именно в начале второй фазы волновой аккумуляции (4615 ± 579 кал. л.н., ДВГУ-109). Некоторые современные формы эолово-прибрежной аккумуляции обязаны своим происхождением изменениям гидродинамической активности в последние несколько десятилетий при условии унаследованности этих процессов на участках развития. Это относится, в частности, к дюнам на побережье Сахалинского залива, Татарского пролива, северо-восточного Сахалина, Курильских островов, южного Приморья, западной Камчатки. Современные эоловые отложения наблюдаются здесь на отметках до +25 м, активно формируются авандюны высотой до 8–10 м. Высокой мобильностью песчаного материала объясняется также, в частности, наличие на побережье Японии эоловых отложений береговых линий раннего–среднего голоцена. На примере дюн океанского и морского побережий вулканических островодужных систем рассмотрен ранее практически не изученный тип эолового морфолитогенез, связанным с перекомпенсированным осадконакоплением на некоторых участках береговой зоны в результате волновой переработки больших объемов легко разрушаемой пирокластики при эксплозивных извержениях в неоплейстоцене и голоцене. Возраст таких дюн коррелирует с возрастом вулканических пемзово-тефро-

вых отложений и никак не связан с установленными периодами высокого, либо низкого стояния уровня моря [Afanas'ev, Levitsky, 2022]. Современные методы анализа геопространственной информации позволили соотнести параметры бюджета наносов береговой зоны и эолового морфолитогенеза в морфолитосистемах разного типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Afanasyev V.V. Morpholithodynamic processes and development of the coast of the contact zone of the subarctic and temperate seas of the North Pacific. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG FEB RAS, 2020. 234 p. DOI: 10.30730/978-5-6040621-8-0.2020-1.
2. Afanas'ev V.V., Levitsky A.I. Aeolian Moropholitogenesis on the Shores of the Northern Pacific // Processes in GeoMedia – Volume V. Springer Cham, 2022. P. 223–232. DOI: 10.1007/978-3-030-85851-3_25.

УДК 550.42

Геохимическая характеристика и генезис вод Южно-Сахалинского грязевого вулкана (о. Сахалин) по данным мониторинговых исследований*О.А. Никитенко^{1, 2}*¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия² Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

nikitenko.olga@list.ru

Грязевой вулканизм – это глобальное геологическое явление, распространенное в разломных зонах осадочных бассейнов подвижных поясов Земли. Грязевые вулканы обеспечивают фокусированные восходящие потоки подземных флюидов, состоящих из разжиженных осадочных пород (сопочной брекчии), воды и газов, к земной поверхности. Геохимические исследования отдельных фазовых компонентов, составляющих выбросы грязевых вулканов, позволяют получать информацию о составе и происхождении источников грязевулканического вещества. Такие сведения имеют важное значение при построении и обосновании гипотез образования грязевых вулканов. В частности, интерес к исследованию изотопных и химических показателей вод, разгружаемых грязевыми вулканами, во многом определяется существующими представлениями, что водная компонента флюида выступает одним из динамических факторов развития грязевулканических очагов. Очевидно, что репрезентативность гидрогеохимических данных является основополагающим критерием достоверности получаемых закономерностей. Воды грязевых вулканов из разных регионов мира имеют довольно схожие геохимические свойства. При этом сравнительный анализ химического и изотопного ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$) состава вод грязевых вулканов, расположенных не только в разных регионах, но и в пределах одной грязевулканической провинции, и даже в границах одного грязевого вулкана, демонстрирует определенные различия. Эти различия могут проявляться в величине общей минерализации и соотношении главных ионов, в степени обогащенности микроэлементами и тяжелыми изотопами водорода и кислорода. В некоторых случаях, как это показано на примере грязевых вулканов Азербайджана [Лаврушин и др., 2015], Керченского и Таманского п-ов [Лаврушин и др., 2022] и о. Тайвань [Chao H.-C. et al., 2013], воды одного грязевого вулкана по результатам нескольких опробований могут иметь существенные вариации компонентов химического состава и соответствовать разным гидрохимическим типам (рис. 1). Все это указывает на необходимость детальных геохимических исследований на одном грязевом вулкане, по результатам которых возможно получить представления о диапазонах и причинах изменчивости вещественного состава грязевулканических флюидов.

В основу настоящей работы положены результаты гидрогеохимического мониторинга, проведенного на Южно-Сахалинском грязевом вулкане в 2015–2016 гг. Исследования включали отбор проб водогрязевой смеси (для последующего отделения из нее водной компоненты) одновременно из нескольких одних и тех же грифонов через фиксированные интервалы времени (14 дней) в течение каждого полевого сезона (май–сентябрь). Для опробования выбрали грифоны, имеющие схожие морфологические характеристики, но разную активность. Пробоподготовка и большая часть химико-аналитических исследований грязевулканических вод проводились автором в ЦКП ИМГиГ ДВО РАН. Водная компонента из водогрязевой смеси отделялась с помощью центрифуги, затем

для полученных вод измерялись значения pH и удельной электрической проводимости. Для всех проб грязевулканических вод было выполнено определение концентраций Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Li^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Br^- методом ионной хроматографии, а также концентраций HCO_3^- и CO_3^{2-} титриметрическим методом. Для части проб грязевулканических вод дополнительно было выполнено определение изотопного состава ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$) и концентраций бора и кремния. Определение $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ проводилось в Ресурсном центре СПбГУ «Геомодель» и в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН. Концентрации бора и кремния были измерены фотометрическим методом в ЦКП ИМГиГ ДВО РАН и методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН.

По результатам проведенных исследований были получены представительные гидрогеохимические данные для Южно-Сахалинского вулкана в период грифонно-сольевой активности. Эти данные свидетельствуют о стабильной разгрузке из всех опробованных грифонов слабощелочных вод $\text{HCO}_3\text{--Cl--Na}$ типа с минерализацией до 25 г/л, обогащенных Li, B и $\delta^{18}\text{O}$. Несмотря на то, что на диаграмме Пайпера соответствующие фигуративные точки расположены компактно, для исследуемых вод характерна вариабельность определенных компонентов (прежде всего, HCO_3^- , Mg^{2+} , Na^+). Установленная вариабельность коррелирует с уровнем активности грифонов, т.е. интенсивностью разгрузки грязевулканических флюидов. Анализ собранных данных показывает, что формирование химического и изотопного ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$) состава вод Южно-Сахалинского вулкана происходит при участии седиментационных морских, дегидратационных и метеорных вод. Кроме того, наблюдаемая вариабельность геохимических показателей отражает динамичное состояние системы «вода–порода–газ», в которой происходит непрерывное перераспределение компонентов между фазами грязевулканического вещества.

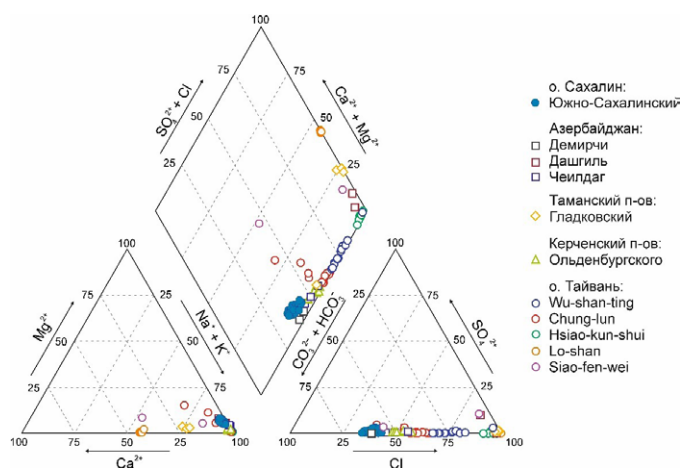


Рис. 1 Диаграмма Пайпера химического состава грязевулканических вод

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 23-47-00035.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаврушин В.Ю., Гулиев И.С., Киквадзе О.Е., Алиев А.А., Покровский Б.Г., Поляк Б.Г. Воды грязевых вулканов Азербайджана: изотопно-химические особенности и условия формирования // Литология и полезные ископаемые. 2015. № 1. С. 3–29. DOI: 10.7868/S0024497X15010036.
2. Лаврушин В.Ю., Айдаркожина А.С., Сокол Э.В., Челноков Г.А., Петров О.Л. Грязевулканические флюиды Керченско-Таманской области: геохимические реконструкции и региональные тренды. Сообщение 1. Геохимические особенности и генезис грязевулканических вод // Литология и полезные ископаемые. 2021. № 6. С. 485–512. DOI: 10.31857/S0024497X21060045.
3. Chao H.-C., You C.-F., Liu H.-C., Chung C.-H. The origin and migration of mud volcano fluids in Taiwan: Evidence from hydrogen, oxygen, and strontium isotopic compositions // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2013. V. 114. P. 29–51. DOI: 10.1016/j.gca.2013.03.035.

УДК 502.52

Анализ динамики штормовых выбросов макрофитов на побережье зал. Анива по данным подспутниковых наблюдений*И.В. Никулина^{1, 2}, Е.М. Латковская², И. В. Шумилов^{1, 2},
В.А. Романюк², Д.В. Зарубина², В.М. Пищальник^{1, 2}, Е.М. Губко²*¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия² Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия

i.nikulina@imgg.ru

Залив Анива имеет важное экономическое, транспортное и рыбохозяйственное значение, а также является перспективной акваторией для развития марикультуры. Здесь расположен один из карбоновых полигонов России, на котором проводятся исследования баланса парниковых газов, в том числе работы по оценке фоновых значений поглощающей способности CO_2 морскими экосистемами, включая эмиссию парниковых газов от штормовых выбросов макрофитов [Завьялов и др., 2023]. Накопление макрофитов на побережье влияет на баланс CO_2 в системе океан-атмосфера и океан-суша, перенос вещества между биотическими и абиотическими компонентами, являясь важным источником питательных веществ для экосистемы суши [Wickham et al, 2020]. В данной работе представлен анализ динамики выбросов макрофитов по данным полевых подспутниковых наблюдений, проводимых на участке побережья зал. Анива в 2024–2025 гг. от с. Третья Падь до р. Мерея Корсаковского района.

Мониторинг прибрежной зоны и регистрация событий штормовых выбросов макрофитов осуществлялись с помощью сети автономных фотокамер (фотоловушек). Камеры, оснащенные модулем GSM для передачи данных, были установлены в характерных локациях с частым образованием выбросов (рис. 1) и работали в режиме съемки с интервалом 1 кадр/час. Это позволило зафиксировать временные параметры и визуальную динамику всех событий выбросов, а также получить косвенную информацию о фазах прилива, отлива, волнении и температуре воздуха. Для количественной оценки последствий штормовых выбросов проводилась аэрофотосъемка побережья, по результатам которой вычислялись площади, занятые макрофитами. Видовой состав и биомасса выбросов определялись путем прямых измерений толщины валов и отбора проб.



Рис. 1 Слева представлен пример регистрации штормового выброса 17.08.25 г. (район Третьей Пади). Справа снимок с фотоловушки во время отлива в районе р. Мерея

Район исследования представляет собой береговую полосу шириной от 5 до 15 м с морской террасой, покрытой растительностью и примыкающей к склону. Уклон побережья не превышает 15 град., зона заплеска достигает наземной растительности. Побережье песчано-гравийного типа, встречаются берегозащитные сооружения: подпорные стены, габионы, бетонные валуны. После зоны заплеска отмечается абразионная платформа, которая затапливается во время прилива, а во время сизигийных отливов осушается. Макрофиты в этой зоне практически не

удерживаются и во время отливов выносятся за пределы клифа (рис. 1). На участке побережья от с. Третья Падь до реки Мерея, на глубинах от 1 до 8 м грунт представлен скальными грядами, на которых морские растения образуют сплошной пояс шириной от 20 до 1000 м [Щукина и др., 2003]. По данным инструментальных наблюдений (метеостанция Корсаков) и результатам моделирования для открытой части зал. Анива с апреля по сентябрь характерно преобладание ветров юго-западного направления, а с октября по март западного и северо-западного, при этом наибольшая повторяемость скорости ветра более 9 м/с наблюдается в период с октября по декабрь. Наиболее волноопасными направлениями в районе исследования являются юго-запад, юг и юго-восток [Мысленков и др., 2025].

Для всех зарегистрированных случаев штормовых выбросов характерны схожие процессы накопления и трансформации. Как правило, образуются две гряды штормовых выбросов макрофитов. Первая формируется на приливе один раз в сутки и, соответственно, один раз в сутки разрушается при отливе. Под воздействием волнения происходит сдвиг макрофитов выше по уклону, где он сохраняется в течение более длительного времени. Здесь происходит формирование основного вала выбросов, который разрушается во время штормов или трансформируется на побережье. Ширина полосы выброса может увеличиваться во время отлива в 2 раза, что способствует ускорению процесса трансформации. В летний период 2025 года дневная средняя температура составляла 25° С с максимумами выше 30° С, что сопровождалось быстрым высыханием макрофитов.

Штормовой выброс происходил при высоте волн от 0,8 м и более, при этом продолжительность штормового волнения составляла не менее 8 часов. При высоте волн более 1 метра (1,3–1,8 м) и длительности такого волнения более 15 часов регистрировался значительный объем выбросов макрофитов на большей части исследуемого побережья, проективное покрытие составляло от 40 до 80%. В видовом составе выбросов преобладала сахарина японская.

Мезомасштабные наблюдения позволили выделить предикторы, влияющие на скопление макрофитов вдоль береговой линии: зоны произрастаний макрофитов, гидрометеорологические условия, способствующие отрыву водорослей и переносу их на берег, а также физические характеристики береговой линии, задерживающие макрофиты. Подспутниковые и спутниковые наблюдения будут использованы для дальнейшего моделирования штормовых выбросов с применением искусственного интеллекта. Разработанная система многоуровневого мониторинга позволит автоматизировать наблюдения за штормовыми выбросами на побережье зал. Анива.

Исследование выполнено в рамках государственного задания СахГУ «Создание научных основ управления процессами поглощения и накопления углерода биоморфолитосистемами прибрежно-морских водно-болотных угодий и прилегающих морских акваторий (FEFF-2024-0004)» и государственного задания ИМГиГ ДВО РАН (FWWM-2024-0002).

ЛИТЕРАТУРА

1. Завьялов Р. В., Латковская Е. М., Карамышев В. В. и др. Оценка возможных объемов штормовых выбросов макрофитов на побережье зал. Анива (Охотское море) // Уральский научный вестник. 2023. Т. 6, № 7. С. 16–23.
2. Щукина Г.Ф., Галанин Д.А., Балконская Л.А. и др. Структура и распределение прибрежных донных сообществ залива Анива // Тр. СахНИРО Ю-Сах. 2003. Т. 5. С. 3–24.
3. Мысленков С.А., Пищальник В.М., Архипкин В.С., Латковская Е.М. Анализ ветрового волнения в заливе Анива по данным моделирования // Russian Journal of Earth Sciences. 2025. Т. 25. № 3. С. ES3012.
4. Wickham S.B., Shackelford N., Darimont C.T., Nijland W., Reshitnyk L.Y., Reynolds J.D., Starzomski B.M. Sea wrack delivery and accumulation on islands: factors that mediate marine nutrient permeability // Marine Ecology Progress Series. 2020. V. 635. P. 37–54.

УДК 551.24

Поле напряжений перед Камчатским землетрясением 30 (29) июля 2025 г.*А.Ю. Полец*

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
a.polec@mail.ru

30 июля в 11:24 по местному времени (29 июля в 23:24 по Гринвичу), в 150 км восточнее Петропавловска-Камчатского произошло сильнейшее за всю историю наблюдений землетрясение, моментная магнитуда – 8,7 [Global Centroid Moment Tensor Project <http://www.globalcmt.org>]. До этого в исследуемом регионе самым сильным считалось Камчатское землетрясение 5 ноября 1952 г, очаг располагался в 130 км от м. Шипунского, M 9,0. Землетрясению 30(29) июля 2025 года предшествовало 50 землетрясений с магнитудой более 5,0, включая землетрясение с магнитудой M_w 7,4 20 июля 2025 года и три землетрясения с магнитудой 6,6. Прогноз сильнейшего ($M_w \geq 7,7$) землетрясения на Камчатке в районе Авачинского залива, давался ранее в работах [Федотов и др., 2017; Федотов и др., 2019; Гаврилов и др., 2023].

В 2015 г. согласно [Чебров и др., 2021] уровень сейсмичности в целом по региону соответствовал фоновому, аномальных и выдающихся событий отмечено не было. Повышение сейсмичности для каталога Камчатки и Командорских островов отмечено в работе [Чебров и др., 2023] число зафиксированных событий в 2018–2019 гг. с $ML \geq 3,5$ ($KS \geq 8,5$) и сильных землетрясений с $ML \geq 5,0$ ($KS \geq 11,5$) превышало среднегодовое значение в полтора раза. Наибольший вклад от среднегодовых значений внесли две зоны сейсмичности: Тихий океан и Залив Шелихова. Произошедшее в 2018 г. землетрясение Углового поднятия привело к превышению среднегодовой выделившейся сейсмической энергии для зоны Тихий океан более чем на два порядка.

Землетрясению 30(29) июля 2025 года, M_w 8,7 предшествовало сильное землетрясение 17(18).08.2024 г. эпицентр этого события располагался у восточных берегов полуострова в 113 км от Петропавловска-Камчатского. Магнитуда землетрясения составила 7,0.

Для реконструкции параметров современного поля напряжений тихоокеанского побережья Камчатки применялся метод катакластического анализа разрывных нарушений [Ребецкий, 2007]. Метод состоит из нескольких этапов. Алгоритм метода, подобен алгоритмам в методах [Gephart, Forsyth, 1984; Michael, 1984; Angelier, 1984]. В качестве исходных данных использовались данные о механизмах очагов землетрясений. Реконструкция была выполнена за временной интервал с 2015 по 2025 гг. Обработка исходных сейсмологических данных производилась для трех глубинных интервалов 0–30, 30–60, 60–120 км.

Результаты реконструкции показывают, в исследуемом регионе, как и для большинства зон субдукции проекции осей максимального девиаторного сжатия σ_3 и растяжения σ_1 ориентированы ортогонально простиранию Курильского желоба, с погружением под океаническую плиту оси сжатия и под континентальную плиту оси растяжения. Ось промежуточного главного напряжения σ_2 направлена вдоль простирания Курильского желоба.

Данные о взаимосвязи ориентации главных осей напряжений с вектором на зенит позволяют осуществлять районирование по типам напряженного состояния (геодинамический режим). На глубинах 30–60 км отмечается практически повсеместное наличие обстановки горизонтального сжатия км. На глубинах 0–30 км, 30–60 км в месте сочленения Алеутской дуги с Курило-Камчатским сегментом, важным элементом поля напряжений является смена ориентации погружения осей максимального девиаторного сжатия и растяжения. Обстановка горизонтального сжатия сменяется на обстановку горизонтального сдвига.

По результатам анализа современного напряженного состояния выделены сеймотектонические области различного деформационного режима. Область подготовки сильного землетрясения 30(29) июля 2025 года, Mw 8,7 соответствует горизонтальному сжатию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов В.А., Морозова Ю.В., Дещеревский А.В., Бусс Ю.Ю., Пантелеев И.А. Отражение процесса подготовки сильного близкого Жупановского землетрясения (30.01.2016 г., Mw=7.2, Re=107 км) в данных комплексных скважинных измерений на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне // Геодинамика и тектонофизика. 2023. Т. 14, № 6. DOI: 10.5800/GT-2023-14-6-0732.
2. Ребецкий Ю.Л. Тектонические напряжения и прочность природных горных массивов. М.: Академкнига, 2007. 406 с.
3. Федотов С.А., Соломатин А.В. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на IV 2016 – III 2021 гг., его развитие и применение; особенности сейсмичности Курило-Камчатской дуги после глубокого Охотоморского землетрясения 24.V.2013 г., M 8.3 // Вулканология и сейсмология. 2017. № 3 С. 3–21.
4. Федотов С.А., Соломатин А.В., Кирюхин А.В Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на VI 2019 – V 2024 гг., свойства предшествующей сейсмичности в I 2017 – V 2019 гг. // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России: труды VII Всероссийской научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский: КФ ФИЦ ЕГС РАН. 2019. С. 345–349.
5. Чебров Д.В., Салтыков В.А., Матвеев Е.А., Дрознина С.Я., Ромашева Е.И., Митюшкина С.В., Абубакиров И.Р., Павлов В.М. Сейсмичность Камчатки и Командорских островов в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. 2021. Вып. 24 (2015 г.). С. 153–163.
6. Чебров Д.В., Матвеев Е.А., Ромашева Е.И., Салтыков В.А., Абубакиров И.Р., Дрознина С.Я., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Раевская А.А. Сейсмичность Камчатки и Командорских островов в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. 2023. Вып. 26 (2018–2019 гг.). С. 171–184.
7. Angelier J. Tectonic analysis of fault slip data sets // Journal of Geophysical Research. 1984. V. 89, No. B7. P. 5835–5848.
8. Gephart J.W., Forsyth D.W. An improved method for determining the regional stress tensor using earthquake focal mechanism data: application to the San Fernando earthquake sequence // Journal of Geophysical Research. 1984. V.89, No. B11. P. 9305–9320.
9. Michael A.J. Determination of stress from slip data: fault and folds // Journal of Geophysical Research. 1984. V.89, No B13. P. 11517–11526.

УДК 551.467.312; 551.583.1

**Особенности межгодовой и внутрисезонной изменчивости ледовитости
Охотского моря за период 1979-2024 гг.**

*В.А. Романюк^{1, 2}, И.В. Шумилов^{1, 2}, В.М. Пищальник^{1, 2},
Д.В. Зарубина², И.В. Никулина²*

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

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
varomanyuk2020@gmail.com

Морской лед выступает важным индикатором климатических изменений, чутко реагирующим на колебания термического состояния системы океан–атмосфера. В условиях наблюдаемого глобального потепления, темпы которого в Арктике значительно превышают глобальное, актуальным является исследование изменчивости ледовитости замерзающих морей, к которым относится Охотское море, характеризующееся одним из самых мощных сезонных ледяных покровов в мире. Настоящее исследование развивает предыдущие работы по районированию ледяного покрова [Минервин и др., 2015] и анализу его аномалий, опираясь на однородный ряд спутниковых наблюдений, ставших ключевым инструментом мониторинга с 1979 года.

Исследование выполнено с использованием разработанного авторами программного комплекса «Ice Data Processing» и данных цветочкокодированных карт-схем ледяного покрова, предоставляемых Японским метеорологическим агентством. Ледовитость рассчитывалась в процентах от площади акватории моря в границах, утвержденных ГУНИО МО РФ. Для анализа использовались ряды средней (декабрь–май) и максимальной за сезон ледовитости, аномалии которых вычислялись относительно климатической нормы 1991-2020 гг. Применялись методы статистического и спектрального (быстрое преобразование Фурье) анализа.

Результаты анализа выявили статистически значимые нисходящие тренды для обоих параметров. Установлено, что средняя сезонная ледовитость уменьшалась со скоростью 3,5% за 10 лет, а максимальная – с еще большей скоростью 4,0% за 10 лет. В целом, за период наблюдений средняя ледовитость сократилась на 16%. Выявлена очень сильная положительная корреляция между рядами средних и максимальных значений ($r = 0,89$), что указывает на положительную взаимосвязь и свидетельствует о том, что изменения средних и максимальных значений ледовитости происходят согласованно и обусловлены общими факторами. В многолетней динамике ледовитости Охотского моря выделяются два экстремума: абсолютный максимум в 2001 году и рекордный минимум в 2015 году (рис. 1). Эти аномалии были вызваны различными синоптическими условиями: усиленным выносом холода в 2001 году и аномальной адвекцией тепла в 2015 году, что демонстрирует высокую зависимость ледового покрова от атмосферных процессов.

На основе анализа аномалий относительно современной климатической нормы выделены два качественно различных периода: период повышенной ледовитости (1979–2004 гг.) со средним значением 44,4% и отрицательным трендом -2,4%/10 лет, и период пониженной ледовитости (2005–2024 гг.) со средним значением 34,8%, для которого характерно резкое замедление темпов снижения (-0,2%/10 лет), что противоречит ускоряющемуся сокращению льда в Арктике (рис. 2). Спектральный анализ ряда среднегодовой ледовитости выявил наличие значимых периодичностей (~23; 6,6; 4,6; 3,1; 2,6; 2,2 года), согласующихся с временными масштабами глобальных и региональных климатических колебаний (цикл Хейла, Эль-Ниньо, Северо-Тихоокеанская осцилляция).

Анализ внутрисезонной изменчивости ледовитости Охотского моря, выявил существенную трансформацию ледового режима. Несмотря на сохранение общей трехфазной структуры сезонного цикла (интенсивное ледообразование, максимальное развитие, разрушение), отмечено неравномерное сокращение ледовитости по месяцам. Наиболее значительное снижение (на 13,7%) зафиксировано в апреле, что свидетельствует об интенсификации процессов весеннего разрушения ледяного покрова. Анализ скорости изменения ледовитости показал смещение даты перехода от накопления льда к его таянию на 10 дней в сторону более ранних сроков - с 15-20 марта в период 1979-2004 гг. на 5-10 марта в период 2005-2024 гг. Также установлено смещение пика скорости ледообразования на более поздние сроки (с 5-10 декабря на 15-20 декабря) при одновременном снижении его максимального значения с 7,7% до 5,2%.

Таким образом, проведенное исследование позволило определить и количественно оценить изменения ледового режима Охотского моря за последние 45 лет, выражающиеся в статистически значимом сокращении площади ледяного покрова, изменении его внутрисезонной динамики и сдвиге ледовых фаз. Выявленные закономерности и периодичности необходимы для верификации и совершенствования климатических моделей и прогнозирования ледовых условий в регионе.

Исследование выполнялось и финансировалось в рамках государственного задания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (FWWM 2024 0002) и государственного задания Сахалинского государственного университета «Создание научных основ управления процессами поглощения и накопления углерода биоморфолитосистемами прибрежно-морских водно-болотных угодий и прилегающих морских акваторий (FEFF 2024 0004)».

ЛИТЕРАТУРА

1. Минервин И.Г., Романюк В.А., Пищальник В.М., Трусков П.А., Покрашенко С.А. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей // Вестник РАН, 2015. Т. 85, № 3. С. 209–217.

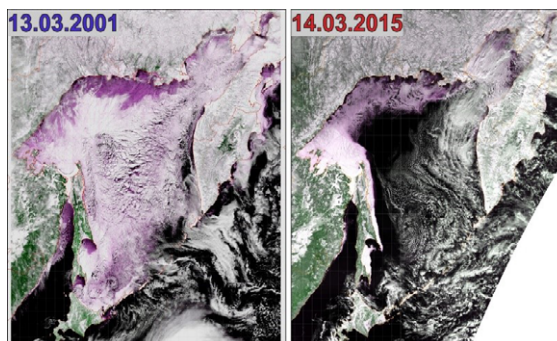


Рис. 1 Спутниковые снимки ледяного покрова с максимальным (слева) и минимальным (справа) развитием ледовитости в Охотском море

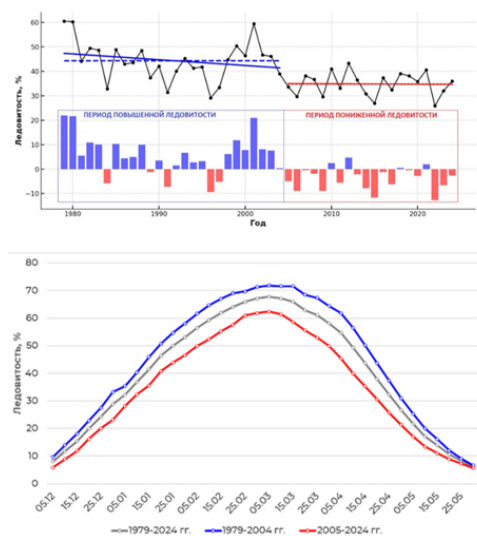


Рис. 2 Межгодовая и внутрисезонная изменчивость средней за сезон ледовитости и её аномалий относительно периода 1991–2020 гг.

УДК 551.21

**Методика реконструкции палеовулканических построек Курил:
поиск рациональных решений для моделирования***Ф.А. Романюк*

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
f.romanuk@imgg.ru

Одной из наиболее сложных задач при реконструкции крупнейших палеовулканических событий, к числу которых относятся также кальдерообразующие извержения, их характера и масштабов является выбор методики расчета объемов изверженных продуктов и количественной оценки сопутствующей трансформации облика вулканической постройки. На сегодняшний день существуют методики совокупного анализа мощности эруптивных отложений на разном удалении от вулкана и геолого-геофизических данных, на основе которых строятся довольно точные модели, хорошо описывающие эволюцию эруптивного центра. Точных количественных данных для большинства вулканов Курил в силу их удаленности и труднодоступности нет, оценка их текущего состояния и анализ морфологии в основном возможны лишь по данным ДЗЗ. Кроме того, нередко практически невозможно привязать конкретные отложения к определенному эруптивному центру в силу схожести химизма продуктов, близкого расположения и идентичности гранулометрических фракций и иногда хронологически пересекающейся деятельности. Таким образом, становится очевидным невозможность использовать известные в науке методики расчета параметров вулканических построек и приведших к их трансформации событий [Делемень и др., 2004; Karatson et al., 2010; Bossis et al., 2023 и др.] по причине недостаточного объема данных для их выполнения. В свете необходимости проведения таких расчетов, с учетом доступного объема данных опробывания пород, геологических описаний и результатов анализа сложения почвенно-пирокластических чехлов, в настоящем исследовании предложен подход, основанный на реконструкции облика и объемов относительно правильных конусообразных вулканических построек при анализе полиномиальных квадратных функций аппроксимации набора данных о высотах профилей неразрушенных склонов. Методика была успешно опробована на ряде вулканов Камчатки и Курил, к числу которых относятся Ключевской, Кроноцкий (Камчатка), Алаид, Фусса (Северные Курилы) и др. Данная функция является оптимальным выбором по причине ее хорошей объясняющей и прогнозной способности при анализе данных, характеризующихся, как в случае с данными высот профиля постройки, плавными флуктуациями. Рассматривается вопрос о применимости методики для реконструкции ряда объектов на Курилах как необходимый и вместе с тем доступный дополнительный инструмент изучения истории эруптивной деятельности в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Делемень И.Ф., Уткин И.С., Уткина Л.И., Мельников Д.В., Жданова О.К. Анализ образующей вулканического конуса для выявления ослабленных секторов постройки (на примере Корякского вулкана, Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. 2004. № 4. С. 90–108.
2. Bossis R., Regard V., Carretier S. Initial shape reconstruction of a volcanic island as a tool for quantifying long-term coastal erosion: the case of Corvo Island (Azores) // Earth Surface Dynamics. 2023. V. 11, No. 3. P. 529–545. DOI: 10.5194/esurf-11-529-2023.
3. Karatson D., Favalli M., Tarquini S., Fornaciai A., Wörner G. The regular shape of strato-volcanoes: A DEM-based morphometrical approach // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2010. V. 193, No. 3–4. P. 171–181. DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2010.03.012.

УДК 551.21

**Вулкан Баранского (о. Итуруп, Южные Курилы):
результаты мониторинга газогидротермальной деятельности в 21-м веке**

Ф.А. Романюк

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
f.romanuk@imgg.ru

Действующий вулкан Баранского (абс. выс. – 1 125 м) расположен в пределах хребта Грозный, трассирующего центральную часть о. Итуруп (Южные Курилы). В историческое время он не отличался высокой активностью – известно лишь одно слабое (VEI 1) фреатическое извержение, происходившее летом 1951 г. (по информации от местных жителей [Горшков, 1967], поэтому в настоящее время вулкан не воспринимается как объект повышенной опасности. Между тем, всего 350–400 лет назад на вулкане произошло сильное эксплозивно-эффузивное извержение [Биндеман, 1997], в результате которого был сформирован вершинный экструзивный купол и лавовый поток. Извержение сопровождалось выбросом тефры и баллистического материала, сходом обломочных лавин. В зону вулканической опасности попадала в том числе территория современной рекреационной зоны р. Кипящей, которая является одним из самых популярных мест Итурупа, посещаемых туристами и местными жителями практически круглый год.

В настоящее время в непосредственной близости от вулкана находится большинство населенных пунктов и объектов инфраструктуры Курильского административного района. В случае активизации вулкана их территория потенциально будет подвержена опасности.

Отсутствие технических средств контроля вулканической активности (сейсмостанции, наклономеры, газоанализаторы и пр.), позволяющих заблаговременно отследить изменения параметров геофизических полей, указывающих на возможную активизацию, делает проблему вулканоопасности еще более актуальной. В этой связи важные любые данные, позволяющие оценить текущую активность и ее возможные изменения.

В настоящем исследовании представлены первые данные тепловизионной съемки основных зон термальной разгрузки вулкана Баранского за 2025 год с целью оценки текущего состояния гидротермальной активности, проведен сравнительный анализ с данными параллельных контактных измерений, а также выполненных ранее [Жарков, 2014; Романюк, Кордюков, 2019]. Показано, что поствулканическая активность на трех участках разгрузки газогидротерм (Верхнее сольфатарное поле, Старозаводское фумарольное поле, источники долины р. Кипящая) несколько усилилась: возросли температуры наиболее активных терм, их дебит парагаза. Аналогичный вывод по данным геохимии вод был сделан ранее авторами [Калачева и др., 2022]. Сделана попытка привлечь внимание к необходимости проведения регулярных мониторинговых исследований вулкана, т. к. отсутствие существенных проявлений эруптивной активности на протяжении исторического времени создает лож-

ную иллюзию ее низкой вероятности в будущем – очередным свидетельством этого является недавнее извержение влк. Крашенинникова, не проявлявшего активность более 500 лет [Гирина и др., 2025].

ЛИТЕРАТУРА

1. Биндеман И.Н. Периодическое смещение магм с кумулятами как механизм циклической эволюции вулкана Баранского (о. Итуруп, Курильские острова) // Геохимия. 1997. № 4. С. 380–390.
2. Гирина О.А., Мельников Д.В., Романова И.М., Маневич А.Г., Крашенинникова Ю.С., Сорокин А.А., Крамарева Л.С., Марченков В.В. Первое историческое извержение вулкана Крашенинникова (Камчатка) в 2025 г. по данным спутникового мониторинга в информационной системе VolSatView // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22, № 4. С. 397–404. DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-4-397-404.
3. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 287 с.
4. Жарков Р.В. Термальные источники Южных Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2014. 378 с.
5. Калачева Е.Г., Таран Ю.А., Котенко Т.А., Волошина Е.В., Эрдниева Д.М. Ультракислые сульфатно-хлоридные воды вулкана Баранского (о. Итуруп, Курильские о-ва). Состав и вынос магматических и породообразующих компонентов // Вулканология и сейсмология. 2022. № 5. С. 31–48. DOI: 10.31857/S0203030622050054.
6. Романюк Ф.А., Кордюков А.В. Влияние поствулканической активности и техногенной нагрузки на формирование растительности Старозаводского сольфатарного поля (влк. Баранского, о. Итуруп) // Проблемы региональной экологии. 2019. № 6. С. 11–20. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-18011.

УДК 550.343; 550.370

Периодические вариации в данных вертикальной компоненты электротеллурического поля на Сахалине

Н.С. Стовбун, А.С. Закупин, Л.М. Богомолов, А.С. Гуляков, И.П. Дудченко

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
n1kolay19971997@yandex.ru

Учет низкочастотных вариаций в геофизических измерениях (электромагнитных, сейсмических, эманаций газов и аналогичных) имеет ключевое значение при анализе данных, поскольку эти вариации часто отражают влияние внешних периодических факторов, таких как лунно-солнечные приливы, атмосферные вариации, сезонные изменения и даже антропогенные факторы. Это особенно актуально вблизи сейсмогенерирующих разломных зон, где они могут изменять напряжения в земной коре, влияя на сейсмическую активность [Адушкин, Спивак, 2014]. В этой связи представляет интерес анализ периодических вариаций в данных вертикальной компоненты электротеллурического поля (ЭТП) на Сахалине.

Непрерывный мониторинг ЭТП в ИМГиГ ДВО РАН (г. Южно-Сахалинск) проводится на двух станциях, первая из которых была запущена в январе 2024 года на территории Института. Вторая станция была запущена в декабре 2024 г. в с. Колхозное (Невельский городской округ). Вертикальная составляющая ЭТП измеряется как разность потенциалов между металлическими пластинами размером 50х50 см, расположенными в грунте одна над другой (0.5 м между пластинами) на глубине около 2 м [Стовбун и др., 2025]. На территории института установлены две системы пластин на расстоянии 10 м друг от друга, что позволяет проводить параллельные измерения для повышения надежности данных и выявления локальных аномалий. Станция в с. Колхозное имеет идентичную систему измерений, при этом дополнительно оснащена цилиндрическими свинцовыми датчиками, расположенными параллельно с системами пластин, для сравнительного анализа различных типов сенсоров и оценки их чувствительности к внешним помехам. В качестве регистратора на двух станциях используется аналого-цифровой преобразователь «ADAM-4017», который подключен к главному компьютеру по интерфейсу RS-485, обеспечивая стабильную передачу данных в реальном времени. Расстояние между станциями составляет 75 км, при этом станция в Южно-Сахалинске находится в 25 км от побережья, а станция в с. Колхозное – и в 4 км, что делает их идеальными для изучения градиентов, связанных с океаническими приливами и атмосферными влияниями.

Исходные данные, полученные за несколько лет, имеют размер (до 30 ГБ) не позволяющий напрямую загрузить их в оперативную память компьютера из-за аппаратных ограничений. Поэтому перед вычислением характерных периодов в данных ЭТП, они были подвергнуты предобработке. Использовались программные возможности языка C++ и программного пакета «Origin Pro 2024». Для заполнения пропусков в данных использовалась линейная интерполяция, которая позволяет минимизировать искажения в низкочастотных компонентах,

сохраняя общую структуру сигнала. Данные обрабатывались фильтром низких частот FFT с частотой среза 1 Гц. Далее производилась децимация до 1 Гц, снижая объем данных без потери информации в интересующих полосах частот. В результате были получены отдельные файлы для каждой станции с возможностью анализировать данные в полосе частот 0.5 Гц. С целью выявления низкочастотных изменений в данных использовалось быстрое преобразование Фурье, которое позволяет разложить сигнал на спектральные компоненты и идентифицировать доминирующие периоды. На рисунке 1 представлен пример выявления периодов в данных ЭТП станции Южно-Сахалинск, где представлены амплитуды частотных компонент за период измерений. В данных четко выделяются суточные, недельные, месячные тренды. Дополнительно были изучены периоды в полосе частот 0.5-5 Гц для выявления более высокочастотных изменений, но только для различных периодов длительностью 4-5 месяцев, так как обрабатывались не децимированные данные, требующие значительных вычислительных ресурсов.

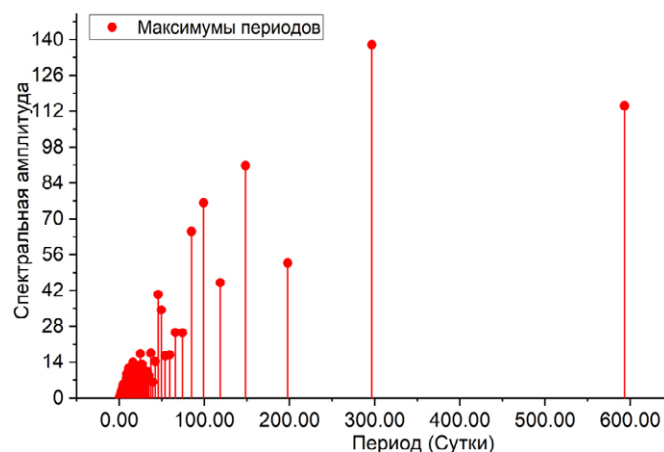


Рис. 1 График амплитуд частотных компонент данных ЭТП за весь период измерений

В работе представлены результаты анализа данных по двум станциям с 01.01.2024 по 31.07.2025. Были выявлены характерные периодические вариации в вертикальной компоненте ЭТП, которые демонстрируют зависимость от внешних геодинамических и атмосферных факторов. Сравнение сигналов между станциями, расположенными на разных расстояниях от побережья, позволило идентифицировать пространственные неоднородности в распределении этих вариаций, что может быть обусловлено близостью к океаническим приливным фронтам и различиями в грунтовых условиях. Эти неоднородности проявляются в амплитудах периодических компонент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адушкин В.В., Спивак А.А. Физические поля в приповерхностной геофизике. М: ГЕОС, 2014. 360 с.
2. Стовбун Н.С., Закупин А.С., Богомолов Л.М., Костылев Д.В., Дудченко И.П., Гуляков С.А. Вариации вертикальной компоненты электротеллурического поля на Южно-Сахалинском геофизическом полигоне в 2024 году // Геосистемы переходных зон. 2025. Т. 9, № 2. С. 125–144. DOI: 10.30730/gtrz.2025.9.2.125-144

УДК 550.38;537.8

Конвективное динамо в слое электропроводной жидкости с наклонной осью вращения

Д.С. Толмачев

Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН,
г. Москва, Россия
tolmachev@mitp.ru

В работе рассматривается численное моделирование генерации магнитного поля в плоском горизонтальном слое электропроводной жидкости с учетом тепловой конвекции во вращающемся слое с наклонной осью вращения. Физический процесс описывается полной системой уравнений магнитогидродинамики, включающей уравнение Навье-Стокса с силами Архимеда, Кориолиса и Лоренца, уравнение теплопроводности и уравнение магнитной индукции. Основная задача данной работы - повышение эффективности вычислений для жесткой системы дифференциальных уравнений.

В работе [Tolmachev et. al., 2024] рассматривалась аналогичная постановка задачи, но с более простыми граничными условиями. Было показано, что разработанный спектральный алгоритм позволяет эффективно воспроизводить процессы генерации и инверсий магнитного поля, а также дает возможность исследовать динамику коэффициентов разложения в пространственных базисах.

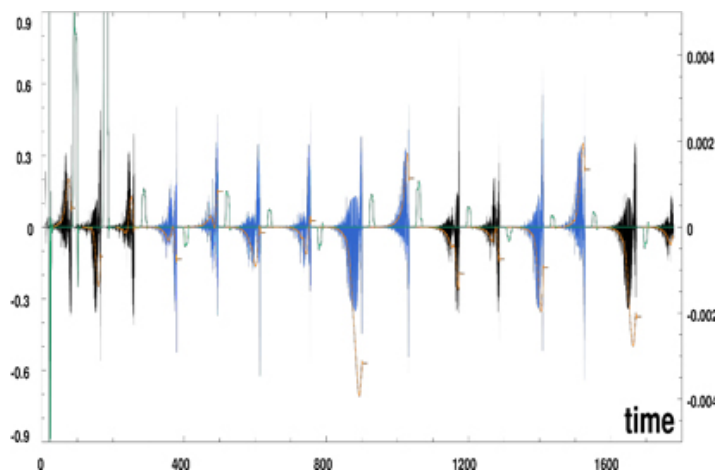


Рис. 1 Динамика двух гармоник магнитного поля $\text{Re } b_{0,1,0}$ (осреднённая за 10 единиц времени) – зеленая кривая, правая ось; $\text{Re } b_{0,2,0}$ – черные и голубые кривые, левая ось (голубым - сегменты, завершающиеся инверсией магнитного поля); интеграл $\text{Re } b_{0,2,0}$ от момента начала сегмента – оранжевая кривая.

Так при анализе поведения гармоник была выявлена закономерность [Tolmachev et. al., 2023]: инверсия гармоники $\text{Re } b_{0,2,0}$ происходит тогда и только тогда, когда всплески гармоники $\text{Re } b_{0,1,0}$ в двух предыдущих сегментах имеют разные знаки. Из 11 анализируемых сегментов 8 завершаются инверсией. Об-

наруженное правило нарушается лишь в одном случае, что может быть связано с аномально малыми значениями интегралов. Такое поведение согласуется с гипотезой о выборе траекторией подпространства симметрии в гетероклинической сети динамической системы.

В отличие от модели с более простыми граничными условиями [Cox, Matthews, 2002], где для поиска предвестников инверсий успешно применялся явный метод Рунге-Кутты с экспоненциальным дифференцированием [Stellmach, Hansen, 2008], вычислительная сложность рассматриваемой системы требует перехода к другим схемам интегрирования для увеличения шага по времени и снижения общих временных затрат на расчёты. Для интегрирования системы коэффициентов потенциалов полей скорости и температуры [Tolmachev et. al., 2024; Tolmachev et. al., 2023], разложенных в базисе на основе полиномов Чебышева и гармоник Фурье, используется полуневьявная схема интегрирования Рунге-Кутты [Cavaglier, Bewley, 2015].

Проведен сравнительный анализ вычислительной эффективности исходной и модифицированной схем. Массив данных расчетов с инверсиями магнитного поля представляет особый интерес для последующего выявления предвестников инверсий с применением методов машинного обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tolmachev D., Chertovskih R., Jeyabalan S.R., Zheligovsky V. Predictability of Magnetic Field Reversals // *Mathematics*. 2024. Т. 12, № 3. С. 490.
2. Tolmachev D., Chertovskih R., Zheligovsky V. Algorithmic Aspects of Simulation of Magnetic Field Generation by Thermal Convection in a Plane Layer of Fluid // *Mathematics*. 2023. Т. 11, № 4. С. 808.
3. Stellmach S., Hansen U. An efficient spectral method for the simulation of dynamos in Cartesian geometry and its implementation on massively parallel computers // *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2008. Т. 9, № 5.
4. Cox S.M., Matthews P.C. Exponential Time Differencing for Stiff Systems // *Journal of Computational Physics*. 2002. Т. 176, № 2. С. 430–455.
5. Cavaglieri D., Bewley T. Low-storage implicit/explicit Runge–Kutta schemes for the simulation of stiff high-dimensional ODE systems // *Journal of Computational Physics*. 2015. Т. 286. С. 172–193.

УДК 551.435.3

**Съёмка рельефа морских водно-болотных угодий
с применением воздушной лазерной съемки***А.В. Уба^{1, 2}*¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия² Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия

uba_av@mail.ru

Прибрежные морские водно-болотные угодья (ПМВБУ) являются сложной динамичной системой, состоящей из нескольких элементов. На примере ПМВБУ, находящихся вблизи устьев рек Цунай, Средняя и Сусуя, можно выделить прилегающий с морской стороны ватт, или илистую осушку. Далее полосу низкого молодого марша, характеризующуюся довольно малым видовым разнообразием растительности, плавно переходящую в зрелый низкий марш, классифицируемый по более сложному растительному разнообразию. Выше низкий марш скачкообразно переходит в высокий марш, что выражается как в рельефе, так и в резкой смене растительности на более высокую. На высоком марше также прослеживается разделение на молодую часть с малым разнообразием растительности и на зрелую с большим количеством видов. Далее обычно прилегает береговая терраса, которая не затопляется приливом. Модель рельефа представлена на рис. 1 [Афанасьев и др., 2024].

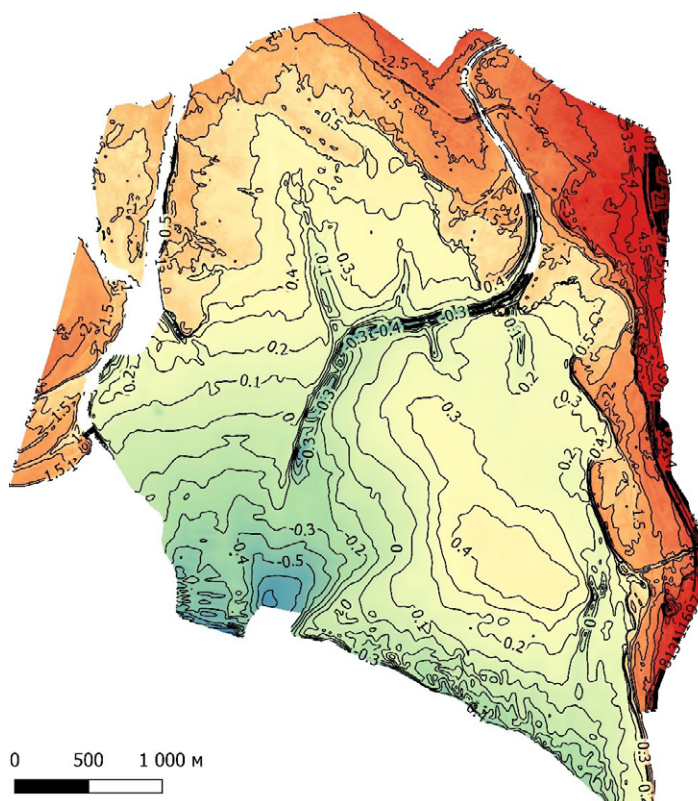


Рис. 1 Синтез ВЛС и наземной GNSS съемки

Данная модель получена в результате объединения данных воздушной лазерной съёмки (ВЛС) и полевой GNSS съёмки. ВЛС проведена сканером АГМ МС1, на беспилотной платформе Геоскан 401. ВЛС позволяет получить отличную детальность рельефа даже под древесной растительностью, а облако точек при этом позволяет проводить в том числе анализ высоты деревьев и с некоторыми ограничениями высоты травы. Точность определения координат каждой точки при этом не хуже 3–5 см. [Курков и др., 2022] При планировании работ для минимизации количества полётов над затопленной или сильно увлажнённой поверхностью учтён текущий уровень моря. Съёмка ватта затруднена в связи с постоянными затоплениями его приливом, а также остаточной плёнкой воды, полностью не уходящей во время отлива, которая препятствует получению отражения от поверхности под углами, отличными от 90 градусов. В связи с этим участки ватта сняты при помощи GNSS оборудования при пешем обследовании.

Модель совместно с данными о приливах позволяет анализировать время затопления выбранных участков для определения влияния приливов на растительность, а также планировать работы в разных частях изучаемого объекта, такие как отбор проб или измерение газообмена почв, которые требуют отсутствия воды на участке работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.В., Уба А.В., Фаустова А.Б., Кораблев О.А. Геопространственная позиция элементов прибрежно-морских водноболотных геосистем (карбоновый полигон, о. Сахалин) // Процессы в геосредах. 2024. № 2(40). С. 2456–2462.
2. Курков В.М., Киселева А.С., Чибунчев А.Г. Исследование точности цифровой модели рельефа, построенной по материалам беспилотной аэрофотосъёмки и воздушного лазерного сканирования // Производственные системы будущего: опыт внедрения Leap и экологических решений: материалы Международной научно-практической конференции. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева. 2022. С. 309.1–309.9.

УДК 551.21; 550.3; 523

Вариации угловой скорости вращения Земли как значимый фактор эруптивной деятельности грязевых вулканов

Г.В. Устюгов

Научный руководитель – В.В. Ершов

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

Вопросы возможного влияния вариаций угловой скорости вращения Земли на процессы в ее литосфере неоднократно обсуждались в различных исследованиях и продолжают интересовать ученых всего мира. Одной из разновидностей флюидных систем, которые восприимчивы к влиянию космических факторов, является грязевой вулкан – широко распространенное геологическое явление, в процессе деятельности которого происходит интенсивный перенос на поверхность подземных вод, газов и осадочных пород. Грязевой вулканизм является опасным природным явлением, деятельность которого может привести к негативным социально-экономическим и экологическим последствиям [Ustyugov, Ershov, 2021]. Цель работы – выявление закономерностей в эруптивной деятельности грязевых вулканов на большой выборке данных, а также анализ закономерностей на предмет их возможной обусловленности вариациями угловой скорости Земли.

В процессе работы были проанализированы сведения об извержениях, собранные для четырех грязевулканических провинций: 1) Азербайджан и прилегающая акватория Каспийского моря – 431 извержение, произошедшие с 1810 по 2018 гг. на 93 вулканах [Алиев и др., 2015; Юсубов, Гулиев, 2022; и др.]; 2) Керченско-Таманский регион (Россия) – 120 извержений, произошедшие с 1794 по 2018 гг. на 30 вулканах [Шнюков и др., 1986; Shnyukov, Yanko-Hombach, 2020; и др.]; 3) о. Тринидад и примыкающая акватория (Тринидад и Тобаго) – 33 извержения, произошедшие с 1852 по 2018 гг. на шести вулканах [Deville, Guerlais, 2009; <http://curtisarchie.com>]; 4) о. Сахалин (Россия) – 23 извержения, произошедшие с 1906 по 2018 гг. на двух активных вулканах [Алиев и др., 2015; Мельников, 2011; и др.]. Общий каталог включает данные о 607 извержениях для 131 грязевого вулкана за период 1794–2018 гг. Для анализа вариаций скорости вращения Земли вокруг своей оси использовался подход из работы [Левин, Сасорова, 2017]. Сведения о длительности суток, усредненные на каждом полугодовом промежутке с 1657 по 2018 гг., были взяты из источников [McCarthy, Babcock, 1986; www.iers.org].

В данном исследовании был рассмотрен временной период с 1900 по 2018 гг., т. к. с 1794 по 1900 гг. ежегодно происходило в среднем лишь около 0.8 событий. Соответственно, в таких данных сложно выявить какую-либо цикличность. Тогда как средняя частота извержений за период 1900–2018 гг. составляла примерно 4.2 извержения в год.

Предположим, что вариации скорости вращения Земли вокруг своей оси действительно могут воздействовать на грязевулканическую активность. Как известно, данный фактор может воздействовать на природные явления нашей планеты (например, землетрясения, извержения магматических вулканов) через стадии расширения и/или сжатия земного шара во время увеличения или снижения его угловой скорости вращения соответственно. Можно подумать, что активность грязевых вулканов должна меняться противоположно в ответ на отличающиеся друг от друга процессы в земной коре (раскрытие/закрытие трещин, изменения горного и порового давления), соответствующие этапам роста и спада угловой скорости. Например, число извержений будет увеличиваться при ускорении и уменьшаться при замедлении углового вращения планеты или наоборот. Анализ данных вариаций эруптивной деятельности грязевых вулканов и угловой скорости вращения Земли показал, что все всплески числа извержений наблюдаются рядом с переходами, когда угловая скорость меняется с роста на спад и наоборот. При этом пики активности вулканов

предшествуют этим периодам. Получается неоднозначная картина – по сравнению со среднегодовым значением за период 1900–2018 гг. (4.2 события в год) количество извержений резко увеличивается под конец этапов изменений угловой скорости вращения, как разгона, так и торможения. В таком случае обнаруженную связь в изменениях эруптивной деятельности вулканов нельзя объяснить механизмами, связанными с процессами либо только расширения земного шара, либо только его сжатия. Периоды резкого усиления грязевулканической активности происходят, как при увеличении скорости вращения планеты вокруг своей оси, так и при ее снижении. По-видимому, здесь могут играть роль дополнительные факторы или их совокупность. Обнаружена и другая закономерность, в которой всплески повышенного числа извержений наблюдаются после максимумов модуля углового ускорения вращения Земли. Предполагается, что на грязевулканическую активность больше всего оказывает влияние смена тренда модуля углового ускорения вращения Земли с возрастающего на убывающий. В такие периоды происходят соответствующие процессы: замедляются изменения формы земного шара (в сторону растяжения или сжатия) и сопутствующих параметров земных недр (трещиноватость и пористость, горное и поровое давление). Можно попытаться проинтерпретировать это в общих чертах, поскольку физика обсуждаемых процессов нам неизвестна, следующим образом. На возрастающем тренде с каждым годом происходит все более быстрая перестройка геологической среды, которая стимулирует какие-то грязевулканические процессы. Эти процессы продолжают по инерции даже после смены тренда, когда перестройка геологической среды начинает с каждым годом замедляться. Тем самым, внутренняя динамика грязевулканической деятельности приходит в противоречие с внешними (наложенными) факторами, что приводит к повышению числа извержений. Другими словами, на этапе роста модуля углового ускорения грязевые вулканы постепенно адаптируются, хоть и с некоторым опозданием, к определенной тенденции изменений параметров окружающей среды, но чувствительны к смене этой тенденции на противоположную. Время такого запаздывания составляет в среднем 3–4 года. Для лучшего понимания механизмов возможной связи между изменениями угловой скорости вращения Земли и эруптивной деятельностью грязевых вулканов требуется более глубокое изучение данного вопроса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Рахманов Р.Р. Атлас грязевых вулканов мира. Баку: Nafta-Press, 2015. 322 с.
2. Левин Б.В., Сасорова Е.В. О влиянии скорости вращения Земли на глобальную сейсмичность (по материалам наблюдений с 1720 по 2016 г.) // Геосистемы переходных зон. 2017. Т. 3, № 3. С. 3-20. DOI: 10.30730/2541-8912.2017.1.3.003-020
3. Мельников О.А. О динамике и природе пугачевской группы газоводокластитовых («грязевых») вулканов на Сахалине по данным визуальных наблюдений и орогидрографии // Вулканология и сейсмология. 2011, № 6. С. 47-59.
4. Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И., Науменко П.И., Кутний В.А. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области: Атлас. Киев: Наукова думка, 1986. 152 с.
5. Юсубов Н.П., Гулиев И.С. Грязевой вулканизм и углеводородные системы Южно-Каспийской впадины. Баку: Элм, 2022. 168 с.
6. Deville E., Guerlais S.-H. Cyclic activity of mud volcanoes: Evidence from Trinidad (SE Caribbean) // Marine and Petroleum Geology. 2009. V. 26, No. 9. P. 1681–1691.
7. McCarthy D.D., Babcock A.K. The length of day since 1656 // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 1986. V. 44, No. 3. P. 281–292.
8. Shnyukov E., Yanko-Hombach V. Mud Volcanoes of the Black Sea Region and their Environmental Significance. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2020. 494 p. DOI: 10.1007/978-3-030-40316-4
9. Ustyugov G.V., Ershov V.V. Mud volcanism as a dangerous phenomenon for oil and gas facilities // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 946. 6 p. DOI: 10.1088/1755 1315/946/1/012030

УДК 551.21

Вулканическая активность на Курильских островах в XXI в. (2003–2025 гг.)

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

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
d_a88@imgg.ru

Курильские острова – район современного активного вулканизма: за период с 2003 по 2025 г. по данным группы SVERT зафиксировано 52 вулканических извержения (~ 30 % от их общего числа за историческое время начиная с середины XVIII в.). Наиболее активными в последние десятилетия были вулканы Северных (Эбеко, Чикурачки (о. Парамушир), Чиринкотан (о. Чиринкотан) и Центральных Курил (Пик Сарычева на о. Матуа; Райкоке на о. Райкоке). Вулканы Южных Курильских островов в текущем столетии были малоактивны.

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

Наибольшую потенциальную опасность для населенных пунктов Курильских островов, представлял вулкан Эбеко, расположенный в 7 км от г. Северо-Курильск. С октября 2016 г. по декабрь 2021 г. Эбеко находился в состоянии длительного эксплозивного извержения, протекающего в форме регулярных (десятки в месяц) фреатических и фреато-магматических взрывов [Дегтерев, Чибисова, 2022]. Суммарно за год группой SVERT регистрировалось от 550 до 805 выбросов на высоту 1–3 (до 5,5) км над ур. м. Наступивший с конца 2021 г. период затишья прервался в июне 2022 г., когда вулкан вновь заработал в прежнем режиме: в 2022 г. зафиксировано суммарно 600 эксплозий (> 3 км – 253), в 2023 г. – 675 (> 3 км – 293), в 2024 г. – 616 (> 3 км – 181). Эксплозивная деятельность Эбеко, сопровождалась частыми пеплопадами на территории Северо-Курильска и его окрестностей (десятки в год), кроме того, существовал повышенный риск схода вулканических селей – лахаров.

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

ЛИТЕРАТУРА

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

УДК 551.326.7

Исследование динамики прибрежной полыньи на юго-восточном шельфе о. Сахалин по данным дистанционного зондирования*И.В. Шумилов^{1, 2}, Д.В. Зарубина², В.М. Пищальник^{1, 2},
Е.М. Латковская², В.А. Романюк², И.В. Никулина^{1, 2}*¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия² Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
i.shumilov@imgg.ru

Согласно номенклатуре ВМО по морскому льду, полынья – это устойчивое пространство чистой воды среди или на границе неподвижных льдов. Полыньи могут быть заполнены ледяной кашей или покрыты начальными видами льда, ниласом или молодым льдом [<https://library.wmo.int>]. Полыньи в Охотском море формируются каждый год под воздействием зимнего муссона вдоль северного и северо-западного побережья. В контексте глобального изменения климата, регионы с устойчивой полыньей привлекают все больше внимания в качестве индикаторов потепления. Зоны полыньи служат «океаническим окном», которое влияет на процессы формирования глубинных водных масс, поглощения углекислого газа и, как следствие, на глобальную океаническую циркуляцию и климат всей планеты. Полыньи являются зонами активной генерации нового льда. Так в работе [Ohshima et al., 2016] показано, что в Охотской Северо-западной полынье наблюдается самая высокая ледопродуктивность в Северном полушарии. Целью данной работы является разработка методики оценки многолетней изменчивости площади полыньи на примере юго-восточного шельфа о. Сахалин.

Для анализа ледяного покрова использовались спутниковые данные о толщине льда за период 2016–2025 гг, предоставляемые Бременским университетом в виде ежедневно публикуемых NetCDF-файлов с регулярной сеткой. Данные имеют глобальное покрытие и пространственное разрешение 12,5 км. Первичные измерения выполняются микроволновыми радиометрами L-диапазона на борту космических аппаратов специализированных миссий SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) и SMAP (Soil Moisture Active Passive) [<https://smap.jpl.nasa.gov>, <https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos>]. Ключевым преимуществом этих инструментов является способность измерять низкую яркостную температуру поверхности, что позволяет с помощью эмпирических алгоритмов оценивать толщину тонкого льда, включая образование льда в полыньях. Обработка матричных данных формата NetCDF выполнялась с помощью программы «NetCDF Processing», а последующий анализ ледовых характеристик – с применением программного комплекса «Ice Data Processing» [Шумилов и др., 2023, 2024]. Дополнительно использовались скрипты на языке Python и геоинформационная система QGIS для визуализации и проведения пространственного анализа.

Для выявления и анализа полыней на юго-восточном шельфе о. Сахалин был выполнен поэтапный анализ спутниковых данных. Исследуемый район был ограничен координатами 46°–50° с.ш. и 147° в.д. – береговой линией острова Сахалин, с акцентом на период с января по апрель, когда формирование полыней наиболее вероятно. В качестве критерия для идентификации полыней был выбран лед толщиной до 10 см. Данный порог обусловлен тем, что полыньи, являясь устойчивыми пространствами открытой воды, активно продуцируют начальные виды льда, нилас, молодой лед. Спутниковые алгоритмы надежно детектируют именно самые ранние стадии ледообразования, что позволяет точнее определить первоначальные границы и площадь полыньи [Huntemann et al., 2014]. На первом этапе по данным дистанционного зондирования были построены растровые карты, соответствующие данному критерию. Визуальный анализ этих карт подтвердил регулярное наличие полыней в за-

данном районе. На втором этапе для количественного анализа была создана векторная модель: зоны льда толщиной до 10 см в границах исследуемой акватории преобразовывались в полигоны с последующей фильтрацией, что позволило точно оценивать их площадь и динамику.

На основе созданной коллекции векторных карт были рассчитаны ежедневные значения площади акватории, занятой тонким льдом и открытой водой, что позволило получить временные ряды изменчивости площади полыньи на юго-восточном шельфе о. Сахалин за период 2016–2025 гг. Максимальная граница распространения полыньи может простираться от м. Терпения до м. Свободный при максимальной площади полыньи 35,6 тыс км² (4 апреля 2019 г.). Периодическое закрытие полыньи происходит при прохождении глубоких барических образований через Охотское море под действием ветров восточных румбов. Многолетняя изменчивость среднесезонной площади полыньи на юго-восточном шельфе о. Сахалин представлена на рисунке 1 отдельно по каждому месяцу. Максимальные значения площади зафиксированы в марте с пиками в 2017 и 2020 гг. Сформированный набор ежемесячных карт, отражающих пространственное распределение зон с толщиной льда до 10 см и их устойчивость, выраженную в количестве дней за месяц (рис. 2), позволяет выделить стационарные области распространения полыньи, которые могут быть полезны, как для зимнего рыболовства, так и для выявления связей пространств открытой воды с концентрацией хлорофилла-а. Выявление дополнительных предикторов, и совершенствование методологии мониторинга полыньи является предметом дальнейших научных исследований.

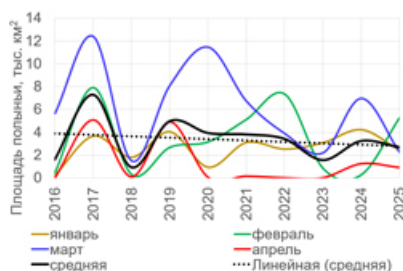


Рис. 1 Многолетняя изменчивость среднесезонной полыньи на юго-восточном шельфе о. Сахалин

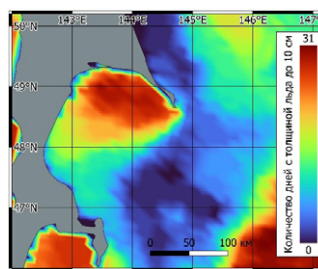


Рис. 2 Пример карты пространственного распределения зон с толщиной льда до 10 см (март 2020)

Работа выполнялась и финансировалась в рамках государственного задания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (FWWM-2024-0002) и государственного задания Сахалинского государственного университета «Создание научных основ управления процессами поглощения и накопления углерода биоморфолитосистемами прибрежно-морских водно-болотных угодий и прилегающих морских акваторий (FEFF-2024-0004)».

ЛИТЕРАТУРА

1. Шумилов И.В., Романюк В.А., Пищальник В.М. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023688937. «Ice Data Processing». 2023. № 2023682641 от 30.10.2023; опубли. 25.12.2023.
2. Шумилов И.В., Ващенко Д.А., Романюк В.А. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024662834. «NetCDF Processing». 2024. № 2024661302 от 20.05.2024; опубли. 30.05.2024.
3. Huntemann M., Heygster G., Kaleschke L., Krumpen T., Mäkynen M., Drusch M. Empirical sea ice thickness retrieval during the freeze-up period from SMOS high incident angle observations // The Cryosphere. 2014. V. 8, No. 2. P. 439– 451.
4. Ohshima K.I., Nihashi S., Iwamoto K. Global view of sea-ice production in polynyas and its linkage to dense/bottom water formation // Geoscience Letters. 2016. V. 3, No. 1. 13 p.

УДК 504.064.2; 504.4.054; 504.453; 546.3/.9(571.64)

Металлы в воде некоторых рек о. Сахалин

Ю.А. Антонов, Е.М. Латковская, Е.В. Губко, М.А. Репина

Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия

antonov-yuriy-2000@mail.ru

Малые реки о. Сахалин особенно уязвимы к антропогенной нагрузке и демонстрируют выраженную сезонную изменчивость к содержанию металлов: весной и летом уровни металлов в воде, как правило, выше, осенью – ниже, что характерно и для рек других регионов [Коваль, Соловьёв, 2020; Павлова, Никитина, 2018; Чудаева, 1983]. В нижнем течении и устьевой зоне, где скорость течения снижается и начинается влияние морских вод, происходят сложные биогеохимические реакции, приводящие к смене форм миграции и выведению части металлов в донные осадки. Донные осадки при этом выступают как потенциальный вторичный источник, что важно учитывать при трактовке сезонной подвижности элементов [Латковская, Мироничев, 1996; Латковская, 1996; Латковская, 2000]. Цель работы – определить содержание растворённых форм Cu, Mn, Cr, Ni, Co, Pb и Cd в воде рек Уюновка, Еланька и Большая Александровка в 2022–2023 гг.

Отбор проб выполняли в три сезона: весной, летом и осенью. Пробы фильтровали через 0,45 мкм, фильтраты подкисляли конц. HNO_3 до $\text{pH} \sim 2$; при низких уровнях отдельных элементов применяли упаривание (250 мл $\rightarrow$ 10–15 мл). Концентрации Cu, Cr, Ni, Co, Pb, Cd определяли методом атомно-абсорбционной спектromетрии с электротермической атомизацией по ПНД Ф 14.1:2.4.140-98; Mn – по методике № М-03-505-119-08; измерения выполняли на спектрофотометре Shimadzu AA-7000 (ПО WizAArd). Градуировку проводили по ГСО на каждый элемент; контроль стабильности – перед серией из 10 проб; типичная относительная погрешность 25–60 % [ПНД Ф 14.1:2.4.140-98, 2013; М-03-505-119-08, 2008; Shimadzu].

Во всех водотоках выявлены согласованные сезонные закономерности: повышение концентраций металлов весной, летом и снижение осенью. В скобках после диапазона содержания металлов указана кратность превышения ПДК согласно Приказу Федерального агентства по рыболовству от 26.05.2025 № 296 (вступил в силу 1.09.2025). В работе приняты ПДК (мкг/л): Cu = 1; Mn = 10; Cr = 20; Ni = 10; Co = 10; Pb = 6; Cd = 5. Максимальные значения содержания металлов чаще всего фиксировались на участках, протекающих через городскую черту. В воде р. Еланька в 2023 г. содержание Cu варьировало от 0,035–4,97 мкг/л (до 5,0 ПДК); Mn 33,6–284,6 мкг/л (от 3,4 до 28,5 ПДК); Cr 0,268–1,94 мкг/л (не превышает ПДК); Ni 0,394–1,41 мкг/л (не превышает ПДК); Co 0,858–2,87 мкг/л (не превышает ПДК); Pb 0,95–6,38 мкг/л (до 1,1 ПДК); Cd 0,599–4,30 мкг/л (не превышает ПДК). В р. Уюновка: Cu 0,975–6,08 мкг/л (до 6,1 ПДК); Mn 15,3–223,6 мкг/л (от 1,5 до 22,4 ПДК); Cr 0,236–2,25 мкг/л (не превышает ПДК); Ni 0,581–1,77 мкг/л (не превышает ПДК); Co 0,686–2,16 мкг/л (не превышает ПДК); Pb 1,56–13,4 мкг/л (до 2,2 ПДК); Cd 0,26–4,76 мкг/л (не превышает ПДК). В р. Большая Александровка: Cu 6,34–13,4 мкг/л (от 6,3 до

13,4 ПДК); Mn 46,0–113,9 мкг/л (от 4,6 до 11,4 ПДК); Cr 0,257–1,81 мкг/л (не превышает ПДК); Ni 0,44–13,5 мкг/л (до 1,4 ПДК); Co 1,47–15,8 мкг/л (до 1,6 ПДК); Pb 1,61–6,25 мкг/л (до 1,0 ПДК); Cd 0,032–0,906 мкг/л (не превышает ПДК).

Сопоставление с исследованиями по рекам других регионов показывает, что средние уровни растворённых металлов в р. Еланька, Уюновка и Большая Александровка в целом умеренные, а превышения ПДК носят сезонно-эпизодический характер [Коваль, Соловьёв, 2020; Павлова, Никитина, 2018; Ростов, Рудых, 2018; Huang и др., 2020]. Более высокие содержания фиксировались в пределах городской черты и в периоды повышенного стока. При этом при принятых ПДК, по Mn и Cu кратность превышения достигала 28,5 и 13,4 соответственно, по Pb – до 2,2, по Ni и Co – локально на р. Большая Александровка (до 1,4 и 1,6). Наблюдаемые пики интерпретированы как индикаторы риска и рассмотрены с учётом погрешности измерений. Возникновение пиков согласуется с гидрологической сезонностью, изменением физико-химических условий водной среды и неравномерной антропогенной нагрузкой в пределах водосборов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Сахалинского государственного университета FEFF-2024-0004.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваль С.С., Соловьёв А.В. Мониторинг малых рек как элемент оценки состояния окружающей среды // Экологический вестник России. 2020. № 2. С. 34-40.
2. Латковская Е.М. Химико-экологическая оценка заливов Северо-Востока Сахалина: хлорорганические пестициды и тяжёлые металлы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ, 2000. 24 с.
3. Латковская Е.М., Мироничев С.Н. Содержание некоторых металлов в донных осадках Охотского моря у побережья северо-восточного Сахалина в местах предполагаемого бурения на Кириной площади // Труды СахНИРО. 1996. Т. 1. С. 111-113.
4. Латковская Е.М. Содержание некоторых металлов в донных осадках Ныйского залива // Наука сегодня: проблемы и перспективы: материалы науч.-практ. конф. молодых исследователей. Южно-Сахалинск, 1996. С. 31-32.
5. Методика количественного химического анализа № М-03-505-119-08. Определение металлов в водах и осадках методом атомно-абсорбционной спектроскопии. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора, 2008. 38 с.
6. Павлова И.В., Никитина Н.В. Содержание тяжёлых металлов в реках юга Дальнего Востока // Вестник ДВО РАН. 2018. № 1. С. 85-91.
7. ПНД Ф 14.1:2.4.140-98. Методика измерений массовых концентраций металлов в водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии (электротермическая атомизация). М.: Аналит. центр ЗАО «РОСА», 2013. 22 с.
8. Ростов И.Д., Рудых Н.И. Многолетняя динамика химического загрязнения прибрежных акваторий Приморского края, Сахалина и Камчатки // Метеорология и гидрология. 2018. № 7. С. 473-482.
9. Чудаева В.А. Особенности речного стока о. Сахалин. Ч. 2. Распределение группы металлов в растворённой и твёрдой фазах речных вод. Владивосток: ТИГ ДВО АН СССР, 1983. 198 с.
10. Huang Z., Liu C., Xu J., et al. Risk assessment of heavy metals in the surface sediment at the Xiangjiang River, Hunan, China // Environmental Sciences Europe. 2020. V. 32, N 23. 9 p.

УДК 577.4:504.054(571.1+571.54)

Оценка экотоксичности материала хвостохранилищ Алтайского и Джидинского горно-обогатительных комбинатов методами биотестирования

Е.М. Быкова, К.А. Зезюн

Научный руководитель – С.В. Азарова

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
emb11@tpu.ru

Хвосты обогащения в горнодобывающей отрасли представляют собой отходы, которые в большинстве случаев не подлежат дальнейшей переработке и складываются в хвостохранилища. Мелкодисперсный материал с неустойчивыми связями между частицами подвергается дефляции, что приводит к загрязнению местных экосистем. Для оценки экотоксичности отходов можно применять методы биотестирования.

Целью данной работы является оценка экотоксичности материала хвостохранилищ Алтайского и Джидинского горно-обогатительных комбинатов (ГОКов) методами биотестирования.

Биотестирование основано на ответной реакции живых организмов на воздействие внешних факторов окружающей среды. Тест-организмами могут выступать различные гидробионты, высшие растения, насекомые, мелкие млекопитающие. Среди тестируемых параметров наиболее часто рассматриваются поведенческие реакции, выживаемость, плодовитость, метаболическая активность организмов, а также их морфологические характеристики [Биологический контроль, 2010].

Метод оценки токсичности с использованием высших растений в качестве биотестов носит название фитотестирование. Существует два способа лабораторного фитотестирования: элюатный и контактный. В ходе собственных экспериментов был проведён анализ водной вытяжки отходов согласно МР 2.1.7.2297-07. Данная методика рекомендует проводить фитотестирование отходов, принимая в качестве тест-культуры семена овса. Однако не исключено использование других семян высших растений. Опытным путём было выявлено, что овёс и пшеница дают более стабильные результаты, чем горчица, горох, редис и кресс-салат. Тем временем международным стандартом ISO 11269-1 рекомендуется использовать ячмень обыкновенный, но также оговорено возможное применение других семян. В свою очередь ISO 11269-2 регламентирует выбирать минимум два вида растений (однодольное и двудольное) [Лисовицкая и др., 2010]. Параметрами оценки реакции биотестов в фитотестировании являются всхожесть, энергия и дружность прорастания, длина наземной и подземной части растений.

Принцип оценки степени опасности отхода по МР 2.1.7.2297-07 базируется на экспериментально установленной зависимости величины фитотоксического эффекта от разведения экстракта с использованием регрессионной модели: $\lg R = -mET + b$, где ET – фитоэффект, R – разведение экстракта отхода, m – коэффициент, соответствующий каждому значению фитоэффекта, b – коэффициент регрессии (рис. 1). Класс опасности отхода устанавливается по величине ER_{50} (средне-эффективное разведение, вызывающее фитоэффект, равный 50 %) [МР 2.1.7.2297-07, 2008]. Оценка экотоксичности материала хвостохранилищ Алтайского и Джидинского ГОКов была проведена с использованием семян овса *Avena Sativa L.* (нативный экстракт, 1:1, 1:2, 1:5, 1:10, 1:50, 1:100), тест-функцией являлась интенсивность роста корней проростков семян.

Ингибирование роста корней зафиксировано в условиях их прямого контакта с нативным экстрактом и его разведениями 1:1, 1:2. Однако при определённой концентрации водная вытяжка отхода оказывает стимулирующий эффект. Средне-эффективное разведение (ER_{50}) получено в пределах 1–10 для обеих проб отходов. Согласно критериям, представленным в МР 2.1.7.2297-07, отходы можно отнести к 3 классу опасности.

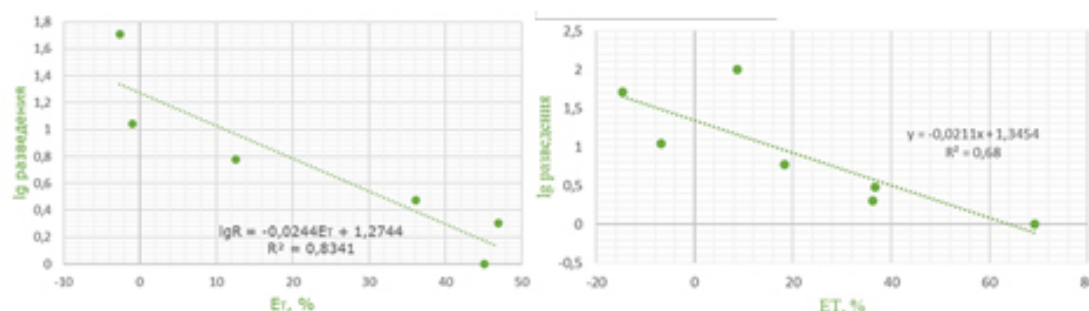


Рис. 1 Зависимость $lgR = f(ET)$ по влиянию отходов хвостохранилища: 1 – АГОК; 2 – ДВМК

В исследовании токсичности проб в качестве биологического индикатора также применялась мушка *Drosophila melanogaster*. Были задействованы генетические линии *singed* и *yellow*. В каждую пробирку помещали по три виргинные самки *yellow* и три самца *singed* для получения гибридного потомства. Концентрация пробы в питательной среде составляла 0,5 %. Тест-параметрами служили сроки развития, морфозы и соотношение полов. Для подтверждения токсического эффекта рассчитан показатель Хи-квадрат.

Сроки развития мушек *Drosophila melanogaster* в контрольной среде и среде с пробами отходов хвостохранилищ были одинаковыми. В среде с материалом отходов ДВМК значение Хи-квадрат для параметра «морфозы» составило 2,85, для «соотношения полов» – 0,53. Для хвостохранилища АГОКа значение для «морфоз» – 11,49, для «соотношения полов» – 0,03. Значения Хи-квадрат используются для определения границ случайных отклонений. Допустимой границей вероятности считается 0,05. В данном эксперименте с двумя линиями мух число степеней свободы равно 1, следовательно, табличное значение показателя составляет 3,84 [Зезюн, 2024].

Фактические значения показателя для ДВМК ниже теоретического. Для результатов эксперимента с пробой АГОКа установлено превышение теоретического значения для параметра «морфозы», что говорит о наличии токсического воздействия.

Таким образом, результаты проведенных экспериментов показали, что отходы хвостохранилища АГОКа оказывают токсическое воздействие на семена овса *Avena Sativa* и мушек *Drosophila melanogaster*. Однако для отходов хвостохранилища ДВМК зафиксирован фитотоксический эффект, но нарушений развития мушек не наблюдается.

При биотестировании использование разных тест-организмов может приводить к расхождениям в результатах из-за комплекса факторов, связанных с физиологией, чувствительностью объектов к токсикантам и условиями проведения эксперимента. К тому же биотестирование носит интегральный характер, т.е. оценивает совокупное воздействие загрязняющих веществ, которые могут усиливать или ослаблять токсичность друг друга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / ред. О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева. М.: Издательский центр Академия, 2010. 288 с.
2. Зезюн К.А. Оценка токсичности материала отходов хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината с применением в качестве тест-объекта *Drosophila melanogaster* // Проблемы геологии и освоения недр. 2024. Т. 1. С. 232-233.
3. Лисовицкая О.В., Терехова В.А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Доклады по экологическому почвоведению. 2010. Т. 1, №. 13. С. 1-18.
4. МР 2.1.7.2297-07. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности. Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. 15 с.

УДК 504.064.2; 550.4

Веб-картографический подход к анализу микроэлементного состава горбуши как индикатора геохимической среды

А.Д. Воитков¹, А.В. Литвиненко²

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

² Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
voitkovanat@mail.ru

В работе предложен геоинформационный подход для оценки геохимического состояния морских экосистем через анализ микроэлементного состава тканей тихоокеанских лососей. Целью исследования являлась разработка методики пространственного анализа и визуализации данных с использованием современных веб-картографических технологий. Создан и апробирован интерактивный инструмент – веб-карта SalmonGeo.ru, обеспечивающая наглядное представление и сопоставление данных о концентрациях химических элементов в органах горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) из различных Геохимических зон Северо-Западной Пацифики и Евро-Арктики.

Тихоокеанские лососи, в частности горбуша, выступают эффективными биоиндикаторами, аккумулируя в своих тканях химические элементы из окружающей среды. Их микроэлементный состав несёт информацию о геохимических особенностях акваторий нагула и миграционных путей, позволяя оценивать как природные, так и антропогенные факторы воздействия [Ковековдова, 2011; Христофорова и др., 2019]. Традиционные методы анализа таких данных часто не позволяют в полной мере выявить пространственные закономерности. Применение ГИС-технологий открывает новые возможности для комплексной интерпретации биогеохимических данных.

В основу работы положен микроэлементный анализ проб тканей горбуши (мышечная ткань, печень, гонады, икра), отобранных в районах Северо-Западной Пацифики и Евро-Арктического региона. Определение концентраций тяжёлых металлов и микроэлементов (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Ni) проводилось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Пробоподготовку осуществляли в соответствии с ГОСТ 26929-94. Для систематизации и анализа данных создана пространственная база данных, интегрирующая географические координаты точек отбора с атрибутивной информацией о концентрациях элементов. На основе этой базы с использованием современных веб-технологий была разработана интерактивная карта SalmonGeo.ru.

Пространственный анализ данных выявил чёткие региональные закономерности в распределении микроэлементов. Например, для проб из прикурильских вод характерны повышенные концентрации свинца (Pb) и кадмия (Cd), что, вероятно, связано с активной вулканической деятельностью в данном регионе. В япономорских популяциях горбуши отмечается высокое содержание цинка (Zn) и меди (Cu), что может свидетельствовать об антропогенном загрязнении акватории [Христофорова, Литвиненко, 2020]. Для рыб из Баренцева и Белого морей зафиксированы повышенные концентрации никеля (Ni), отражающие специфические биогеохимические условия Евро-Арктического региона [Христофорова и др., 2023].

Разработанный веб-картографический инструмент SalmonGeo.ru (рис. 1) показал свою эффективность для визуализации и анализа пространственного распределения микроэлементов в тканях горбуши. Данный подход позволяет не только оперативно выявлять зоны с аномальными концентрациями химических элементов, но и проводить сравнительный анализ различных акваторий. Система представляет ценность для решения задач экологического мониторинга, оценки качества среды обитания лососевых и может служить основой для дальнейших междисциплинарных исследований на стыке геохимии, биологии и геоэкологии.

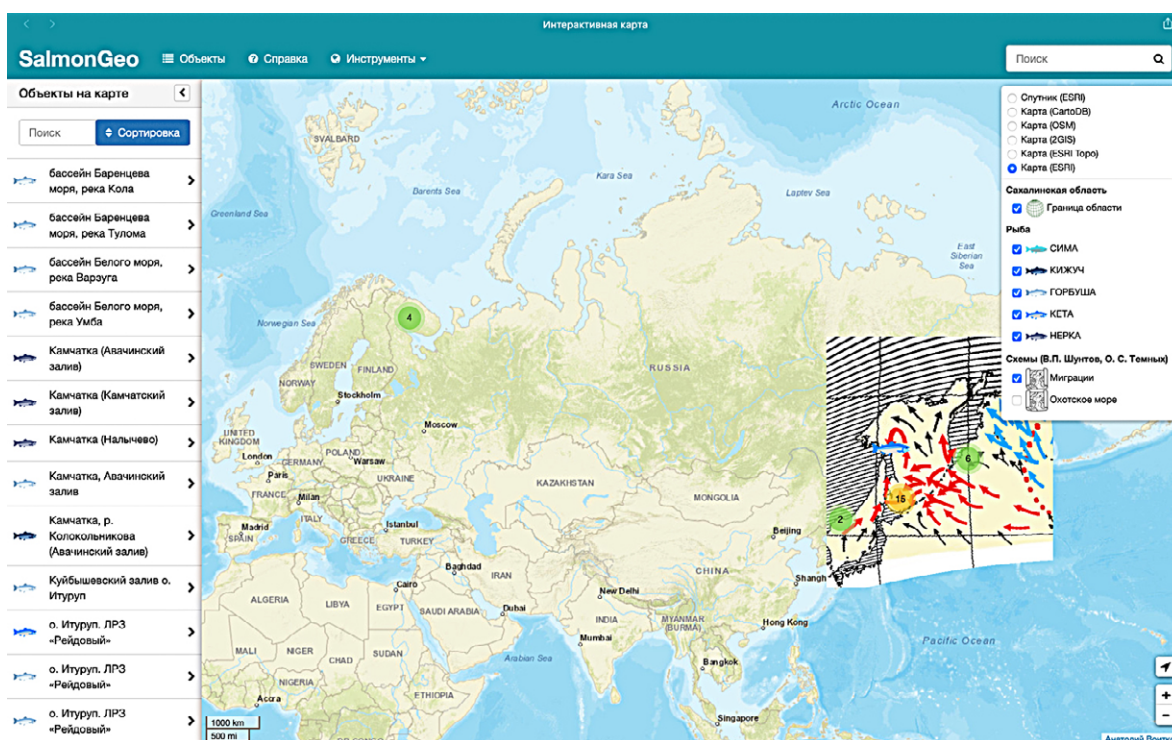


Рис. 1 Интерфейс интерактивной карты SalmonGeo.ru

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковековдова Л.Т. Микроэлементы в морских промысловых объектах Дальнего Востока России // Известия ТИНРО. 2011. Т. 165. С. 151-169.
2. Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Лукьянова О.Н. Биоиндикация загрязнения прибрежных вод Японского моря // Океанология. 2019. Т. 59, № 1. С. 85-92.
3. Христофорова Н.К., Литвиненко А.В. Отражение геохимических условий среды на микроэлементном составе тихоокеанских лососей // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: сборник VIII Международной научной конференции в рамках Балтийского морского форума. Калининград, 2020. С.139-147.
4. Христофорова Н.К., Литвиненко А.В., Алексеев М.Ю. и др. Микроэлементный состав горбуши из рек баренцевоморского и охотоморского бассейнов // Российский журнал биологических инвазий. 2023. №2. С. 272-287.

УДК 574.587; 594.121; 639.2/.3

Сравнительная характеристика биологических показателей устрицы тихоокеанской (*Magallana gigas*) в лагуне Буссе в период 2019–2025 гг.

Р.Т. Гон^{1, 2}, Т.А. Кокорина^{1, 2}, Н.Т. Савина^{1, 2}

Научный руководитель – В.С. Лабай¹, Д.А. Галанин¹

¹ Сахалинский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»),

г. Южно-Сахалинск, Россия

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

gonrt@sakhniro.vniro.ru

Лагуна Буссе расположена на юге о. Сахалин и является одним из немногих мест естественного обитания тихоокеанской устрицы *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) на Дальнем Востоке. Пространственная неоднородность и биопродуктивность поселений устрицы в этом районе во многом определяются микрорельефом подводного ландшафта типа веррукоид (в нашем случае – устричный) [Арзамасцев, Преображенский, 1990; Преображенский и др., 2000]. Поверхность дна на устричном веррукоиде отличается слабой наклоном и покрыта скоплениями (друзами) устриц разных размерных групп. Промежутки между друзами заполнены илесто-песчаными отложениями с включением раковины дресвы и целых створок двустворчатых моллюсков. В устричном веррукоиде помимо самих устриц встречаются также трепанг дальневосточный *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867), мидия Грея *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853), метридиум старческий *Metridium senile* (Linnaeus, 1761), кукумария японская *Cucumaria frondosa japonica* Semper, 1868.

В работе использованы результаты мониторинга мест обитаний моллюска с применением методов ручного сбора. Данный метод обеспечивает корректное сопоставление межгодовой динамики по удельным и суммарным показателям. Всего за период исследований было выполнено 72 учётных станций, проанализировано 263 экз. устрицы.

Целью настоящего исследования является проведение сравнительного анализа биологических показателей *Magallana gigas* в лагуне Буссе за период 2019–2025 гг.

В течение 2019–2025 гг. на фоне антропогенного воздействия состояние поселений моллюска в лагуне показало высокую изменчивость. В 2019 г. состояние ресурсов устрицы оценивалось как стабильно низкое [Ким, 2020]. Общий запас составлял около 24,1 т, при этом доля промысловых особей (с высотой раковины более 120 мм) была крайне низкой – 15,8 %. Промысловая биомасса составила 3,8 т. Средняя масса устрицы в этот период равнялась $142,5 \pm 9,7$ г, высота раковины – $91,8 \pm 2,1$ мм, а основную часть популяции формировали молодые особи размерной группы 60–80 мм.

В 2020–2023 гг. отмечалось дальнейшее сокращение плотности поселений, что было обусловлено усилением антропогенного воздействия, а также снижением численности на отдельных устричных «банках», где ранее преобладали устойчивые поселения. В 2020 г. средняя высота раковины составила $82,8 \pm 2$ мм, масса – $113,1 \pm 9,3$ г. Доля промысловых устриц сократилась до 8 %,

а для большей части акватории была характерна доминирующая доля мелко-размерных особей с размерами раковины 70–90 мм (58 %). В 2023 г. общий запас устрицы достиг 35,2 т, из которых на промысловую часть приходилось 4,2 т (12 %). Несмотря на незначительное уменьшение удельной плотности поселений моллюска, отмечено увеличение средней массы ($167,7 \pm 12,3$ г) и средней высоты раковины ($87,9 \pm 2,3$ мм). В этот период преобладают особи размерной группы 60–80 мм (64 %), а доля промысловых моллюсков сохранялась низкой.

К 2025 г. общий запас устрицы составил 12 т, что на 50 % меньше уровня 2019 г. Доля промысловых особей снизилась до 11 %, а промысловая биомасса составила около 1,32 т. Средняя плотность поселений с 2019 г. на отдельных устричных «банках» уменьшилась с 54 до 15 экз./м², а биомасса – с 4,04 до 2,19 кг/м². В то же время размерно-массовые показатели особей выросли – высота раковины достигла $97,4 \pm 2,6$ мм, а масса – $163,5 \pm 13,6$ г.

По результатам наблюдений состояние популяции устрицы в лагуне Буссе за период 2019–2025 гг. характеризуется снижением биомассы и уменьшением доли промысловых особей. Полученные данные указывают на необходимость применения дополнительных мер по регулированию изъятия и повышению эффективности охранных мероприятий естественных поселений. Кроме того, требуется регулярный мониторинг для своевременного выявления и предотвращения рисков дальнейшего снижения ресурсов устрицы в лагуне.

Исследования выполнены в рамках государственного задания ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»

ЛИТЕРАТУРА

1. Арзамасцев И.С., Преображенский Б.В. Атлас подводных ландшафтов Японского моря. М.: Наука, 1990. 224 с.
2. Ким А.Ч. Распределение и ресурсы гигантской устрицы *Crassostrea gigas* в лагуне Буссе (залив Анива, Охотское море) // Труды СахНИРО. Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях. 2020. Т. 16. С. 3-12.
3. Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения (Управление морскими экосистемами). Владивосток: Дальнаука, 2000. 352 с.

УДК 504.064; 504.05; 614.76

Влияние автомобильного транспорта на состав атмосферного воздуха г. Южно-Сахалинска

А.С. Дегтярь, Я.П. Попова

Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
l0ginalexa@yandex.com

Автомобильный транспорт выступает в качестве одного из ключевых факторов, влияющих на экологическую обстановку застройки городского округа Южно-Сахалинска как административного центра Сахалинской области и крупнейшего транспортный узла острова [Об утверждении..., 2023].

Анализ выбросов загрязняющих веществ автомобильных потоков непосредственно на территории г. Южно-Сахалинска указывает на рост их концентрации с юга на север. Согласно показателям, представленным в докладах Министерства экологии и устойчивого развития Сахалинской области, на долю автомобильного транспорта в период с 2015 по 2019 гг. приходится почти половина суммарного выброса от всех видов источников загрязнения. В период с 2020 по 2022 гг. данные показатели снижаются до 1/5, но в 2023 г. вновь возрастают до 1/3 (табл. 1) [Доклад..., 2013–2024].

Табл. 1 Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу
на территории Сахалинской области (тонн)

№	Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Суммарное количество выбросов	135,396 тыс.	138,265 тыс.	166,66 тыс.	144,45 тыс.	96,619 тыс.	84,203 тыс.	77,623 тыс.	89,089 тыс.	114,397 тыс.
2	Выбросы автотранспорта	62,4 тыс. (46 %)	59,3 тыс. (42,9 %)	61 тыс. (36,6 %)	59,1 тыс. (41 %)	39,21 тыс. (41 %)	20,58 тыс. (25 %)	15,54 тыс. (20 %)	15,005 тыс. (16,8 %)	33,829 тыс. (29,6 %)

При этом доля выбросов автотранспорта на территории г. Южно-Сахалинска в 2012 г. составляла 49 %, в 2013 г. – возросла до 62 %, к 2018 г. – достигла наибольших показателей в 90,4 %, после чего в 2019 и 2020 гг. – сократилось до 90 % [Доклад..., 2013–2024]. О значимости влияния автомобильного транспорта на состав атмосферного воздуха города также свидетельствуют показатели среднегодовых концентраций загрязняющих веществ, среди которых был замечен рост диоксида азота (с 1,7 до 2,1 ПДК), взвешенных веществ (с 1 до 2,1 ПДК), бенз(а)пирена (до 2 ПДК) и формальдегида (до 2,2 ПДК) и сажи (до 2,2 ПДК) в период с 2018 к 2023 г.

Для вычисления показателей выбросов автотранспортных потоков в пределах районов г. Южно-Сахалинска нами были выбраны дороги улиц: Ленина, Мира, Украинской, Сахалинской, Победы, Емельянова и Пуркаева; как одни из наиболее значимых дорог общегородского и районного назначения с интенсивностью движения потока около 3 000 авто в «час пик» и относящееся к каждому из трёх районов транспортной нагрузки города. Далее в процессе исследования в период с 22 февраля по 24 марта 2025 г. были произведены замеры и расчёты показателей автотранспортного потока на 10 перекрёстках указанных ранее дорог (табл. 2).

Табл. 2 Средние показатели выбросов на участках автодорог г. Южно-Сахалинска

№	Участок	Выбросы (г/с)									
	Границы	CO	NO	NO ₂	Бензин	Керосин	PM2,5	SO ₂	CH ₂ O	C ₂₀ H ₁₂	CH ₄
	Класс опасности	4	3	2	3	3	3	2	2	1	4
1	ул. Ленина от ул. Украинская до ул. Сахалинская	0,68	0,3835	0,32	0,155	0,0175	0,0115	0,005	0,002	1,13*10 ⁻⁷	0,027
2	ул. Ленина от ул. Сахалинская до ул. Емельянова	0,894	0,07	0,45	0,21	0,03	0,013	0,0066	0,0014	1,63*10 ⁻⁷	0,036
3	ул. Ленина от ул. Емельянова до ул. Пуркаева	0,25	0,015	0,1	0,06	0,005	0,003	0,0015	0,00035	4,35*10 ⁻⁸	0,01
4	ул. Мира от ул. Украинская до ул. Сахалинская	0,3	0,02	0,115	0,07	0,006	0,004	0,002	0,00045	5*10 ⁻⁸	0,0115
5	ул. Мира от ул. Сахалинская до ул. Емельянова	0,3	0,02	0,12	0,06	0,4	0,004	0,002	0,0004	5*10 ⁻⁸	0,0113
6	ул. Мира от ул. Емельянова до ул. Пуркаева	0,14	0,01	0,585	0,0335	0,003	0,002	0,002	0,0002	2,4*10 ⁻⁸	0,005
7	ул. Украинская от ул. Ленина до ул. Мира	0,245	0,017	0,105	0,055	0,01	0,0042	0,0015	0,00045	4,1*10 ⁻⁸	0,001
8	ул. Сахалинская от ул. Ленина до ул. Мира	0,165	0,015	0,086	0,035	0,0113	0,0035	0,0011	0,00023	2,7*10 ⁻⁸	0,0065
	ул. Победы от ул. Ленина до ул. Мира	0,16	0,012	0,075	0,036	0,005	0,003	0,09	0,00023	2,2*10 ⁻⁸	0,005
9	ул. Емельянова от ул. Ленина до ул. Мира	0,0085	0,005	0,03	0,0225	0,00125	0,0009	0,0006	0,00015	1,6*10 ⁻⁸	0,0035
10	ул. Пуркаева от ул. Ленина до ул. Мира	0,14	0,001	0,06	0,03	0,0035	0,002	0,001	0,0002	2,4*10 ⁻⁸	0,0055

Согласно собранным данным о выбросах автотранспорта, анализ концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе показал, что максимальное их значение зафиксировано в северном районе города с 28-ю наибольшими показателями концентраций на анализируемых участках. Из них 3 показателя по веществам 1 класса опасности, 8 показателей – 2 класса, 12 показателей – 3 класса и 5 показателей – 4 класса. Второе место занимает центральный район с 26-ю наибольшими показателями, 3 показателя – 1 класса, 8 показателей – 2 класса, 10 показателей – 3 класса и 5 показателей – 4 класса. Наименьшее значение выбросов автотранспорта зафиксировано в южном районе города с 3 наибольшими значениями. Из них 2 показателя – 2 класса и 1 показатель – 4 класса.

В целом, данные подчёркивают неравномерность загрязнения: северный и центральный районы испытывают наибольшую нагрузку, что может быть обусловлено высокой концентрацией транспортных средств, промышленными объектами или недостаточной инфраструктурой для контроля выбросов. Рекомендуется усилить мониторинг и внедрить меры по снижению выбросов, такие как развитие общественного транспорта, ограничение движения и использование экологически чистых технологий, особенно в северном и центральном районах города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Сахалинской области (с 2012 по 2023 год). Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Сахалинской области: Южно-Сахалинск, 2013–2024 гг. – <https://ecology.sakhalin.gov.ru> (дата обращения 3.09.2025)
2. Об утверждении программы комплексного развития транспортной инфраструктуры городского округа «Город Южно-Сахалинск» на 2023–2042 годы. Постановление администрации города Южно-Сахалинска от 20.01.2023 N 163-па. – <https://yuzhno-sakh.ru/files/docs/e/5/e51d761c7d38ff3831db96d69bb4f76ca61d4897.pdf> (дата обращения 3.09.2025)

УДК 582.29; 502.75

Рекомендуемые к охране лишайники рода *Lobaria* в Сахалинской области (к обновлению региональной Красной книги)

В.В. Каганов, А.К. Ёжкин

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

С учётом большого количества публикаций по флористическим находкам лишайников в последние годы, можно сказать, что территория Сахалинской области относительно хорошо изучена в отношении данного типа растений [Ёжкин, Каганов, 2025].

В рамках работ по поиску редких видов растений и изучению их местообитаний в Сахалинской области, а также при подготовительных работах по обновлению региональной Красной книги, планируемой к выпуску в 2029 г., был подготовлен первый список, содержащий виды лишайников из рода *Lobaria* (Schreb.) Hoffm., рекомендуемые к охране.

Лишайники рода *Lobaria* обладают довольно крупным листоватым слоевищем, и, помимо зеленых водорослей, нередко содержат *Nostoc* – синезелёную бактерию в качестве водорослевого компонента. Такой сложный набор компонентов в симбиотическом организме, сильное экспонирование слоевища на воздухе и приуроченность в основном к старовозрастным и малонарушенным лесам делают данную группу лишайников чрезвычайно чувствительной к антропогенной нагрузке – загрязнению атмосферного воздуха, рубкам, пожарам и другим негативным воздействиям на лесные экосистемы. Виды рода *Lobaria* с восточноазиатским распространением [Yoshimura, 1971], обитающие в лесах Сахалинской области, находятся на северной границе ареала и имеют низкую численность, а также слабую способность к восстановлению популяции. Такие особенности лишайников рода *Lobaria* подходят под критерии для включения их в список региональной Красной Книги Сахалинской области. На данный момент в региональную Красную книгу [Чабаненко, 2019] включено всего два вида из обсуждаемого рода – *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. и *Lobaria retigera* (Bory) Trevis.

В новый список рекомендуется включить 6 видов: *Lobaria adscripturiens* (Nyl.) Hue, *L. gyrophorica* Yoshim., *L. kazawaensis* (Asahina) Yoshim., *L. meridionalis* Vain., *L. isidiophora* Yoshim., *L. isidiosa* (Müll. Arg.) Vain. Рекомендуемые виды (*Lobaria adscripturiens*, *L. gyrophorica* и *L. isidiosa*) встречаются очень редко – известные по одному или двум местообитаниям, и редко – известные по максимум 4–5 местообитаниям (*L. meridionalis*, *L. isidiophora*, *L. kazawaensis*) в Сахалинской области. Редкий лишайник *Lobaria isidiosa*, известный только с двух локаций на острове Сахалин [Каганов, Ёжкин, 2019, Ezhkin et al., 2025], уже включён в региональную Красную книгу Приморского края [Скирина, Чабаненко 2008].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ёжкин А.К., Каганов В.В. Научные коллекции ИМГиГ ДВО РАН: Лишайники / науч. ред. А.В. Копанина. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2025. – 60 с. – ISBN 978-5-6044483-6-6. – DOI: 10.30730/978-5-6044483-6-6.2025-9.
2. Каганов В.В., Ёжкин А.К. Новые местонахождения редких и охраняемых лишайников с острова Сахалин // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2019. Вып. 21. С. 1-8.
3. Скирина И.Ф., Чабаненко С.И. Лишайники. В кн.: Красная книга Приморского края. Растения. Владивосток: Апельсин, 2008. С. 489-574.
4. Чабаненко С.И. Лишайники. В кн.: Красная книга Сахалинской области. Растения и грибы. Кемерово, 2019. С. 251-288.
5. Yoshimura I. Genus *Lobaria* of Eastern Asia // Journ. Hattori Bot. Lab. 1971. Vol. 34. P. 231-364.

УДК 504.73

Количественная реконструкция динамики биомов и климатических параметров Молого-Шекснинской низменности в позднем плейстоцене и голоцене на основе спорово-пыльцевого анализа

А.В. Камыгина^{1, 2}

Научный руководитель – Е.Г. Ершова¹

¹ Московский государственный университет им. Ломоносова, г. Москва, Россия

² Череповецкий государственный университет, г. Череповец, Россия

camygina@yandex.ru

Молого-Шекснинская низменность (МШН) играет важную роль в реконструкции природно-климатической динамики позднеледникового и голоцена. Донные отложения реликтовых водоёмов, сформировавшихся при таянии ледникового покрова и сохранивших свою структуру, представляют собой уникальные палеоэкологические архивы. Их исследование играет большую роль для понимания процессов трансформации экосистем, и также может иметь значение для сохранения биологического разнообразия и геологического наследия.

Озеро Мотыкино (58.550895° с.ш., 37.613226° в.д.) расположено в северной части Восточно-Европейской равнины, в Вологодской области, на высоте 104 м над уровнем моря. Оно находится в пределах бореальной климатической зоны, имеет площадь 0,023 км² и среднюю глубину 3 м. Озеро относится к числу небольших реликтовых водоёмов, сохранившихся с конца последнего ледникового периода [Sadokov et al., 2022].

Район исследования расположен в зоне восточноевропейских бореальных хвойных лесов. Окружающая растительность представлена преимущественно елово-сосновыми лесами с примесью лиственных пород. Озеро Мотыкино находится на территории Дарвинского биосферного заповедника, более 80 % которого занимают сфагновые болота и заболоченные леса. Ландшафт включает около двух десятков небольших озёр, расположенных на заболоченных равнинах. На болотах преобладают сосна обыкновенная, кустарники семейства вересковых и различные виды осок [Кузнецов и др., 2006]. Озеро Мотыкино ранее не изучалось в палеоэкологическом аспекте, поэтому данное исследование является первым шагом в понимании его исторического природного контекста.

В 2022 г. были получены три колонки донных отложений с помощью русского бура диаметром 5 см и длиной пробоотборника 1 м. Всего было собрано и описано 236 см осадков.

В результате исследования на основе палинологических данных и AMS-датирования были получены реконструкции биомов методом количественной биомизации и реконструкции климатических параметров. В целом чётко можно выделить два контрастных периода, общая картина демонстрирует постепенную смену биомов и климатических условий от позднего плейстоцена до позднего голоцена. И на протяжении всего исследованного интервала отмечаются значительные изменения в соотношении участия биомов.

Поздний плейстоцен (около 13,3–11,7 тыс. л. н.) отличается от голоцена большей представленностью открытых биомов – тундры и степи (tundra, steppe), которые максимально представлены в позднем дриасе (~12,9–11,7 тыс. л. н.). Это соответствует низким среднегодовым температурам (око-

ло 0–2°C), а также резкому уменьшению количества среднегодовых осадков и росту индекса аридности по сравнению с предыдущим периодом – аллерёдом (>13 тыс. л. н.), для которого реконструировано количество среднегодовых осадков, близкое к современным. Вероятно, изменения влажности климата имели решающее значение для развития лесных сообществ в аллерёде и их деградации в позднем дриасе. Тем не менее, доля открытых биомов в позднем плейстоцене значительно выше, чем в дальнейшем на протяжении всего голоцена.

На границе позднего плейстоцена и голоцена (~11,7 тыс. л. н.) отмечается резкий рост участия лесных биомов, в частности хвойных (cold dec. for.) и смешанных лесов (cool mix. for.), совпадающий с быстрым потеплением и увеличением среднегодового количества осадков. Параллельно сильно сокращается участие нелесных биомов.

В начале голоцена (пребореал, ~11,7–10,9 тыс. л. н.) наблюдаются резкие колебания температур и влажности, что, однако не влияет на состав лесов. В этот период максимальны значения коэффициента аффинности биома холодный лиственный лес (cold dec. for.). В бореале (~11–8,2 тыс. л. н.) устанавливаются одни из самых высоких за исследованный период среднегодовые температуры и влажность. В этот период аридный индекс указывает на наиболее влажные условия всего голоцена. За счёт этого сильнее возрастает роль смешанных лесов (cool mix. for.).

В атлантическом периоде (около 8–5 тыс. л. н.) фиксируется максимум коэффициента аффинности смешанных лесов, что соответствует климатическому оптимуму с более высокими среднегодовыми температурами (до 6–7°C) и относительно высоким и постоянным уровнем осадков.

В суббореале и субатлантике (после ~4,5 тыс. л. н.) наблюдается снижение сигналов биомов широколиственных и смешанных лесов и усиление роли хвойных лесов, сопровождающееся общим трендом к похолоданию и увеличению влажности, но с заметными колебаниями. Коэффициенты аффинности открытых биомов (tundra, steppe) немного возрастают в субатлантике (<4 тыс. л. н.), но не приобретают заметного значения. При этом немного снижается представленность смешанных лесов (cool mix. for.). В этот период (~4,5–4,2 тыс. л. н.) формируется зональная растительность региона, что подтверждается стабильными кривыми биомов в этот временной промежуток.

Таким образом, реконструкция биомов отражает тесную сопряжённость динамики растительных сообществ с климатическими изменениями. Установленные переходы хорошо согласуются с основными климатостратиграфическими подразделениями голоцена. Полученная количественная реконструкция биомов подтверждает общепринятые представления о динамике среднерусских экосистем в течение последних ~13 тыс. л. н. [Хотинский, 1977] и дополняет их новыми региональными данными для МШН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А.В., Зеленецкий Н.М., Рыбникова И.А. и др. Очерк природных условий Дарвинского заповедника // Труды Дарвинского государственного природного заповедника. 2006. Вып. 16. С. 5-21.
2. Хотинский Н.А. Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1977. 200 с.
3. Sadokov D.O., Sapelko T.V., Fedorov G.B. Late-Glacial and Early Holocene history of Lake Khotavets (Mologa-Sheksna Lowland, NW Russia): a geodiversity conservation case study // Limnology and Freshwater Biology. 2022. N 4. P. 1562-1564.

УДК 581.522.6

Интродукция как вектор заноса чужеродных растений на Сахалин**О.О. Ложникова**

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
o.lozhnikova@imgg.ru

В последние несколько десятков лет происходит увеличение числа чужеродных видов за счёт «беглецов» из культуры. Преднамеренная интродукция выступает одним из важных способов экспансии чужеродных видов на новые территории и местообитания. Так, на территорию острова попало 134 вида растений, или около 40 % от общего числа чужеродных видов острова Сахалин.

Четырнадцать видов являются эргазииолипофитами, т.е. видами, сохраняющимися в местах своего первоначального культивирования без участия человека в виде реликтовых особей, или популяций, но не расселяющиеся по новым местообитаниям, т.е. виды, сохранившиеся в качестве «остатка». Подавляющее большинство (120 видов) интродуцированных в качестве декоративных, пищевых и лекарственных видов всё же выходят за пределы первоначального места заноса и распространяются сначала на прилегающие территории, затем дальше. Некоторые из них становятся инвазионными (*Lupinus nootkatensis* Donn ex Sims, *Impatiens glandulifera* Royle, *Hesperis matronalis* L., *Solidago canadensis* L.).

Фанерофитами являются 43 вида, а 91 вид – травянистые растения.

Значительное количество чужеродных видов попало на остров в качестве декоративных растений. Используемые в городских посадках, на приусадебных территориях, сельскохозяйственных полях виды зачастую отмечаются вне культуры, например, виды рода *Rudbeckia* L. (*Rudbeckia hirta* L., *R. laciniata* L.) можно встретить близ дачных участков, по обочинам дорог, на свалках, в кюветах и на пустырях. Активно распространяются по нарушенным местообитаниям североамериканские виды – *Solidago canadensis* и *S. gigantea* Aiton. *Centaurea jacea* L. и *C. scabiosa* массово отмечаются на скашиваемых полях и по их окраинам, обочинам дорог, а *C. cyanus* L. единично отмечается на клумбах, близ жилья. *Lupinus nootkatensis* распространился практически повсеместно. Он массово произрастает на придорожных лугах, пустырях, в пригородных лесах, населённых пунктах, по берегам рек.

Помимо декоративных видов на остров были завезены кормовые травы, которые уже стали обычными и не воспринимаются как чужеродные: *Dactylis glomerata* L., *Lolium pratense* (Huds.) Darbysh., *Phleum pratense* L., *Poa trivialis* L. Так же, для создания высокопродуктивной силосной культуры и улучшения кормовой базы животноводческого комплекса региона в 1963 г. был завезён с Кавказа *Heracleum sosnowskyi* Manden. *H. sosnowskyi* весьма часто встречается по краям сельскохозяйственных угодий, но массового закрепления на них в настоящее время не наблюдается, так же, как и его экспансия в лесные сообщества [Ложникова, 2022]. Тем не менее, за 60 лет *H. sosnowskyi* распространился по всему Сахалину.

Процесс натурализации культивируемых видов является важным источником пополнения современной флоры острова Сахалин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ложникова О.О. Борщевик Сосновского – адвентивный вид на острове Сахалин // Растительные системы в условиях глобальных изменений: тез. конф. «Растения в муссонном климате – IX». Владивосток: БСИ ДВО РАН, 2022. С. 42.

УДК 550.42; 631.4; 582.639(571.17-21)

Особенности накопления и распределения химических элементов в системе «почва–лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L) Maxim)» на территории города Осинники, (Кемеровская область)

К.С. Масленникова

Научный руководитель – Е.В. Агеева

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
ksm12@tpu.ru

Лекарственные растения известны своей способностью накапливать большой комплекс химических элементов. Одним из ярких примеров таких растений является лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L) Maxim), с давних времён применяющийся в народной медицине в виде настоя травы, отвара корней и цветков, настойки травы, чая из цветков и листьев. Чрезмерное накопление химических элементов в растении приводит к их миграции вверх по трофическим цепям, а, следовательно, при постоянном употреблении человеком отваров, настоев и т.д., из *Filipendula ulmaria*, в котором наблюдаются повышенные концентрации химических элементов, эти элементы будут накапливаться и в его организме, что может вызывать различные заболевания [Zheng, 2024].

Город Осинники находится на территории Южно-Кузбасского эколого-географического района, где интенсивность антропогенной активности достигает максимальных показателей. В настоящее время в городе стабильно функционирует шахта «Осинниковская», специализирующаяся на добыче углей марок Ж и КЖ, ремонтно-механический завод, котельные, железная дорога. Особенности эколого-геохимической обстановки Кемеровской области являются причиной проведения различных геохимических исследований. Разнообразные геологические структуры также обуславливают интерес к данному району: на территории города имеется зона тектонического нарушения [Геологическая..., 1960].

Фактический материал, отобранный и проанализированный в период 2023–2024 гг. составил 44 пробы почвы и *Filipendula ulmaria*, обобщённый материал исследований, проведённых ранее сотрудниками отделения геологии, составил: 42 пробы почвы, 117 проб *Filipendula ulmaria*. Содержание 28 химических элементов в обеих средах определялось инструментальным нейтронно-активационным анализом (ИНАА).

Для выявления специфично накапливающихся элементов были рассчитаны коэффициенты концентрации химических элементов в почве, определённые относительно средних геометрических значений по Кемеровской области [Агеева, 2022]. В почвенном покрове г. Осинники отмечается повышенная концентрация Ca, Cr, Sb, Nd, Sm, Tb, Ta (рис. 1).

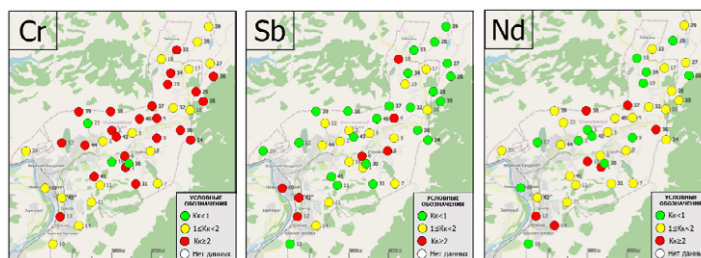


Рис. 1 Карты-схемы распределения химических элементов в почве на территории г. Осинники

Почти на всей территории города наблюдается накопление Cr в почве, что может быть связано с печным отоплением, преобладающим в городе. Также его высокое содержание видно вдоль автодорог, технологических дорог шахты Осинниковской и рядом с терриконами. Точки с высоким содержанием Nd при-

урочены к технологической дороге шахты Осинниковской, отвалу пустой породы и железной дороге, Sb концентрируется в почве рядом с железной дорогой и промплощадкой шахты Осинниковской.

Анализ коэффициентов концентрации химических элементов в *Filipendula ulmaria* (относительно средних геометрических значений содержаний элементов по Кемеровской области [Агеева, 2022]) показал, что преобладают следующие элементы: Ca, Sc, Fe, Zn, Cs, Ba, Hf, Th, и большинство анализируемых лантаноидов (La, Ce, Nd, Tb, Yb, Lu) (рис. 2).

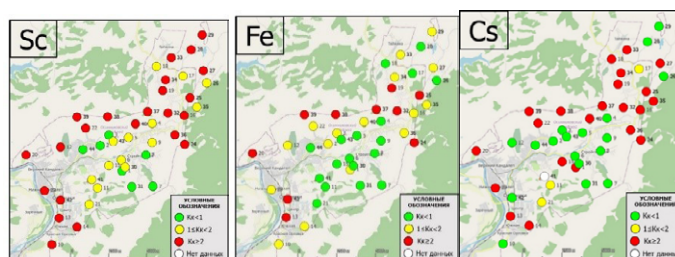


Рис. 2 Карты-схемы распределения химических элементов в *Filipendula ulmaria* на территории г. Осинники

Вдоль технологических дорог шахты Осинниковской отмечается концентрирование Cr, As, Sc, Fe, Zn, Cs, La, Nd, Ce, Eu, Rb, Sm, Sb, Tb, Yb, Lu, Hf, Th в растении. Накопление Na, Cr, Sc, Zn, Cs, La, Eu, Tb, Yb, Lu, Nd наблюдается рядом с отвалом пустой породы шахты Осинниковской. В точке, приуроченной к несанкционированной свалке, концентрируются Cs, Ba, Nd. Вдоль железной дороги наблюдаются повышенные содержания As, Na, Sc, Cs, Fe, Sb, La, Ce, Eu, Sm, Yb, Tb, Lu, Hf, Th.

Особое внимание стоит обратить на распределение некоторых редкоземельных элементов, Th и U, так как угли Кемеровской области характеризуются их высоким содержанием. Анализ соотношений редкоземельных и радиоактивных элементов в почве показал, что выделяются участки в зоне тектонического нарушения, а также приуроченные к берегам водоёмов. В *Filipendula ulmaria* по всем изученным соотношениям редкоземельных и радиоактивных элементов выделяются точки, находящиеся вдоль технологической дороги шахты Осинниковской. По соотношению $La+Ce/Yb+Lu$ дополнительно выделяется участок рядом с терриконом.

Следовательно, постоянное использование человеком *Filipendula ulmaria* в лекарственных целях с некоторых участков города повлечёт накопление химических элементов в его организме и может привести к развитию болезней. Так, повышенное содержание хрома вызывает ишемическую болезнь сердца, заболевания кожи, астматический бронхит, бронхиальную астму, рак лёгких [Бахтина Г.Г. и др., 2007]. Во избежание таких последствий следует информировать население о расположении наиболее благоприятных и неблагоприятных участков для сбора лекарственных растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеева Е.В. Редкоземельные и радиоактивные (Th, U) элементы в компонентах природной среды как индикаторы эколого-геохимических обстановок (на примере Томской и Кемеровской областей): дис. ... канд. геол.-мин. наук. Томск, 2022. 144 с.
2. Бахтина Г.Г., Ленько О.А., Суханова С.Е. Микроэлементозы человека и пути коррекции их дефицита // Патология кровообращения и кардиохирургия. 2007. №4. С. 82-89.
3. Геологическая карта: N-45-XXII. Геологическая карта СССР. Серия Кузбасская, масштаб: 1:200 000, серия: Кузбасская // ред. П.Н. Васючихев. Западно-Сибирское геологическое управление, 1960.
4. Zheng, J., Qu, X., Hou, R. et al. A comparative study of air pollution tolerance capabilities of four tree species in Xi'an city, China // Int. J. Environ. Sci. Technol. 2024. V.21. P. 665-674.

УДК 574;551.5

**Ограничения действующих подходов к оценке зимостойкости
древесных интродуцентов в условиях острова Сахалин:
критический анализ и пути пересмотра**

Д.В. Николаев^{1, 2}

Научный руководитель – П.В. Крестов³

¹ Сахалинский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН,
г. Южно-Сахалинск, Россия

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

³ Ботанический сад-институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
dimitriy.nikolayev.99@mail.ru

Оценка перспективности интродукции древесных растений на Сахалине сталкивается с ограничениями действующих методик, в частности шкалы Главного ботанического сада. Ключевая проблема – однофакторность стандартного метода оценки зимостойкости, который, по нашему мнению, в условиях Сахалинского региона возможно лишь ограниченно использовать в целях подбора интродукционного материала и интродукционных испытаний. Островные условия в зимний период (чередование оттепелей и резкого похолодания, образование ледяной корки, вынос снега ветром, зимнее иссушение, солнечные ожоги) требуют пересмотра подходов и внедрения более комплексной системы оценки. Цель настоящей работы – критически проанализировать применимость распространённых методик оценки зимостойкости для сахалинских условий и предложить направления их пересмотра.

Критический обзор отечественных публикаций и отчётов по интродукционным испытаниям (в частности анализ инвентарной книги за 2022 г. Сахалинского филиала БСИ ДВО РАН на предмет отметок о состоянии древесных интродуцентов после зимнего периода).

Зимостойкость – комплексная устойчивость к совокупности зимних воздействий и их последовательности; морозоустойчивость – переносимость низких температур [Байтулин, 2010]. Семибалльная шкала Главного ботанического сада преимущественно фиксирует степень обмерзания побегов и фактически отражает морозоустойчивость [Романова, 2018]. Применение её в отрыве от иных факторов может давать искажённую оценку перспективности интродуцентов в островных условиях. В свою очередь, о. Сахалин – пограничный биогеографический регион с высокой изменчивостью зимнего режима [Денисова и др., 2012]. Показателен пример зимы 2015–2016 г.: малоснежное начало периода привело к глубокому промерзанию почвы, последующие обильные снегопады – к задержке весеннего оттаивания [Шейко, Генсиоровский, 2017]. На фоне яркой инсоляции надземные органы активизировались при неработающей корневой системе: фиксировались зимнее иссушение, ожоги хвои и коры, повреждения нижней части кроны за счёт отражённого от снега излучения [Шейко, Генсиоровский, 2017]. Кроме того, за зимний период 2010–2011 г. В.В. Шейко и С.И. Чабаненко [2011] описали некроз хвои у некоторых видов хвойных в коллекции БСИ, который образовался за счёт перепадов температуры в снежном покрове. Анализ инвентарной книги Сахалинского филиала БСИ ДВО РАН показал преобладание следующих проблем, ассоциированных с зимним периодом: ожоги коры/хвои – 25 случаев (около 35 % всех зимних от-

меток); снеголом/полом из-за снега – 24 (~34 %). При этом количество записей об обмерзании побегов составляет 7 случаев (~10 %) от общего количества «зимних» записей.

Таким образом, можно сформулировать пути пересмотра методики для сахалинских условий. Во-первых, отказ от однокритериальных шкал в пользу интегрального подхода, где наряду с зимостойкостью учитываются вызревание побегов, сохранение габитуса, побегообразовательная способность и генеративное развитие.

Во-вторых, эколого-исторический и флорогенетический анализ. Предпочтение видам с историей существования в условиях климатической изменчивости и катаклизмов, обладающим высокой экологической пластичностью; отказ от стандартного метода подбора интродукционного материала – метода «климатических аналогов», при котором преобладающим фактором является температурный режим [Лапин и др., 1979].

В-третьих, оценка реакции на весь комплекс зимних факторов. Включение в программу испытаний мониторинга устойчивости к зимнему иссушению, обледенению/ледяной корке, а также учёта глубины и распределения снежного покрова, положения дерева в массиве (край/внутренняя часть), экспозиции кроны и микрорельефа. Так, перспективным, по нашему мнению, может являться подход применённый А.В. Гусевым и Д.Н. Сарсековой [2010], который заключается в изменении семибалльной шкалы ГБС внесением категории «штрафов» за обмерзание хвои. Данную систему можно дополнить дополнительными «штрафами» за морозобойные явления, выпревание, ожоги и др.

Методики, основанные преимущественно на обмерзании побегов и минимальных температурах, ограниченно пригодны без поправок на последовательность зимних событий и местоположение. Для Сахалина зимостойкость следует рассматривать как процесс – от осенней подготовки тканей через чередование оттепелей и замерзаний к весеннему восстановлению. Комплексная, стратифицированная по условиям площадок методика с учётом фенологии и показателя восстановления, обеспечит более надёжный прогноз перспективности интродуцентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байтулин И.О. Теоретические основы и методические подходы к интродукции растений в регионы с экстремальными климатическими условиями // Известия НАН РК. Серия биологическая. 2010. № 2. С. 18-25.
2. Гусев А.В., Сарсекова Д.Н. Pinopsida (оценка перспективности некоторых интродуцентов класса Pinopsida (хвойные)) // Известия НАН РК. Серия биологическая. 2010. № 2. С. 49-56.
3. Денисова Я.В., Ерёменко И.В., Беянина Я.П. и др. Биоразнообразие Сахалинской области: учеб. пособие. Южно-Сахалинск: изд-во СахГУ, 2012. 400 с.
4. Лапин П.И., Калущий К.К., Калущая О.Н. Интродукция лесных пород. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 224 с.
5. Романова А.Б. Интродукция древесных растений: учеб. пособие. Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнёва, 2018. 86 с.
6. Шейко В.В., Генсировский Ю.В. Влияние аномального сочетания погодных условий зимы 2015/16 годов на деревянистые растения близ Южно-Сахалинска // Физика, химия и механика снега: сб. докл. III Международного симпозиума. Южно-Сахалинск: Сахалинский филиал ФГБУН ДВГИ ДВО РАН, 2017. С. 135-139.
7. Шейко В.В., Чабаненко С.И. Возможные причины гибели хвои у некоторых растений при их зимовке в толще снега // Физика, химия и механика снега: тез. докл. Межд. симп. Южно-Сахалинск, 2011. С. 229-232.

УДК 599:577.17(571.54)

Результаты изучения элементного и микроминерального состава органов пищеварительной системы млекопитающего Республики Алтай*А.Д. Носкова, Е.В. Перегудина, Н.В. Барановская*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
adn6@tpu.ru

Исследование микроминерального состава тканей диких животных является методом изучения не только таких механизмов, как геофагия и адаптация к среде, но и состояния природной среды в местах обитания диких животных. Кроме того, данное исследование позволяет оценить риски биоаккумуляции токсичных элементов. Этот междисциплинарный подход, значимый для биологии, экологии и медицины, также помогает определить форму и вероятное происхождение микроэлементов в организме [Паничев, 2021].

Образцы для данного исследования были отобраны в Онгудайском районе Республики Алтай вблизи реки Малая Сумульта. Данная территория характеризуется значительным геохимическим разнообразием, включая участки с локальными аномалиями литофильных элементов, такими как Mo-W месторождения [Головин и др., 2010]. Гранитоидные массивы Онгудайского и Чуйского типов являются основным источником, откуда редкоземельные элементы (РЗЭ) мигрируют в почвы и кормовые растения [Поцелуев и др., 2002].

В качестве объекта исследования выступили органы и ткани дикого кабана (*Sus scrofa*). Отбор 46 проб (массой до 100 г каждая) был выполнен в рамках гранта РНФ № 20-64-4702. Пробоподготовка включала два основных этапа: высушивание (до 105°C) и озоление (до 500°C). Элементный состав органов был количественно определен методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой ICP-MS (Хвощевская А.А., ТПУ), а для детального изучения морфологии и состава отдельных частиц использовалась сканирующая электронная микроскопия SEM-EDS (Ильенок С.С., ТПУ).

Результаты изучения элементного состава показали наличие высоких концентраций иттрия и РЗЭ, что вызвало наибольший интерес к изучению микроминеральных фаз, содержащих эти элементы, и сделало их основным объектом работы. Распределение элементов в тканях органов неоднородное. Основная масса сосредоточена в органах пищеварительной системы, дыхательной системы (легкое, бронхи), а также в шерсти и ушах, остальные органы не являлись концентраторами. Однако самые высокие концентрации были обнаружены в содержимом слепой, ободочной и прямой кишки (рис. 1), представленном глинами. На данном этапе исследования органы пищеварительной системы представляют наибольший интерес для изучения.

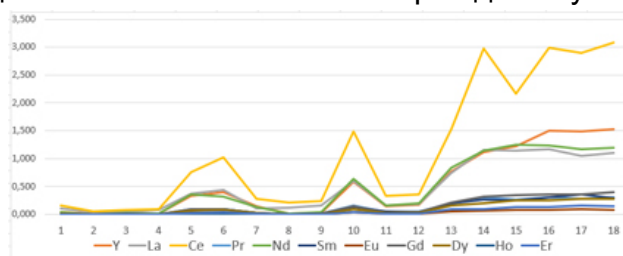


Рис. 1 Распределение РЗЭ и иттрия в пищеварительной системе дикого кабана:

- 1 – желудок; 2, 3, 4 – начало, середина, конец тонкой кишки; 5 – слепая кишка;
6, 7, 8 – начало, середина, конец ободочной кишки; 9 – прямая кишка;
10 – содержимое желудка; 11, 12, 13 – содержимое начала, середины, конца тонкой кишки; 14 – содержимое слепой кишки; 15, 16, 17 – содержимое начала, середины, конца ободочной кишки; 18 – содержимое прямой кишки

Наличие данных элементов подтверждается результатами исследования проб с помощью сканирующей электронной микроскопии. В пробах разной степени подготовки – от сухого вещества до озоленного – были обнаружены частицы, в состав которых входят иттрий и РЗЭ с преобладанием тяжелых РЗЭ иттриевой подгруппы, таких как гольмий (Ho), гадолиний (Gd), эрбий (Er) и диспрозий (Dy). Наблюдаемая пространственная ассоциация элементов, выражающаяся в расположении РЗЭ по периметру иттриевых частиц (рис. 2–3), указывает на их совместную минерализацию.

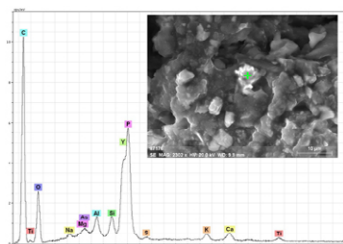


Рис. 2 Центр иттриевой частицы, обнаруженной в высушенной пробе начала ободочной кишки

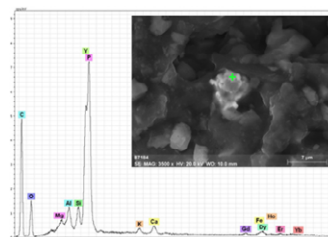


Рис. 3 РЗЭ на периферии иттриевой частицы

Специфичный геохимический фон Республики Алтай, обусловленный сочетанием природных и техногенных процессов, оказывает непосредственное влияние на элементный состав организмов [Барановская, 2024]. Геофагия как поведенческий фактор опосредует прямой перенос химических элементов из грунта в желудочно-кишечный тракт, где происходит их всасывание и селективное депонирование в тканях. Результаты проведенного исследования показывают, что начальный отдел ободочной кишки является ключевым органом-концентратором редкоземельных элементов и иттрия.

Исследования поддержаны Программой развития ТПУ Приоритет 2030 (Приоритет-2030-НИП-060-198-2025).

Авторы благодарны сотрудникам ТИГ ДВО РАН и ДВГИ ДВО РАН за помощь в отборе проб и проведение исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барановская Н.В. Эколого-биогеохимическая характеристика экосистем Дальнего Востока и динамика их изменений по данным дендрогеохимии // Геосистемы северо-восточной Азии: природные и социально-экономические факторы и структуры: сборник научных статей XII Всероссийской научно-практической конференции. Владивосток, 2024. С. 36-41.
2. Головин А.А., Криночкин Л.А., Гусев Г.С. и др. Геохимическая карта России масштаба 1:2 500 000 // Разведка и охрана недр. 2010. № 5. С. 14-21.
3. Паничев А.М. Геофагия как способ выживания растительноядных животных в ландшафтах с аномальным содержанием редкоземельных элементов // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы VI Международной конференции. Томск: Изд-во ТПУ, 2021. Т. 2. С. 59-63.
4. Поцелуев А.А., Котеков В.И., Бабкин Д.И. Редкоземельные элементы в геологических образованиях Калгутинского месторождения (Рудный Алтай) // Известия ТПУ. 2002. № 6. С. 229-246.

УДК 574.5:593.9; 591.5:582.26/.27

Биоценотические связи сахарины японской (*Saccharina japonica*) и морского ежа серого (*Strongylocentrotus intermedius*) в их сообществе в заливе Невельского, о. Сахалин

А.А. Парфентьев^{1, 2}, Н.Ю. Прохорова¹

Научный руководитель – Н.В. Колпаков¹

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

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
parfentyevaa@sakhniro.vniro.ru

Гидрологический режим залива Невельского формируется взаимодействием тёплого Цусимского и холодного Западно-Сахалинского течений. Температура воды варьирует от – 0,9°C в январе до 18–20°C в августе. Для исследуемого района характерно наличие рифовой гряды, которая отделяет от моря довольно узкое пространство – ванну сублиторального типа шириной от 100 до 250 м [Пищальник, 2000]. Мористее за грядами простирается скальное плато. Неоднородность гидрологических условий и своеобразие рельефа способствуют формированию поселений различных промысловых гидробионтов в районе исследований.

Материал собран в прибрежной зоне юго-западной части о. Сахалин в 2023 г. с применением площадочного и количественного учёта на разрезах и обработан по стандартным методикам [Изучение..., 2005]. Цель работы – оценка характера ценотических связей серого морского ежа и сахарины японской в их сообществе в заливе Невельского.

Рассматриваемое сообщество *Saccharina japonica* + *Strongylocentrotus intermedius* в исследуемом районе занимает нижний горизонт литорали и верхнюю сублитораль до глубины 5 м и имеет мозаичную структуру, соответствующую структуре грунтов в этом районе. Плотные заросли макрофитов, произрастающие в горизонте от 0,5 до 3 м и приуроченные к скалистым и каменистым грунтам, опоясаны по периферии скоплениями морского ежа.

Совместное обитание сахарины японской и серого морского ежа в сходных условиях прибрежной акватории обуславливает формирование различных типов биоценотических связей между ними.

Ключевое значение имеют трофические взаимодействия. Морской ёж потребляет сахарину на всех стадиях её развития, начиная от проростков и заканчивая взрослыми талломами. Поедая молодые проростки водорослей, он способствует их естественному прореживанию, что создает благоприятные условия для полноценного роста растений. Употребляя старые водоросли, он утилизирует их, очищая прибрежные воды от разлагающихся остатков, а также подготавливает субстрат для оседания новых зооспор сахарины японской и их последующего развития. При этом именно сахарина является основным пищевым ресурсом, определяющим рост и репродуктивный потенциал ежей. Экспериментальные данные показывают, что при кормлении сахаринной, гонадный индекс серого морского ежа достигает 15–20 %, в то время как при питании корковыми водорослями или детритом, масса гонад остаётся низкой [Крупнова, Павлючков, 2000].

Коммерческая ценность гонад морских ежей также зависит от пищевого рациона. Питание сахаринной способствует накоплению свободных аминокислот (глицина, глутамина), определяющих сладкий вкус и характерный ярко-жёлтый цвет икры, что повышает её товарные качества. При питании другими водорослями и детритом органолептические свойства гонад ухудшаются, что снижает их рыночную стоимость.

Полученные нами результаты показали, что в диапазоне глубин 0,5–5 м доля гонад с наилучшими вкусовыми качествами (категории А) превышало 50 %. С увеличением глубины увеличивалась доля «непривлекательных», с точки зрения коммерции, категорий (В и С). Хотя мы в своей работе не проводили анализ содержания кишечника морских ежей, но косвенно можно предположить, что это связано с характером питания ежа [Евсеева, 2002].

Аттрактивные и репеллентные взаимодействия формируются за счёт синтезируемых сахаринной экстрактивных веществ. Установлено, что ингибирующие соединения первого года жизни сахарины снижают пищевую активность ежей, в то время как вещества второго года жизни, включая фукоидан, напротив, активируют пищеварительные ферменты и стимулируют репродуктивные процессы [Агаркова, 2007].

Топические связи выражаются в использовании ризоидов сахарины молодью серого морского ежа как укрытия в условиях повышенного гидродинамического воздействия. Кроме того, талломы сахарины, покрытые микробной плёнкой, служат субстратом для оседания личинок ежей, что повышает выживаемость на ранних стадиях их онтогенеза.

Таким образом, сахарина японская и серый морской ёж находятся в тесной взаимосвязи и эволюционно адаптировались друг к другу. В естественных условиях, где места обитания серого морского ежа и произрастания сахарины часто совпадают, «истребление» водорослей морскими ежами обычно не происходит. Тем не менее следует учитывать, что значительное количество серых морских ежей может оказать отрицательное воздействие на ресурсы сахарины.

Исследования выполнены в рамках государственного задания ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаркова В.В. Биохимические основы биотических взаимоотношений серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* и бурой водоросли *Laminaria japonica*: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2007. 20 с.
2. Евсеева Н.В. Особенности питания морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* Agassiz // Прибрежное рыболовство—XXI век: материалы междунар. научно-практич. конф. Труды СахНИРО. Т. 3. Ч. 1. Южно-Сахалинск: Изд-во СахНИРО. 2002. С. 59-65.
3. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоёмов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Выпуск 3. Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. М.: ВНИРО, 2005. С. 135.
4. Крупнова Т.Н., Павлючков В.А. Питание серого морского ежа (*Strongylocentrotus intermedius*) в северо-западной части Японского моря // Известия ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 372-381.
5. Пищальник В.М., Бобков А.О. Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин. Часть 1. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2000. С. 174.

УДК 581.5

Продуктивность маршевых лугов на юге Сахалина (залив Анива)*И.О. Рожкова-Тумина*

Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
inna.timina@mail.ru

Марши – солёные и богатые углеродом местообитания, заселённые галофитными растительными сообществами и образующиеся в устьях рек и на илистых береговых осушках побережий приливных морей [Сергиенко и др., 2020]. Эти экосистемы хранят большое количество углерода, и смещение углеродного баланса маршевых лугов может привести к увеличению эмиссии диоксида углерода [Nkrumah et al., 2022]. Море при этом можно рассматривать как важнейший регулятор транспорта растворённого углерода и связанных с ним элементов от суши к океану [Zhang et al., 2022].

Исследования проводили в августе 2024 г. на юге острова Сахалин (побережье бухты Лососей в верховье залива Анива) на нескольких профилях, проложенных от линии моря вглубь острова (т.е. от низких маршей к высоким) и в одной внепрофильной точке (приустьевой впадине р. Сусуя). На пробных площадях в фазу максимального развития травостоя были выполнены геоботанические описания и отбор укосов для определения величины надземной и подземной фитомассы. Укосы брали с квадратов площадью 0,25 м² в пятикратной повторности с последующим перерасчётом в г/м². Растения срезали на уровне почвы; укосы высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали на электронных лабораторных весах. Номенклатура растений приведена соответственно чек-листу С.К. Черепанова [Черепанов, 1995]. Для определения подземной фитомассы в центре каждой из пяти учётных площадок отбирали почвенные монолиты объёмом 1 000 см³ из слоёв различной глубины [Титлянова и др., 1996].

Геоботаническая характеристика маршевых фитоценозов. Низкие марши характеризуются относительно небольшой высотой травостоя (от 30 до 50 см). Среднее проективное покрытие – 70 %. К доминантным видам относятся *Carex subspathacea*, *Triglochin maritimum*, *Stellaria humifusa*, *Glaux maritima*.

Верхние марши имеют более высокий и густой травостой (средняя высота – 150 см, проективное покрытие – 75 %). Доминантные виды: *Phragmites australis*, *Lobelia sessilifolia*, *Rubus arcticus*, *Carex cryptocarpa*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Sanguisorba tenuifolia*. Нередко побеги *Phragmites australis* достигают высоты 190 см.

На средних маршах отмечены травы, характерные для низких (*Carex subspathacea*, *Triglochin maritimum*, *Stellaria humifusa*) и высоких (*Phragmites australis*, *Carex cryptocarpa*) маршей. Кроме этого, там распространены *Arctopoa eminens*, *Juncus haenkei*, *Potentilla egedii*.

Травостой на приустьевом вале (внепрофильная точка) состоит из двух видов злаков: *Leymus mollis* (ПП – 30 %) и *Phragmites australis* (ПП – 70 %). Средняя высота травостоя 130 см.

Надземная фитомасса. В фазу максимального развития травостоя запасы зелёной фитомассы в надземной части составили от 105,07 до 304,03 г/м², мортмассы – от 0 до 330,56 г/м² (из них масса ветоши максимально составила 160,9 г/м², подстилки – 179,06 г/м²). Это не очень высокие показатели, которые можно объяснить следующими наблюдениями. Отличительной особенностью низких маршей оказалось, что на них отсутствует надземная мортмасса, которая вымывается с берегов приливо-отливной деятельностью моря. На приустьевом вале устья р. Сусуя отсутствует ветошь, но представлено большое (в сравнении с профильными точками) количество подстилки. На всех точках

обследуемой площади количество подстилки больше количества ветоши, но меньше зелёной массы, что говорит о слабом протекании процессов разложения и минерализации растительных остатков.

При сравнении показателей биомассы непараметрическим критерием Краскелл-Уоллиса ($p < 0,01$) значения зелёной фитомассы, отобранной на профилях, не показали статистически значимой разницы. От них отличается внепрофильная точка прируслового вала, где количество зелёной массы значительно меньше. Медианное среднее значение массы ветоши находится в диапазоне от 0 до 300 г/м². На внепрофильной точке ветошь отсутствует. Значения подстилки, несмотря на существенную разницу в минимальных и максимальных значениях, не показали статистически достоверных отличий в медианном значении. В целом из этого можно заключить, что продуктивность фитомассы на маршевых лугах залива Анива зависит от геоморфологических, гидрологических, почвенных и других факторов, а не от местоположения и видового состава фитоценоза.

Подземная фитомасса. Были получены близкие значения насыщенности корнями слоёв 0–10 см и 10–20 см. В слое 20–30 см наблюдается небольшое снижение корневой массы. В слоях 30–40 см и 40–50 см количество подземной биомассы стремится к нулю, из-за чего был сделан вывод о нецелесообразности отбора проб этих слоёв при дальнейшей работе. Более того, исследования почвенного монолита с такой глубины чреваты высокой погрешностью из-за сложностей в отборе. На низких маршах ожидалось получить меньшее количество подземной фитомассы, чем на средних и верхних маршах. Частично это подтвердилось, но нет явно выраженного тренда.

В результате исследования продуктивности травянистых сообществ прибрежных маршей бухты Лососей залива Анива был сделан вывод, что продуктивность фитомассы на маршевых лугах залива Анива зависит от геоморфологических, гидрологических, почвенных и других факторов, а не от местоположения и видового состава фитоценоза и нет необходимости в высокой плотности точек исследования. Основная корневая масса сосредоточена в слое почвы до глубины 30 см, затем её количество резко сокращается. Эти данные будут использованы при планировании будущих исследований. Также на всей исследуемой площади было обнаружено отсутствие активного разложения и минерализации растительных остатков. Разница продуктивности надземной фитомассы между заложенными профилями статистически незначима при $p < 0,01$, но от профилей отличается точка на прирусловом валу р. Сусуя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергиенко Л.А., Дьячкова Т.Ю., Андросова В.И. Флористическое богатство и насыщенность приморских растительных сообществ с доминированием *Triglochin maritima* L. (Juncaginaceae) на побережье северных морей // Национальная Ассоциация Учёных. 2020. № 53-1(53). С. 17-20.
2. Титлянова А.А., Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П. и др. Подземные органы растений в травяных экосистемах. Новосибирск: Наука, 1996. 128 с.
3. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: Мир и семья, 1995. 992 с.
4. Nkrumah T., Meiling Z., Stephen N. et al. Response of carbon budget to climate change of the alpine meadow in Gannan using the CENTURY model // Journal of Water and Climate Change. 2022. Vol. 13, N 6. P. 2298-2318.
5. Zhang W., Ge Z., Li S. et al. The role of seasonal vegetation properties in determining the wave attenuation capacity of coastal marshes: Implications for building natural defenses // Ecological Engineering. 2022. Vol. 175. 106494.

УДК 502.3

Оценка антропогенной преобразованности территорий острова Сахалин вследствие деятельности нефтегазовой отрасли

В.О. Семёнов¹, Я.П. Попова²¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия² Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия
samstalker2009@yandex.ru

Сахалин – один из ключевых регионов нефтегазодобычи России, что создаёт значительную антропогенную нагрузку на территорию. Оценка экологического состояния региона требует анализа влияния нефтегазовой отрасли на ландшафты. Актуальность исследования обусловлена необходимостью мониторинга изменений природной среды и разработки мер по сохранению экологического баланса. Комплексный анализ антропогенных преобразований позволяет оценить текущее состояние природных комплексов острова и спрогнозировать экологические риски при развитии нефтегазового сектора, что особенно важно в контексте освоения шельфовых проектов.

В исследовании для оценки антропогенной преобразованности Сахалина использовались геоинформационные системы и материалы дистанционного зондирования Земли. На основе ПО ArcGIS создана база данных, включающая инфраструктуру нефтегазовой отрасли (точечные, линейные и полигональные объекты) [Семёнов, Попова, 2023] и характеристики острова (гидрология, растительность, почвы). Проведено вычисление площадей пересечений антропогенных объектов нефтегазового сектора с природными территориями в проекции Equal Earth.

Полученные в ходе пространственного анализа данные были применены для вычисления коэффициента антропогенной преобразованности территорий по следующей формуле [Гусев, Андрушко, 2010] (1):

$$K_{\text{ап}} = \frac{\sum_{i=1}^n (r_i \times p_i \times q_i)}{100} \quad (1)$$

где r_i – ранг антропогенной преобразованности ландшафта видом объекта нефтегазовой отрасли i , характеризующий комплексность объекта с точки зрения технологического процесса; p_i – площадь территории с данным рангом преобразованности (% от всей территории); q_i – индекс глубины преобразованности территории, учитывающий основные факторы воздействия на компоненты окружающей среды.

Для классификации природных объектов и районов острова согласно коэффициентам антропогенной преобразованности была разработана следующая шкала (табл. 1).

Табл. 1 Классификация природных объектов и районов острова Сахалин согласно коэффициентам антропогенной преобразованности

Класс геоэкологического состояния объекта	Коэффициент антропогенной преобразованности $K_{\text{ап}}$
Условно непреобразованные	<2
Слабо преобразованные	2–3,80
Преобразованные	3,81–5,30
Средне преобразованные	5,31–6,50
Сильно преобразованные	6,51–7,40
Очень сильно преобразованные	>7,41

В рамках выполненного исследования расчёт антропогенной преобразованности территорий был произведён для районов острова Сахалин, а также

для природных объектов острова: типов почв, видов растительности и лесов. Часть результатов расчёта для районов острова и типов почв представлена в табл. 2 и 3.

Табл. 2 Результаты расчета коэффициента антропогенной преобразованности районов острова Сахалин

Район	Общая площадь объектов НГ, км ²	p_i , % от территории	$K_{ап}$
Анивский	1,697083557	0,06%	0,07
Долинский	5,576315943	0,23 %	0,14
Корсаковский	3,690939069	0,14 %	0,85
Макаровский	7,773359928	0,36 %	0,15
Ногликский	71,44097164	0,63 %	2,91
Охинский	74,48140549	0,50 %	1,47
Поронайский	4,116391664	0,06 %	0,11
Смирныховский	10,3058773	0,10 %	0,47
Тымовский	5,733260645	0,09 %	0,11
город Южно-Сахалинск	1,485076366	0,16 %	0,09

Табл. 3 Результаты расчёта коэффициента антропогенной преобразованности типов почв острова Сахалин [Семёнов и др., 2024]

Тип почвы	Площадь НГ, км ²	p_i , % от территории	$K_{ап}$
Буро-таёжные	12,4	0,12	0,015
Буро-таёжные иллювиально-гумусовые	20,1	0,09	0,017
Подзолы иллювиально-гумусовые	48,9	1,06	0,23
Подзолы иллювиально-железистые	8,75	1,24	0,31
Подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые	9,2	0,16	0,075
Пойменные луговые	1,4	0,11	0,006

Коэффициент антропогенной преобразованности территорий острова Сахалин – комплексный показатель влияния нефтегазовой отрасли на природную среду. Он учитывает площадное воздействие, влияние на природные компоненты, технологические особенности и глубину воздействия объектов.

Анализ показал, что только Ногликский район относится к слабопреобразованным территориям, остальные – к условно непреобразованным. Суммарный коэффициент преобразованности районов острова – 6,37, что соответствует среднему уровню воздействия на природные ландшафты (почвы, растительность, леса).

При анализе отдельных компонентов (почвы, растительных сообществ и леса) установлено, что все компоненты по отдельности относятся к условно непреобразованным (коэффициент составляет менее 2). При суммировании всех полученных коэффициентов, сумма составляет 2,14, что позволяет отнести территорию всего острова Сахалин к слабо преобразованной вследствие функционирования объектов нефтегазовой отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семёнов В.О., Попова Я.П. Обзор объектов нефтегазовой отрасли острова Сахалин с использованием геоинформационных технологий // Научный Аспект. 2023. Т 3, № 3. С. 251-260.
2. Гусев А.П., Андрушко С.В. Геоэкологическая оценка антропогенных изменений ландшафтов (на примере юго-востока Беларуси) // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 340. С.202-205.
3. Семёнов В.О., Попова Я.П. Оценка степени изменения почв острова Сахалин объектами нефтегазовой отрасли // Московский Экономический Журнал. 2024. Т. 9, № 1. С. 18-28.

УДК 581.522.5 (571.64)

Макропризнаки стволов берёз в условиях вулканических ландшафтов и морских побережий Дальнего Востока*А.И. Тальских, А.В. Копанина, И.И. Власова*

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

На Дальнем Востоке России ключевую роль в формировании лесных массивов играют берёза плосколистная (*Betula platyphylla* Sukaczew) и берёза каменная (*Betula ermanii* Cham.). Эти листопадные деревья, являющиеся однодомными и опыляемые ветром, участвуют в создании как однородных, так и смешанных лесонасаждений. Их можно встретить на прибрежных морских террасах, в речных долинах и на горных склонах. Берёзы получили широкое распространение в Северо-Восточной Азии. При этом ареал берёзы плосколистной характеризуется большей протяженностью, охватывая как северные, так и южные регионы, в отличие от ареала берёзы каменной. Оба вида, берёза плосколистная и берёза каменная, обладают устойчивостью к засушливым периодам и низким температурам, демонстрируя способность к хорошему росту в разнообразных, в том числе и экстремальных, условиях окружающей среды [Недолужко и др., 1996].

Цель – изучение структурных особенностей коры и древесины, их ширины и скорости прироста, в стволах берёзы плосколистной и берёзы каменной в различных экологических условиях на Сахалине и Курильских о-вах. В данной работе проведён анализ морфологических особенностей стволов, а также структурных характеристик коры и древесины берёзы плосколистной и берёзы каменной. Исследование проводилось на деревьях, произрастающих в различных стрессовых условиях: на морском побережье Охотского моря, в ландшафтах, сформированных активными магматическими и грязевыми вулканами Сахалина и Курильских о-вов. В каждом местообитании с 15 деревьев были измерены возраст и высота деревьев, макро- и макропризнаки коры и древесины стволов по сколам, кернам и спилам. Оценивались такие параметры, как толщина коры и величина годичного прироста коры и древесины.

Результаты показали, что берёзы, произрастающие в условиях природного стресса, демонстрируют ряд характерных изменений. Наблюдается уменьшение диаметров стволов при увеличении их числа, уменьшение высоты деревьев с повреждениями и деформациями кроны, а также искривление и эксцентричность стволов. У берёзы плосколистной формируются прикорневые структурные аномалии – капы и сувели. Структурная реакция коры старовозрастных берёз на усиление экологической напряженности выражается в уменьшении её толщины и ежегодного прироста (в среднем, в 1,5 раза). На более значительные изменения у берёзы каменной наблюдаются в условиях кальдеры вулкана Ксудач, а у плосколистной – на охотском морском побережье, где годичный прирост коры снижается в два раза по сравнению с нормой. В условиях газогидротермальных проявлений вулканов у берёзы плосколистной годичный прирост коры, напротив, увеличивается до 2,7 раза по сравнению

с нормой, что, определяется молодым возрастом деревьев (10–20 лет). Вероятно, формирование коры у молодых особей происходит более быстрыми темпами, тогда как с возрастом темп ежегодного увеличения коры замедляется. Годичный прирост древесины берёз в стрессовых условиях демонстрирует аналогичную тенденцию изменений, как и ежегодный прирост коры у старовозрастных особей, ниже нормы в среднем на 40–50%. У каменной берёзы наименьший годичный прирост древесины зафиксирован на морском побережье о-ва Уруп (в 2 раза ниже нормы), а у плосколистной – в условиях кальдеры вулкана Головнина (в 2,4 раза). Уменьшение приростов древесины приводит к изменению жизненной формы при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды.

Анализ морфологических особенностей и показателей толщины коры берёз из различных экологических условий выявил наличие структурных различий. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о высокой чувствительности коры и древесины берёз к изменениям окружающей среды. Структурные изменения, такие как уменьшение толщины коры и годичного прироста, а также изменения в строении древесины, выступают в качестве индикаторов стрессового воздействия и могут быть использованы для оценки состояния лесных экосистем в различных экологических условиях.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (121022500177-6).

ЛИТЕРАТУРА

1. Недолужко А.К., Скворцов А.К. Сем. Берёзовые – Betulaceae S.F. Gray. В кн.: Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 8. СПб: Изд-во «Наука», 1996. С. 21-50.

УДК 910.27; 551.21; 574.42

Влияние извержения Южно-Сахалинского грязевого вулкана 2020 г. на растительность*К.А. Швидская, А.В. Копанина*

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
qetrin89@mail.ru

В мире насчитывается около 1 100 наземных грязевых вулканов, располагающихся в различных биогеографических и климатических областях [Алиев и др., 2015]. Морфология и химический состав продуктов деятельности грязевых вулканов разнообразны. Тем не менее, для растительности всех грязевых вулканов характерны общие черты – она отличается от окружающих их территорий более низким видовым богатством и таксономическим разнообразием, а видовой состав сильно коррелирует с расстоянием от активной зоны. Большая часть научных работ, посвящённых растительности и флоре грязевых вулканов, содержит сведения о проведении на их территориях разовых или эпизодических обследований. При этом во внимание принимается преимущественно растительный покров грязевых полей, а состояние растительности, окружающей грязевые поля, зачастую игнорируется. Данных об оценке нарушений растительных сообществ вследствие крупных извержений крайне мало. Современные методы дистанционного зондирования Земли, в частности анализ значений вегетационных индексов, широко применяются для оценки масштабов влияния магматических вулканов на окружающую растительность, однако для грязевых вулканов таких работ немного [Beselly et al., 2021; Sijinjak, Harbowo, 2025].

Целью исследования является оценка влияния крупного извержения Южно-Сахалинского грязевого вулкана (ЮСГВ) 2020 г. на растительность при помощи вегетационных индексов NDVI и SAVI. ЮСГВ располагается в предгорье Мицунского хребта в 18 км от г. Южно-Сахалинск, является памятником природы регионального значения [Государственный..., 2021]. Вулкан входит в подзону темных хвойных лесов с преобладанием пихты [Крестов и др., 2004]. Со второй половины XX в. известно о четырёх крупных (1959, 1979, 2001, 2020) и двух малых (1994–1996, 2011) извержениях ЮСГВ.

Для проведения анализа были отобраны 22 спутниковых снимка (Sentinel-2) за разные сезоны 2018–2021 гг. По всем снимкам были рассчитаны вегетационные индексы NDVI и SAVI. Определены границы луговых и лесных растительных сообществ, окружающих эруптивный центр вулкана. Проверка полученных результатов осуществлена по материалам полевых маршрутно-рекогносцировочных обследований территории ЮСГВ за 2018–2025 гг. Цифровая модель поверхности ЮСГВ сформирована на основе данных ALOS World 3D-30m.

Луговые сообщества, произрастающие на территории эруптивного центра ЮСГВ до извержения 2020 г., были успешно классифицированы по снимкам за середину вегетационного периода – с середины июня по конец сентября. Границы новообразованного грязевого поля дешифрируются в течение всего периода, когда на территории вулкана отсутствует снежный покров – с начала–середины мая до начала ноября. В начале вегетации – с начала мая до середины июня – чётко просматриваются участки растительности, находящейся под влиянием периодической пароксизмальной и постоянной грифонно-сальзовой активности ЮСГВ. Это растительные сообщества, произрастающие на отложениях разновозрастных грязевых полей, в местах локализации грифонов и сальз в границах леса, а также территория запруды, образовавшейся в долине р. Алат после извержения 2020 г. В этот период значения вегетационных индексов для таких участков минимальны. Пониженные значения вегетационных индексов в течение всего периода вегетации характерны и для участков угнетённого темного хвойного леса, произрастающего к востоку, северо-западу и юго-западу от эруптивного центра ЮСГВ, что особенно отчётливо выраже-

но по результатам расчёта индекса SAVI. Индекс SAVI даёт достаточно информативный результат при классификации зарослей высокотравья в разреженном лесе. Его значения для этих участков максимальны с начала июня до конца августа.

По результатам работы создана крупномасштабная карта растительности ЮСГВ и оценены масштабы нарушения растительного покрова вследствие крупного извержения 2020 г. Площадь выброшенной при извержении сопочной брекчи, и, соответственно, уничтоженной растительности, составила ~32 700 м². Из них площадь уничтоженных луговых сообществ достигает ~29 700 м², а лесных ~3 000 м². Зона нарушенной, т.е. пострадавшей вследствие выброса обломочных пород, разрывов грунта, подтока флюида, перекрытия русла р. Алат, растительности окружает грязевой поток. Площадь этой зоны практически сопоставима с площадью нового грязевого поля и составляет ~29 500 м². Луговые сообщества были нарушены на территории площадью в ~16 500 м², а лесные, сосредоточенные преимущественно в районе образовавшейся запруды, в ~13 000 м². Таким образом, общая площадь уничтоженной и нарушенной растительности в результате извержения ЮСГВ составила ~62 200 м², т.е. более 15.5 % от площади вулкана как особо охраняемой природной территории (40 га) [Государственный..., 2021].

Предыдущее мощное извержение ЮСГВ, произошедшее в декабре 2001 г., по объёмам выброшенной сопочной брекчи было крупнее извержения 2020 г. Площадь новообразованного грязевого поля была определена в ~40 000 м² методом глазомерной оценки, проведённой весной–летом 2002 г. [Мельников, 2002]. При двух извержениях грязевой поток двигался в северо-западном направлении от эруптивного центра ЮСГВ к р. Алат и перекрывал русло реки. Оценка нарушения растительного покрова вследствие извержения 2001 г. не производилась. Согласно проведённому нами исследованию, можно предположить, что общая площадь нарушений растительного покрова ЮСГВ при извержении 2001 г. могла достигать ~80 000 м².

Мы считаем, что проведение оценки последствий вулканической активности необходимо для понимания масштаба экологического ущерба, разработки эффективных стратегий сохранения и управления экосистемами. При этом применение методов полевого обследования территории в комплексе с методами дистанционного зондирования Земли является наиболее актуальным и целесообразным. По спутниковым данным возможно произвести реконструкцию былой деятельности вулкана, оперативно выявить возникновение новых нарушений, определить состояние растительности при помощи анализа результатов вегетационных индексов, а также установить местоположение дополнительных источников активности вулкана вдали от его эруптивного центра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г. и др. Атлас грязевых вулканов мира. Баку: Nafta-Press, 2015. 332 с.
2. Государственный кадастр особо охраняемых природных территорий регионального значения Сахалинской области. Южно-Сахалинск, 2021. С. 729.
3. Крестов П.В., Баркалов В.Ю., Таран А.А. Ботанико-географическое районирование острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы Международного сахалинского проекта). Часть 1. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 67-90.
4. Мельников О.А. Южно-Сахалинский газоводолитокластитовый («грязевой») вулкан – уникальный объект Природы на Дальнем Востоке России: путеводитель экскурсии на вулкан для участников международного научного симпозиума 24–28 сент. 2002 г., Южно-Сахалинск. Южно-Сахалинск: ИМГиГ СахНЦ ДВО РАН, 2002. 48 с.
5. Beselly S.M., Wegen M., Grueters U. et al. Eleven years of mangrove-mudflat dynamics on the mud-volcano-induced prograding delta in East Java, Indonesia: Integrating UAV and satellite imagery // Remote Sens. 2021. Vol. 13, N 6. P. 1-28.
6. Sitinjak E.S., Harbowo D.G. Towards a Geobotanical Insight into Vegetation Adaptation in Quaternary Mud Volcanoes: Java Island, Indonesia // J. Multidiscip. Appl. Nat. Sci. 2025. Vol. 5. N 2. P. 658-673.

НАУЧНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ

VII МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ–ШКОЛА
ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И КАТАСТРОФЫ:
ИЗУЧЕНИЕ И АДАПТАЦИЯ

13–16 октября 2025 г.
Южно–Сахалинск, Россия

Тезисы докладов

Редакторы:

к.т.н. А. А. Верхотуров
к.г.–м.н. О. А. Никитенко
К. А. Швидская

Электронная верстка: А.А. Филимонкина
Дизайн обложки: А.А. Филимонкина

Размещено в открытом доступе
на сайте www.imgg.ru

Дата подписания к использованию 20.10.2025.
Электронное сетевое издание. – 7.20 Мб.
Заказ № 8074.

ФГБУН Институт морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения РАН
693022, г. Южно-Сахалинск. ул. Науки, 1Б