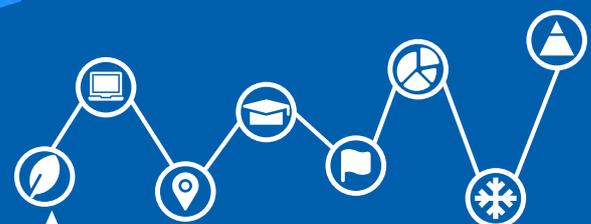


ISSN:3034-1434

Том / Vol. **2**
№ / No. **4**
2 0 2 4



Арктика и инновации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Мурманский арктический университет» (ФГАОУ ВО «МАУ»)
Federal State Autonomous Educational Institution
of Higher Education "Murmansk Arctic University" (FSAEI HE "MAU")

Научный журнал

«Арктика и инновации»

Том 2 / № 4 / 2024

Scientific Journal

"Arctic and Innovations"

Vol. 2 / No. 4 / 2024



ФГАОУ ВО «МАУ»
FSAEI HE "MAU"



Том **2**
№ **4**
2 0 2 4

Периодичность

4 раза в год

Префикс DOI

<https://doi.org/10.21443>

ISSN

3034-1434

Учредитель, издатель, редакция

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет»

Адрес

ул. Спортивная, д. 13, г. Мурманск, Россия, 183010

Сайт

<https://www.arcainnov.ru/>

E-mail

arcainnov@mauniver.ru

Выход в свет

15 декабря 2024

Копирайт

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», оформление, 2024

Цена

Распространяется бесплатно

Условия распространения материалов

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

Редакторы-корректоры

Пигулевская И.С., Зелексон Л.А.

Верстка

Храмова О.В.

Целью журнала является создание ведущей международной экспертно-аналитической площадки, на которой будут обсуждаться актуальные вопросы научного формирования и практической реализации арктических инновационных исследований и разработок, а также содействие развитию фундаментальных и прикладных знаний в области арктических инноваций и выявления критериев для их устойчивого развития.

Задачи журнала:

- освещение новейших результатов научной и научно-практической деятельности в области разработки и реализации арктических инноваций в разнообразных сферах обеспечения комфортного проживания человека в Арктике: социально-экономическое развитие, инновационные технологии, особенности международного арктического сотрудничества, мониторинг и сохранение природных экосистем, климат и космическая погода в полярных регионах, применение информационных технологий в арктических исследованиях, урбанизация и туризм, проблемы сохранения малочисленных коренных народов Севера, арктическое здоровье, сбережение, инновации в образовании и др.;
- создание единой научной экспертно-аналитической площадки для интеграции знаний и опыта ведущих ученых и практиков в этих областях;
- апробация научных исследований ученых и аспирантов, занимающихся арктическими инновационными исследованиями и разработками.

Главный редактор

Шилин Михаил Борисович, доктор географических наук, профессор, Российский государственный гидрометеорологический университет (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора

Щебарова Наталья Николаевна, доктор экономических наук, профессор, Мурманский арктический университет (Мурманск, Российская Федерация)

Редакционная коллегия

Ахмад Алаа Али, кандидат географических наук, эксперт по экологии Генеральной дирекции сирийских портов (Тартус, Сирийская Арабская Республика)

Дун Сянли, кандидат биологических наук, преподаватель, сотрудник лаборатории биологии и водной среды Чжэцзянского Океанического университета (Чжэцзян, Китайская Народная Республика)

Жигульский Владимир Александрович, кандидат технических наук, заслуженный эколог Российской Федерации, директор ООО «Эко-Экспресс-Сервис» (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Жигунова Галина Владимировна, доктор социологических наук, доцент, заведующий кафедрой философии и социальных наук, Мурманский арктический университет (Мурманск, Российская Федерация)

Зимин Алексей Вадимович, доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории геофизических пограничных слоев Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Истомин Евгений Петрович, доктор технических наук, профессор, и. о. директора Института информационных систем и геотехнологий Российского государственного гидрометеорологического университета (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Коренева Анастасия Вячеславовна, доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры филологии и медиакоммуникаций, Мурманский арктический университет (Мурманск, Российская Федерация)

Кузьмичева Татьяна Викторовна, доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры психологии и коррекционной педагогики, директор психолого-педагогического института, Мурманский арктический университет (Мурманск, Российская Федерация)

Огородов Станислав Анатольевич, доктор географических наук, МГУ им. М.В. Ломоносова, заведующий НИЛ геоэкологии Севера (Москва, Российская Федерация)

The Arctic is one of the largest territories of Russia that the state pays close attention to. It is proven by the number of strategic documents of innovative development that have been adopted or are being prepared for adoption. From the point of ensuring national security and stable development of the Russian Federation, it is vital for the country's geopolitics to explore the Arctic. Innovation in the Arctic as a driving factor of progress is of critical priority in modern scientific research. Without innovation, it would be impossible to advance.

The international scientific journal "Arctic and Innovations" is devoted to the specifics of innovations in the Arctic. The journal publishes articles on innovative activities in ensuring comfortable environment for people, Arctic economy and management, tourism, social development of territories, education, etc. The articles present both a complex inter- and multidisciplinary outlook on the processes taking place in the Arctic. Therefore, the research covering the issue from various perspectives such as geography, history, economics, political science, sociology, education, etc., is given priority.

The editorial board welcomes works that make significant difference to the theory and methodology of regional studies.

Editor-in-chief

Mikhail B. Shilin, Dr. Sci. (Geography), professor, Russian State Hydrometeorological University (Saint Petersburg, Russian Federation)

Deputy editor-in-chief

Natalja N. Schebarova, Dr. Sci. (Economy), professor, Murmansk Arctic University (Murmansk, Russian Federation)

Editorial board

Ahmad Alaa Ali, PhD (Geography), environmental expert at the General Directorate of ports in Syria (Tartus, Syria)

Xiangli Dong, PhD (Biology), lecturer, research fellow of the Laboratory of the biology and water environment, Zhejiang Ocean University (Zhejiang, China)

Vladimir A. Zhigulsky, Cand. Sci. (Technical), Honored ecologist of Russian Federation, director, Eco-Express-Service Ltd (Saint Petersburg, Russian Federation)

Galina V. Zhigunova, Dr. Sci. (Sociology), associated professor, head of the Chair of Philosophy and Social Sciences, Murmansk Arctic University (Murmansk, Russian Federation)

Alexey V. Zimin, Cand. Sci. (Phys. and Math.), Dr. Sc. (Geography), head of the Laboratory of geophysical boundary layers, Shirshov Institute of Oceanology of RAS; professor of the Department of oceanology, Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russian Federation)

Yevgenij P. Istomin, Dr. Sci. (Technical), professor, head, Institute of Informational Systems and Geotechnology, Russian State Hydrometeorological University (Saint Petersburg, Russian Federation)

Anastasija V. Koreneva, Dr. Sci. (Pedagogic), associated professor at the Chair of philology and media-communications, Linguistic Institute, Murmansk Arctic University (Murmansk, Russian Federation)

Tatjana V. Kuzmicheva, Dr. Sci. (Pedagogic), associated professor, professor, Chair of psychology and correcting pedagogic, head, Psycho-Pedagogical Institute, Murmansk Arctic University (Murmansk, Russian Federation)

Stanislav A. Ogorodov, Dr. Sci. (Geography), professor, principal research fellow and head of the Laboratory of the geoecology of the Northern region of the Department of geography at the Moscow State Lomonosov University (Moscow, Russian Federation)



Vol. **2**
4
2 0 2 4

Frequency

quarterly

DOI Prefix

<https://doi.org/10.21443>

ISSN

3034-1434

Founder, publisher, editorial office

Murmansk Arctic University

Address

183010, Russian Federation, Murmansk, Sportivnaya str., 13

Website

<https://www.arcainnov.ru/>

E-mail

arcainnov@mauniver.ru

The publication

15 December 2024

Copyright

Murmansk Arctic University, layout, 2024

Price

free

Distribution

The content is distributed under the Creative Common License CC BY

Editors and proofreaders

Irina S. Pigulevskaya, Lev A. Zelexon

Верстка

Olga V. Khramova

- 6** Управление инновациями в нефтегазовой отрасли на примере деятельности АО «Инжиниринговый центр “Кронштадт”»
Спирidonov A.A., Фадеев A.M.
- 17** Изменчивость гидрофизических полей под влиянием прилива в области стокового фронта в Онежском заливе Белого моря по данным наблюдений, выполненных в июне 2023 года
Зимин A.B., Атаджанова O.A., Свергун E.И., Коник A.A.
- 30** Воздействия ремонтного дноуглубления на природную среду в порту Сабетта (Обская губа) и компенсация их негативных эффектов
Ахмад Алаа Али, Жигульский В.А., Шилин М.Б., Леонтьева Е.О.
- 43** Экология прибрежной тундры Варандея. Состояние компонентов природной среды на основе нормируемых показателей
Мартынов С.В.
- 82** Эксплуатация полигонов твердых коммунальных отходов в условиях северного климата
Забелина А.В.
- 88** Возможно ли существование реликтового примата в условиях Крайнего Севера?
Сапунов В.Б.
- 106** Изучение межгодовой изменчивости численности популяций млекопитающих в Нижне-Свирском заповеднике методом зимнего маршрутного учета
Асоскова А.Е., Скворцов В.В.
- 125** «Союзные (Северные) конвои и ленд-лиз 1941–1945 гг.»: открытие выставки в Российском государственном гидрометеорологическом университете
Соломонов В.П., Данилевская В.А.

Innovation management in the oil and gas industry on the example of JSC Kronstadt Engineering Center <i>Andrei A. Spiridonov, Alexey M. Fadeev</i>	6
Variability of hydrophysical fields under the influence of tides in the river plume frontal zone of the Onega Bay of the White Sea according to a study conducted in June 2023 <i>Aleksey V. Zimin, Oksana A. Atadzhanova, Egor I. Svergun, Aleksandr A. Konik</i>	17
Environmental consequences of maintenance dredging in the port of Sabetta (Gulf of Ob) and compensation measures <i>Akhmad Alaa Ali, Vladimir A. Zhigulsky, Mikhail B. Shilin, Ekaterina O. Leonteva</i>	30
Ecology of the coastal tundra of Varandei. State of natural environment components on the basis of normative indicators <i>Sergey V. Martynov</i>	43
Operation of solid municipal waste landfills in northern climates <i>Alexandra V. Zabelina</i>	82
Is the existence of a relict primate in the Far North possible? <i>Valentin B. Sapunov</i>	88
Inter-annual variability of mammal populations in the Nizhnesvirsky Nature Reserve by winter route sensing <i>Alexandra E. Asoskova, Vladimir V. Skvortsov</i>	106
Allied (Northern) Convoys and Lend-Lease 1941–1945: Exhibition Opening at the Russian State Hydrometeorological University <i>Vladimir P. Solomonov, Varvara A. Danilevskaya</i>	125

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 338.28

ББК 65.305.14

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-6-16>



Управление инновациями в нефтегазовой отрасли на примере деятельности АО «Инжиниринговый центр “Кронштадт”»

Спиридонов А.А.¹✉, Фадеев А.М.²

¹ ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа производственного менеджмента, г. Санкт-Петербург, Россия

² Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина ФБГУН ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Россия

✉ ispbandre@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые аспекты управления интеллектуальной собственностью в нефтегазовой отрасли, направленной на обеспечение технологического суверенитета. В исследовании проводится анализ процесса управления инновациями на примере технологии сжижения природного газа «Арктический каскад», а также изучается накопленный опыт внедрения инноваций на примере АО «Инжиниринговый центр “Кронштадт”». В исследовании представлена схема управленческого воздействия на формирование инновационной среды в нефтегазовой отрасли, а также изучен практический опыт патентования инновационных технологий.

Ключевые слова: инновации, интеллектуальная собственность, арктический каскад, нефтегазовая отрасль, СПГ

Конфликт интересов: авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Спиридонов А.А., Фадеев А.М. Управление инновациями в нефтегазовой отрасли на примере деятельности АО «Инжиниринговый центр “Кронштадт”». *Арктика и инновации*. 2024;2(4):6–16. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-6-16>

Innovation management in the oil and gas industry on the example of JSC Kronstadt Engineering Center

Andrei A. Spiridonov¹✉, Alexey M. Fadeev²

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politekhnikeskaya Str., St. Petersburg, Russia

² Lusin Institute for Economic Studies, Kola Science Center (IES KSC RAS), Apatity, Russia

✉ ispbandre@gmail.com

Abstract. This article examines the key aspects of intellectual property management in the oil and gas industry aimed at ensuring technological sovereignty. The study analyzes the innovation management process using the example of the Arctic Cascade natural gas liquefaction technology and the accumulated experience of innovation implementation using the example of JSC Kronstadt Engineering Center. The study presents a scheme of managerial influence on the formation of an innovative environment in the oil and gas industry, as well as the practical experience of patenting innovative technology.

Keywords: innovation, intellectual property, Arctic cascade, oil and gas industry, LNG

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Spiridonov A.A., Fadeev A.M. Innovation management in the oil and gas industry on the example of JSC Kronstadt Engineering Center. *Arctic and Innovations*. 2024;2(4):6-16. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-6-16>

Введение

На сегодня нефтегазовая отрасль является одной из наиболее требовательных с точки зрения технологического оснащения и использования современных технологий. Успешное развитие отрасли в долгосрочной перспективе зависит от степени инновационного развития и внедрения передовых технологических операций. На стратегическом горизонте планирования технологическое развитие позволит повысить уровень производительности труда, снизить себестоимость продукции и увеличить потенциальный объем выпускаемой продукции.

В современных реалиях ключевым вектором инновационного развития российской нефтегазовой отрасли является применение инновационных технологий, а также модернизация производств. Следует отметить, что инновации в нефтегазовой отрасли направлены не только на увеличение объема добычи углеводородных ресурсов в ходе эксплуатации месторождений. Обеспечение безопасности технологических операций является еще одним важным приоритетом. Существует потребность в новых способах контроля целостности материалов, технического обслуживания и ремонта.

По мере развития отрасли инновации для обеспечения безопасности и корректной эксплуатации становятся все более актуальными. Например, цифровые технологии позволяют компаниям нефтегазовой отрасли проводить профилактическое техническое обслуживание оборудования, выполнять испытания с использованием специальной разработанных моделей, а также осуществлять разработку интеллектуальных нефтяных месторождений, что повышает рентабельность добываемых баррелей.

На инновационное развитие российского нефтегазового комплекса оказывает большое влияние макроэкономическая обстановка. На протяжении длительного периода реализация энергетических проектов в Арктике сопровождалась активным участием зарубежных партнеров в виде поставок оборудования, технологических компонентов, программного обеспечения и т. д. [1].

Введение секторальных ограничений существенно ограничило объем зарубежных поставок и вынужденно стало драйвером развития независимой технологической политики во многих промышленных сегментах, в том числе и в нефтегазовой отрасли. За последние годы в рамках трехстороннего взаимодействия государства, промышленности и науки созданы различные технологические решения, активно применяемые на практике. Ведется постоянный процесс разработки и внедрения инноваций, успешно применяемых в производственной деятельности.

Нефтегазовый комплекс является очень требовательной областью с точки зрения технологического оснащения. Успешная реализация энергетических процессов, связанных с добычей, переработкой и транспортировкой углеводородов является надежным индикатором хорошо выстроенных и современных производственных процессов в отрасли.

Современное функционирование сложнейших производственных комплексов в суровых климатических условиях демонстрирует способность российской промышленности создавать эффективное и безопасное оборудование. Данный аспект тесно связан с вопросом импортозамещения, так

как в сложившихся условиях потребность в создании отечественных инновационных решений перманентно возрастает [2].

Российская нефтегазовая отрасль — один из ключевых сегментов применения технологий самого разного уровня. Уровень развития нефтегазового комплекса прямо и косвенно влияет на другие отрасли экономики, так как нефтегазовая продукция обеспечивает функционирование многих предприятий различного профиля деятельности. В России развитие нефтегазовой отрасли преимущественно осуществляется силами коммерческих организаций, которые владеют правами пользования отдельными месторождений для извлечения ресурсов и их дальнейшей переработки.

Особое внимание инновационному развитию нефтегазовой отрасли уделяется в рамках реализации арктических проектов, количество которых увеличивается с каждым годом в связи с большими запасами нефти и газа на территории Арктики. При этом природно-климатические особенности Арктики предъявляют чрезвычайно высокие требования к технологическому оснащению компаний, осуществляющих производственную деятельность [3].

В то же время арктические природно-климатические условия являются уникальной возможностью для реализации сложных технологически емких проектов. В частности, отрицательные температуры воздуха в Арктике используются в рамках технологического процесса по сжижению природного газа. Данная технология называется «Арктический каскад» и запатентована компанией «Новатэк». Успешное внедрение данной технологии в производственный цикл демонстрирует наличие уникальных инновационных возможностей в Арктике.

Актуальность данного исследования связана с большим количеством теоретических и практических аспектов управления инновациями в нефтегазовой отрасли и необходимостью их применения на практике.

Целью данного исследования является анализ процесса управления инновациями в нефтегазовой отрасли на примере инновационной технологии сжижения природного газа «Арктический каскад».

Задачами исследования являются:

- анализ ключевых аспектов управления интеллектуальной собственностью;
- определение схемы управленческого воздействия на формирование инновационной среды в нефтегазовой отрасли;
- изучение практического опыта патентования технологии «Арктический каскад».

Результаты исследования

Теоретический блок

Управление интеллектуальной деятельностью организации является важнейшим элементом стратегического развития, а также получения и удержания конкурентных преимуществ на стратегическом горизонте. В современных условиях управление интеллектуальной деятельностью является основой для внедрения инноваций и успешного развития. В данном случае объектом управления выступают результаты интеллектуальной деятельности.

В современных условиях развития экономики интеллектуальная собственность становится одним из наиболее ценных активов для большинства организаций в разных сферах деятельности. Термин «интеллектуальная собственность» отражает идею о том, что объект интеллектуальной собственности является продуктом разума или интеллекта и что права на интеллектуальную собственность могут быть защищены законом таким же образом, как и любая другая форма собственности. Наличие сопутствующих интеллектуальных прав является необходимым условием для лучшей идентификации, планирования, коммерциализации, визуализации и, следовательно, защиты изобретений или творческого потенциала.

Формирование охраняемого законом интеллектуального капитала приобрело важное значение в условиях меняющейся торговой среды, которая характеризуется глобальной конкуренцией, высокими инновационными рисками и коротким производственным циклом. На сегодня интеллектуальную собственность можно считать одним из ключевых элементов рыночной экономики, поскольку в процессе ее развития происходит интеграция отношений собственности и результатов интеллектуального труда высококвалифицированных сотрудников.

Управление интеллектуальной деятельностью является сложным комплексным процессом, состоящим из нескольких последовательных этапов: идентификация, контроль, обработка информации. К ключевым аспектам управления интеллектуальной собственностью относятся:

- поиск и выявление объектов интеллектуальной собственности;
- приобретение прав на использование объектов интеллектуальной собственности;
- создание системы учета объектов интеллектуальной собственности;
- охрана объектов интеллектуальной собственности.
- Объекты интеллектуальной собственности подлежат защите на законном основании. В отдельных случаях права на объекты интеллектуальной собственности могут быть обеспечены автоматически, а в некоторых необходимо пройти процедуру регистрации. В ряде ситуаций регистрация права может стать дополнительным источником монетизации для компании (например, товарный знак).

В условном материальном воплощении результаты интеллектуальной деятельности становятся объектами интеллектуальной собственности — нематериальными активами хозяйствующих субъектов. Высокая ценность объектов интеллектуальной собственности обусловлена усилением цифровой трансформация и активным использованием результатов интеллектуальной деятельности при производстве товаров и услуг. Интеллектуальная собственность способствует прогрессу и инновациям в различных отраслях.

На сегодня управление интеллектуальной собственностью организации напрямую связано с обеспечением инновационного процесса как в отдельной организации, так и в отрасли в целом. В рамках данной работы отдельно рассматривается управление инновациями в нефтегазовой отрасли. Важно помнить о том, что инновационное развитие нефтегазовой отрасли зависит от грамотного управления экономическими и технологическими процессами, происходящими в ней.

В связи с возрастающим спросом на нефть и газ в условиях экологических и ресурсных ограничений Россия фокусирует внимание на инновационном развитии нефтегазового комплекса, чтобы удовлетворить внутрен-

нюю потребность в углеводородных ресурсах, а также стабилизировать их поставки на внешние рынки. Благодаря успеху этой политики в нефтегазовом секторе возникает необходимость создания принципиально новых систем управления, базирующихся на государственном управлении ключевыми активами для поддержания инновационной активности отрасли в целом [4].

На сегодня нефтегазовая отрасль предъявляет крайне высокие требования к внедрению инноваций. Наличие современных технологий обуславливает саму возможность реализации энергетических проектов. Под технологиями в данном случае можно понимать совокупность коллективных научно-технических знаний, а также инструменты их обработки, доступные предприятиям отрасли.

Для гармоничного развития технологической оснащенности в нефтегазовом комплексе необходимо формирование инновационной среды, объединяющей природные и технические компоненты, связанные с использованием инновационного ресурса. Среди ключевых факторов формирования инновационной среды принято выделять следующие:

- целеполагание предприятий в отрасли;
- степень вовлеченности предприятий в инновационное развитие;
- объем вкладываемых инвестиций на инновации;
- взаимодействие с органами власти и т. д. [5].

Сочетание вышеуказанных факторов обеспечивает создание полноценной инновационной среды, в которой формируются предпосылки для появления объектов интеллектуальной собственности. Схема формирования инновационной среды в нефтегазовой отрасли может быть представлена следующим образом в виде схемы (рис. 1).

На сегодня в нефтегазовой отрасли постепенно увеличивается спрос на природный газ со стороны конечных потребителей. По этой причине возникает потребность во внедрении технологических инноваций, позволяющих увеличить объемы производства природного газа. По причине постепенной исчерпаемости ресурсов на доступных месторождениях все больше внимания уделяется сложным технологически емким

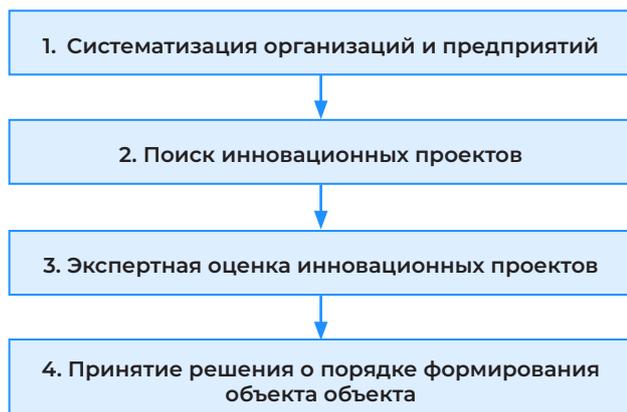


Рис. 1. Схема формирования инновационной среды в нефтегазовой отрасли

Fig. 1. Scheme of formation of an innovative environment in the oil and gas industry

проектам по добыче природного газа (в т. ч. на территории Арктики). Подобные проекты имеют стратегическое значение для обеспечения ресурсной базы российских и зарубежных нефтегазовых компаний [6].

В настоящее время в российской нефтегазовой отрасли можно выделить ключевые направления разработки новых технологий: поиск новых месторождений, глубинная добыча, транспортировка и переработка. Особое внимание уделяется созданию технологий, направленных на создание принципиально новых и совершенствованию существующих методов оценки ресурсов и запасов углеводородов.

На текущем этапе развития в нефтеперерабатывающем сегменте существует потребность в сложном высокотехнологичном оборудовании, которое способно функционировать в суровых климатических условиях. Данная задача является частью программы реализации импортонезависимости, которая направлена на массовое внедрение российских технологических решений и снижение зависимости отечественного рынка от зарубежных поставщиков.

Несмотря на сложность реализации программы импортонезависимости, Россия имеет потенциал формирования технологического суверенитета и проведения собственной независимой технологической политики. Так, российской промышленностью уже были достигнуты промежуточные результаты, позволяющие прогнозировать дальнейшее успешное развитие в сфере импортонезависимости [7].

Так, в 2023 году был создан АО «Инжиниринговый центр «Кронштадт»» (ИЦК), который изначально был задуман как центр по производству запасных частей к зарубежному оборудованию, которое в настоящее время не поставляется в Россию. В течение короткого времени данный центр не только сумел решить ряд сложных инженерно-технических задач, связанных с ремонтом высокотехнологичного оборудования, но и стал центром компетенции по вопросам выпуска оборудования для нефтегазовой отрасли.

В настоящее время сферой деятельности АО «Инжиниринговый центр «Кронштадт»» являются производство запасных частей для иностранного оборудования, эксплуатацию на российских проектах, сервис и ремонт иностранного оборудования, производство отечественного оборудования взамен иностранного. В настоящее время клиентами ИЦК являются более 40 компаний, представляющих российский топливно-энергетический комплекс, разработано более 25 000 комплектов конструкторской документации, более 14 000 деталей и комплектующих произведено и поставлено для работы оборудования на проектах.

В ИЦК создано четыре профильных центра: центр по ремонту и обслуживанию зарубежных газотурбинных установок, центр по обслуживанию роторных управляемых систем, произведенных в КНР, центр по ремонту и обслуживанию центробежного оборудования, а также центр по ремонту и обслуживанию поршневого оборудования. За короткий промежуток времени специалистами ИЦК освоены подходы не только к ремонту турбин иностранного производства, но и налажен выпуск как деталей таких установок, так и комплексного производства турбин в целом.

Прикладной блок

Отдельного внимания в контексте управления инновациями заслуживает область производства сжиженного природного газа, в рамках которого происходит процесс экстремального охлаждения природного газа до температуры -162 °С. В результате создается сжиженный природный газ (СПГ), представляющий собой жидкость, плотность которой в два раза меньше плотности воды. Технология активно применяется в современной нефтегазовой промышлен-

ности во многих странах мира. Отрасль СПГ активно развивается и масштабируется за счет увеличения спроса и доступного предложения на рынке [8].

Сегодня нефтегазовые компании используют новые технологии производства СПГ благодаря полученным недавно патентам для инноваций и совершенствования своего бизнеса. Последние патенты включают способы транспортировки криогенного топлива, регуляторы для криогенных резервуаров, съемные криостаты, устройства для наполнения криогенных резервуаров и гофрированные листы для контейнеров для хранения.

Указанные технологии повышают эффективность обработки и хранения СПГ, обеспечивая безопасность процессов. Например, съемный криостат обеспечивает теплоизоляцию и превосходный тепловой контакт, а комбинированный регулятор обеспечивает точное регулирование давления. Приобретая эти патенты, компании могут воспользоваться расширенными возможностями в области транспортировки, хранения и утилизации СПГ, что приведет к повышению эффективности и надежности их операций по сжижению природного газа [9].

На сегодня в нефтегазовой отрасли большинство крупных инновационных проектов запускается на территории Арктики. Данное обстоятельство обусловлено сосредоточением большого количества запасов энергетических ресурсов на данной территории. Большинство крупных месторождений, позволяющих осуществлять добычу нефти и газа, находится именно в Арктике.

В российской части Арктики известно более 40 углеводородных месторождений, обладающих огромными запасами газа. По оценкам экспертов в российской Арктике сосредоточено примерно 25 % от общего объема мирового запаса природного газа. И это только изведенная часть Арктики. По прогнозам, 60 % планируемой добычи нефти и газа в 2035 году будет осуществляться из месторождений, которых еще вообще нет на карте. Поэтому реализация энергетических проектов в Арктике — не просто одно из направлений деятельности, это объективная необходимость.

В то же время Арктика предъявляет чрезвычайно высокие требования технологиче-

скому оснащению компаний, осуществляющих свою производственную деятельность на данной территории. Работа в Арктике осуществляется в условиях заморозков, сильного ветра, плохой видимости и др. Подобные условия формируют повышенные требования к вложениям в технологическую составляющую промышленных объектов.

Сегодняшнее освоение Арктики невозможно без применения инновационных технологий. Долгое время потребность в технологиях обеспечивали западные компании, предоставляющие права использования собственных разработок на различных условиях. Однако с введением санкций возможности международного сотрудничества существенно сократились и возникла необходимость создания российских технологических решений.

Значимость программы импортонезависимости неоднократно подчеркивалась на самом высоком уровне, поскольку мы видим уязвимость экономики, ориентированной на импортные технологии. По этой причине в течение нескольких лет осуществляется планомерная разработка и внедрение мер, направленных на локализацию производств по выпуску оборудования, выполнение работ и оказание услуг российскими поставщиками.

Помимо очевидных сложностей, климатические условия Арктики в ряде случаев способствуют внедрению и развитию инноваций. Например, в рамках четвертой линии проекта «Ямал СПГ» была применена передовая технология «Арктический каскад», которая имеет потенциал к масштабированию и может применена при реализации аналогичных проектов.

Классическая схема сжижения природного газа предполагает трехэтапную прокачку газа под давлением с применением хладагентов с целью последовательного охлаждения до температуры -162 °С. Охлаждаясь, газ конденсируется и поступает в сепаратор (схема сжижения природного газа представлена далее на рис. 2).

Данная схема имеет ряд недостатков. На каждом из этапов требуется эксплуатация дополнительных теплообменников, насосов и турбин, что существенно увеличивает се-

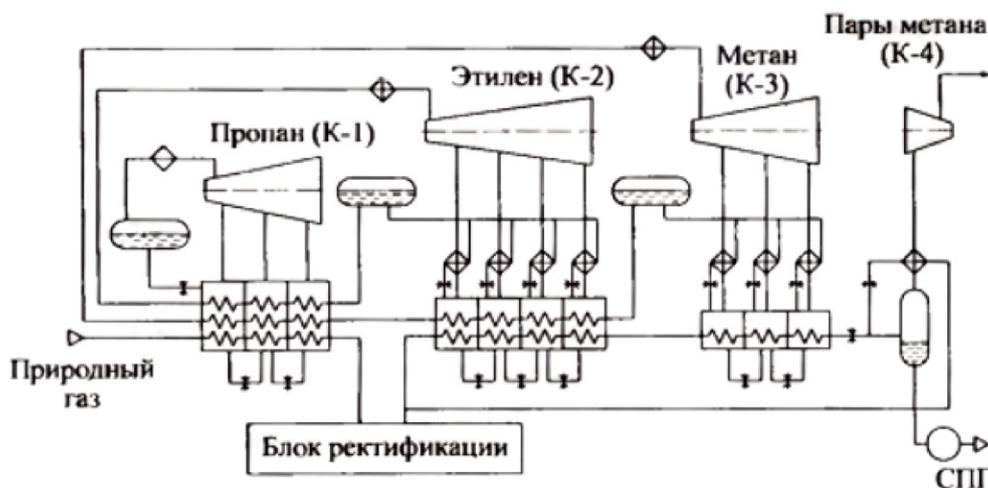


Рис. 2. Классическая схема установки сжижения природного газа с классическим каскадным циклом [10]

Fig. 2. Classic scheme of a natural gas liquefaction plant with a classic cascade cycle [10]

бестоимость всего производственного процесса. Высокая себестоимость увеличивает конечную цену создаваемого продукта, что неблагоприятно сказывается на рыночных позициях компаний производителей. При этом следует учитывать и без того крайне высокие капитальные и операционные затраты на реализацию подобных проектов (особенно для российских компаний в арктических условиях).

Снижение себестоимости в процессе создания СПГ обеспечивается либо за счет уменьшения количества итераций, либо за счет уменьшения количества используемого охлаждающего оборудования [11]. Текущий уровень развития технологий позволяет сочетать оба варианта и добиться существенного экономического эффекта.

В северных широтах естественная температура воздуха, остающаяся в основном отрицательной на протяжении большей части года, представляет собой очевидный и доступный инструмент для охлаждения природного газа. Эта идея стала основой для разработки инновационной технологии сжижения природного газа под названием «Арктический каскад», которая уже используется в проекте «Ямал СПГ».

Технология представляет собой запатентованную адаптацию специализированного процесса сжижения природного газа, которую компания «Новатэк» приобрела у немецкой компании Linde в рамках лицензионного соглашения. В большинстве случаев лицензии на использование технологии сжижения

приобретаются в комплекте с другими услугами, и лицензиар настаивает на использовании конкретного оборудования, использующего данную технологию. Компания Linde владеет лицензией на процесс охлаждения газа, который применялся на единственном заводе в Норвегии (самом северном в мире до запуска «Ямал СПГ»).

Компания «Новатэк», стремясь к технологической независимости и совершенствованию производственных процессов, начала разработку собственной технологии сжижения природного газа, опираясь на полученную лицензию на немецкую технологию. Разработка «Новатэка» представляет собой не просто копирование, а адаптацию немецкой технологии, учитывая суровые климатические условия Арктики, где «Новатэк» ведет свою основную добычу газа.

Специалисты компании столкнулись с множеством вызовов, таких как низкие температуры, сильные ветры и полярная ночь. Чтобы обеспечить эффективную и надежную работу установки сжижения газа, инженеры «Новатэка» внесли существенные изменения в немецкую технологию, оптимизировав ее для работы в экстремальных условиях. В 2018 году компания «Новатэк» запатентовала адаптированную технологию. В марте 2023 года «Новатэк» получил патент на технологию «Арктический каскад модифицированный». Полученный патент стал наглядным свидетельством активного инновационного процесса в компании, направленного на постоянное совершенствование технологии сжижения природного газа.

Запатентованная технология состоит из двух (в классической схеме предусмотрено три стадии) последовательных стадий охлаждения, осуществляемых с использованием холодного воздуха Арктики и специальных хладагентов (азота и метана). Пройдя эти этапы, природный газ сжижается и направляется в резервуары для хранения [12]. По сравнению с классической технологией «Арктический каскад» имеет множество отличительных особенностей, определяющих преимущества его использования:

- 1) использование холодного окружающего воздуха, что позволяет экономить затраты на приобретение хладагентов;
- 2) использование этана, выделенного естественным путем из природного газа (в классической технологии используется этилен, который отдельно закупается у внешних контрагентов);
- 3) повторное использование оставшегося газа для охлаждения в последующих циклах.

В результате применение технологии «Арктический каскад» позволяет сократить количество производственных этапов, а также объем закупаемых хладагентов. Кроме того, в этой технологии используется единый газотурбинный двигатель и нагнетатель (а не отдельный компрессор для каждого цикла). Эта функция может снизить расчетные затраты на электроэнергию [13]. По оценкам экспертов, эти преимущества использования рассматриваемой технологии обеспечивают снижение стоимости СПГ на 30 % [14].

Данный экономический эффект достигается за счет сокращения объема операционных затрат на стадии эксплуатации. В результате компания-производитель может существенно увеличить сумму извлекаемой прибыли в ходе реализации проекта за счет использования инноваций.

Заключение

В ходе исследования достигнута основная цель — проведен анализ процесса управления инновациями в нефтегазовой отрасли на примере инновационной технологии сжижения природного газа «Арктический каскад». В работе также проанализирова-

ны теоретические и практические аспекты управления инновациями в нефтегазовой отрасли и возможности их применения на практике.

В ходе выполнения данной работы доказан тезис, согласно которому управление интеллектуальной собственностью является важнейшей составляющей инновационного управления, влияющей на экономический рост государства. Инновационные технологии позволяют нефтегазовой отрасли достигать более высоких экономических результатов и реализовывать сложные наукоемкие проекты. Сегодня в Российской Федерации при функционировании различных структур реализуется полноценная программа обеспечения технологического суверенитета. В частности, АО «Инжиниринговый центр «Кронштадт»» представляет собой формирующийся научно-технологический кластер, центр компетенций в достижении целей обеспечения технологического суверенитета и выхода на позиции технологического лидерства. Такая работа требует всесторонней поддержки и развития со стороны как государства, так и самих энергетических компаний.

В прикладной части работы проанализированы отличительные особенности инновационной технологии «Арктический каскад» и их влияние на реализацию проекта в целом. В частности, изучено уникальное сочетание различных способов улучшения процессов охлаждения и сжижения природного газа. Синергетический эффект применения различных методов в рамках единой технологии позволяет достичь снижения себестоимости производства сжиженного природного газа на 30 %. Данный показатель является чрезвычайно высоким для нефтегазовой отрасли. Кроме того, данная инновационная технология существенно повышает локализацию производства всех комплектующих технологических линий в России. Достигнутые результаты могут быть масштабированы и применены в рамках последующих энергетических проектов.

Таким образом, на примере рассмотренной ситуации и внедрения инноваций компаний «Новатэк» доказана высокая значимость современных технологий управления инновациями и интеллектуальной собственностью.

Литература

1. Спиридонов А.А., Фадеева М.Л., Толстых Т.О. Стратегические приоритеты государственной поддержки импортозамещения в промышленности. Экономика промышленности. 2023;16(2):166–175. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-2-166-175>
2. Спиридонов А.А., Фадеев А.М. Развитие нефтегазового комплекса: переход от импортозамещения к импортонезависимости. В: Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: сб. тр. Всерос. науч.-практ. и учеб.-метод. конф., Санкт-Петербург, 15–19 мая 2023 г. Часть 2. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2023, с. 608–616.
3. Спиридонов А.А., Фадеев А.М. Стратегическое управление рисками освоения арктических шельфовых месторождений. Экономика промышленности. 2022;15(1):36–48. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-1-36-48>
4. Телегина Е.А., Студеникина Л.А. Инвестиции и инновации в нефтегазовой отрасли: необходимость и потребность энергетического развития. Нефть, газ и бизнес. 2007;(1–2):15–19.
5. Мамонова Ю.С., Иванченко Л.А. Проблемы развития инноваций в нефтегазовой отрасли России. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2013;2(9):333–334.
6. Фадеев А.М., Череповицын А.Е., Ларичкин Ф.Д. Стратегическое управление нефтегазовым комплексом в Арктике. Апатиты: Кольский научный центр РАН; 2019. <https://doi.org/10.25702/KSC.978.5.91137.407.5>
7. Сохибов А.С. Внедрение экологических инноваций в нефтегазовую отрасль при освоении северных территорий. В: Малоотходные, ресурсосберегающие химические технологии и экологическая безопасность: сб. материалов VI Междунар. молодежной науч.-практ. конф., Стерлитамак, 28 сент. 2023 г. Стерлитамак: Уфимский государственный нефтяной технический университет; 2023, с. 222–224.
8. Стеблянская А.Н., Ванг Д., Разманова С.В. Арктический СПГ России: новые тренды и возможности. Ресурсы Европейского Севера. Технологии и экономика освоения. 2018;(1):11–18.
9. Баранов А.Ю., Тихонов К.А., Андреев А.М., Березин Н.А. Энергоэффективные циклы сжижения природного газа. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2016;(1):1–8. <https://doi.org/10.17586/2310-1148-2016-9-1-8>
10. Крупные установки по сжижению природного газа. Энергетика. ТЭС и АЭС [интернет]. Режим доступа: <https://tesiaes.ru/?p=7963> (дата доступа: 10.04.2024).
11. Спиридонов А.А., Фадеева М.Л., Толстых Т.О. Стратегический подход к внедрению инноваций в Арктике на примере технологии сжижения природного газа «Арктический каскад». Экономика промышленности. 2022;15(2):177–188. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-2-177-188>
12. Новатэк получил патент на собственную крупнотоннажную технологию сжижения. Neftegaz.Ru [интернет]. Режим доступа: <https://neftegaz.ru/news/spg-szhizhenny-prirodnyy-gaz/776760-arkticheskiy-kaskad-modifitsirovanny-novatek-poluchil-patent-na-sobstvennyu-krupnotonnazhnuyu-tekh> (дата доступа: 10.04.2024).
13. Баранов А.Ю., Соколова Е.В., Иванов Л.В., Иконникова А.Ю. Перспективы развития технологий СПГ в Российской Федерации. Вестник Международной академии холода. 2023;(1):23–34. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2023-22-1-23-34>
14. Марцинкевич Б. Арктический каскад как технология. Геоэнергетика. Ru [интернет]; 08.11.2018. Режим доступа: <https://geoenergetics.ru/2018/11/08/arkticheskiy-kaskad-kak-technologie/> (дата доступа: 10.04.2024).

References

1. Spiridonov A.A., Fadeeva M.L., Tolstykh T.O. Strategic priorities of support of import substitution in industry. Russian Journal of Industrial Economics. 2023;16(2):166–175. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-2-166-175>
2. Spiridonov A.A. The development of the oil and gas complex: the transition from import substitution to import dependence. In: Fundamental and applied research in the field of management, economics and trade: Proceedings of the All-Russian scientific-practical and educational-methodical conference, St. Petersburg, May 15-19, 2023. Part 2. St. Petersburg: POLYTECHNIC PRESS; 2023, pp. 608–616. (In Russ.).

3. Spiridonov A.A., Fadeev A.M. Strategic risk management of development of the Arctic offshore fields. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2022;15(1):36–48. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-1-36-48>
4. Telegina E.A., Studenikina L.A. Investments and innovations in the oil and gas industry: the need and the need for energy development. *Oil, gas and business*. 2007;(1):15–19. (In Russ.).
5. Mamonova Y.S., Ivanchenko L.A. Problems of innovation development in the Russian oil and gas industry. *Current problems of aviation and cosmonautics*. 2013;2(9):333–334. EDN TAQBNP.
6. Fadeev A.M., Cherepovitsyn A.E., Larichkin F.D. Strategic management of the oil and gas complex in the Arctic. *Apatity: Kola Sci. Center RAS*; 2019. (In Russ.). <https://doi.org/10.25702/KSC.978.5.91137.407.5>
7. Sohibov A.S. Introduction of environmental innovations in the oil and gas industry in the development of northern territories. In: *Low-waste, resource-saving chemical technologies and environmental safety: Collection of materials of the VI International Youth Scientific and Practical Conference, Sterlitamak, September 28, 2023*. Sterlitamak: Ufa State Petroleum Technical University; 2023, pp. 222–224. (In Russ.).
8. Steblyanskaya A.N., Wang D., Razmanova S.V. Arctic LNG of Russia: new trends and opportunities. *Resources of the European North. Technologies and economics of development*. 2018;(1):11–18. (In Russ.).
9. Baranov A.Yu., Tikhonov K.A., Andreev A.M., Berezin N.A. Energy-efficient cycles of natural gas liquefaction. *Scientific journal NRU ITMO Series «Refrigeration and Air Conditioning»*. 2016;(1):1–8. (In Russ.). <https://doi.org/10.17586/2310-1148-2016-9-1-8>
10. Large natural gas liquefaction plants. *Energetika. TES i AES*. [internet]. Available at: <https://tesiaes.ru/?p=7963> (accessed 10 April 2024). (In Russ.).
11. Spiridonov A.A., Fadeeva M.L., Tolstych T.O. Strategic approach to implementation of innovation in the Arctic on the example of “Arctic Cascade” natural gas liquefaction technology. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2022;15(2):177–188. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-2-177-188>
12. Novatek has received a patent for its own large-capacity liquefaction technology. *Neftegaz. Ru* [internet]. Available at: <https://neftegaz.ru/news/spg-szhizhenny-prirodnyy-gaz/776760-arkticheskij-kaskad-modifitsirovanny-novatek-poluchil-patent-na-sobstvennyu-krupno-tonnazhnyu-tekhn> (accessed 10 April 2024). (In Russ.).
13. Baranov A.Y., Sokolova E.V., Ivanov L.V., Ikonnikova A.Y. Prospects for the development of LNG technologies in the Russian Federation. *Journal International Academy of Refrigeration*. 2023;(1):23–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2023-22-1-23-34>.
14. Martsinkevich B. Arctic cascade as a technology. *Geoenergetika.ru* [internet]; 08 November 2018. Available at: <https://geoenergetics.ru/2018/11/08/arkticheskij-kaskad-kak-tekhnologiya/> (accessed on 10 April 2024). (In Russ.).

Сведения об авторах

Спиридонов Андрей Алексеевич — аспирант,
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого,
Россия, 195251, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, д. 29
ORCID: 0000-0002-7203-1864
Web of Sciences ID: IQV-1252-2023
Scopus ID: 57226778275
РИНЦ ID: 1117722
тел.: +7 (931) 895-85-75
e-mail: ispbandrei@gmail.com

Information about the authors

Andrei A. Spiridonov — Postgraduate Student,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
Russian Federation, 195251, St. Petersburg,
Polytechnicheskaya str., 29
ORCID: 0000-0002-7203-1864
Web of Sciences ID: IQV-1252-2023
Scopus ID: 57226778275
RSCI ID: 1117722
tel.: +7 (931) 895-85-75
e-mail: ispbandrei@gmail.com

Фадеев Алексей Михайлович — доктор экономических наук, главный научный сотрудник отдела экономической политики, морской и хозяйственной деятельности в Арктике и районах Крайнего Севера Института экономических проблем им. Г.П. Лузина ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук» Россия, 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, 24а
ORCID: 0000-0002-3833-3316
Web of Sciences ID: AAR-2969-2020
Scopus ID: 57210913348
РИНЦ ID: 614337
тел.: +7 (931) 362-05-46
e-mail: FadeevTeam@yandex.ru

Alexey M. Fadeev — Dr. Sci. (Economics), Leading Researcher, Department of Economic Policy, Marine and Economic Activity in the Arctic and Far North Regions, Lusin Institute for Economic Studies, Kola Science Center (IES KSC RAS) Russia, 184209, Murmansk region, Apatity, Fersmana str., 24A
ORCID: 0000-0002-3833-3316
Web of Sciences ID: AAR-2969-2020
Scopus ID: 57210913348
RSCI ID: 614337
tel.: +7 (931) 362-05-46
e-mail: FadeevTeam@yandex.ru

Вклад авторов

Спиридонов Андрей Алексеевич — написание статьи, сбор и аналитика данных, поиск источников литературы

Фадеев Алексей Михайлович — разработка концепции исследования, формирование выводов и основных тезисов

Authors' contributions

Andrei A. Spiridonov — writing an article, collecting and analyzing data, search for literature sources

Alexey M. Fadeev — development of the research concept, formation of conclusions and main theses

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 551.466.82

ББК 26.221

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-17-29>



Изменчивость гидрофизических полей под влиянием прилива в области стокового фронта в Онежском заливе Белого моря по данным наблюдений, выполненных в июне 2023 года

Зимин А.В.¹✉, Атаджанова О.А.², Свергун Е.И.²,
Коник А.А.²

¹ Институт водных проблем Севера — обособленное подразделение ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

² ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», Москва, Россия

✉ zimin2@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлены результаты комплексного эксперимента, проведенного в июне 2023 года в Онежском заливе Белого моря. Эксперимент включал квазисовременные *in situ* и спутниковые наблюдения, выполненные вблизи стокового фронта, образованного водами реки Онеги. Основные задачи исследования заключались в описании характеристик и динамики фронта под влиянием прилива, а также в оценке причин короткопериодной пространственно-временной изменчивости характеристик термохалинных полей. Результаты показали, что приливы значительно влияют на структуру вод вблизи Лямицкого берега, при этом большой вклад вносят быстропротекающие колебания вод, связанные с короткопериодными внутренними волнами, которые часто встречаются около фронтального раздела. Исследование наглядно демонстрирует, что использование высокоразрешающих оптических и радиолокационных спутниковых изображений позволяет более эффективно анализировать фронтальную и волновую динамику, что имеет большое значение для понимания особенностей локальных гидродинамических процессов на акваториях приливных морей.

Ключевые слова: стоковый фронт, короткопериодные внутренние волны, контактные измерения, спутниковые изображения, проявления на поверхности моря, прилив, Онежский залив

Конфликт интересов: авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Зимин А.В., Атаджанова О.А., Свергун Е.И., Коник А.А. Изменчивость гидрофизических полей под влиянием прилива в области стокового фронта в Онежском заливе Белого моря по данным наблюдений, выполненных в июне 2023 года. *Арктика и инновации*. 2024;2(4):17–29. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-17-29>

Variability of hydrophysical fields under the influence of tides in the river plume frontal zone of the Onega Bay of the White Sea according to a study conducted in June 2023

Aleksey V. Zimin¹✉, Oksana A. Atadzhanova²,
Egor I. Svergun², Aleksandr A. Konik²

¹ Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre of RAS, Petrozavodsk, Russia

² Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow, Russia

✉ zimin2@mail.ru

Abstract. The results of a series of experiments conducted in June 2023 in the Onega Bay of the White Sea are presented. The study included quasi-temporal *in situ* and satellite observations in the vicinity of the river plume frontal area formed by the waters of the Onega River. The main objectives were to define the characteristics and dynamics of the area under the influence of tides, as well as to assess the causes of short-term spatial and temporal variability in the characteristics of thermohaline fields. The results show that tides have a significant effect on the structure of waters near the Lyamitsky shore. Here, a large contribution is made by fast-flowing water oscillations associated with short-term internal waves, which frequently occur near the frontal interface. The study demonstrates that the use of high-resolution optical and radar satellite imagery allows a more efficient analysis of frontal and wave dynamics, which is of great importance for understanding the peculiarities of local hydrodynamic processes in the water areas of tidal seas.

Keywords: runoff front, short-period internal waves, contact measurements, satellite images, sea surface manifestations, tide, Onega Bay

Conflict of interest: the authors report no conflicts of interest.

For citation: Zimin A.V., Atadzhanova O.A., Svergun E.I., Konik A.A. Variability of hydrophysical fields under the influence of tides in the river plume frontal zone of the Onega Bay of the White Sea according to a study conducted in June 2023. *Arctic and Innovations*. 2024;2(4):17–29. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-17-29>

Введение

Онежский залив является частью Белого моря и представляет собой вытянутый на 185 километров с юго-востока на северо-запад полузамкнутый водоем (рис. 1а). Его дно крайне неровное: в северной части глубины достигают 60 метров, а в западной и южной имеются обширные районы мелководья. Средняя глубина залива составляет около 20 метров [1]. В центральной и западной частях залива расположено множество островов. Восточный берег залива носит название Лямецкий, а южный — Поморский.

В залив впадают несколько рек, самая крупная из которых Онега. Она обеспечивает около 50 % от общего речного стока в залив. Максимум весеннего половодья приходится на май — июнь, на эти месяцы приходится 54 % годового объема стока вод [2]. Под влиянием

янием плюма речных вод в юго-восточной части залива формируется стоковая фронтальная зона с градиентами солёности на поверхности до 0,4 ‰/км [3]. Кроме градиента солёности в ней наблюдаются и температурные градиенты, которые наиболее четко выражены в конце июня — начале июля [4]. По данным спутниковых наблюдений, в этот период стоковый фронт имеет сложную дугообразную форму и вытянут преимущественно вдоль Лямецкого берега [5].

В работе [6] показано, что фронтальные разделы в Белом море подвержены значительной мезомасштабной изменчивости под влиянием ветра и прилива. При этом большая часть мезомасштабных колебаний гидрологических элементов в Белом море обусловлена именно полусуточной приливной волной M_2 (период около 12,2 часа) [7].

Под ее влиянием вблизи фронтальных разделов отмечается значительное число короткопериодных внутренних волн (КВВ) [8], образование которых вызвано взаимодействием с пикноклином самого речного плюма, механизм формирования подробно описан в [9], или меандров, возникающих на его фронте [10]. Свидетельства регистрации КВВ на кромке речного плюма продемонстрированы также в [11]. Поскольку море является областью интенсивной диссипации приливной энергии в системе морей Северо-Европейского бассейна [12], то представляется, что КВВ могут наблюдаться регулярно и вносить значительный вклад в перемешивание на обширных акваториях. Одним из таких районов, согласно результатам, представленным в [5, 8], должна быть область стокового фронта в Онежском заливе.

Однако по данным многолетнего мониторинга внутренних волн в Белом море на основе как контактных данных, так и большого архива радиолокационных изображений [13] установлено, что проявления КВВ в Онежском заливе — весьма редкое явление. Кроме того, стоит отметить, что учащенных контактных наблюдений в области стокового фронта в Онежском заливе не проводилось, а покрытие спутниковыми снимками акватории юго-восточной части залива было значительно меньше, чем для остальной акватории моря. Еще один недостаток спутниковых данных, покрывающих значительные акватории с приемлемым пространственным разрешением, заключается в том, что они несут информацию только о части процессов, протекающих в толще океана, и их качество зависит от влияния атмосферных факторов.

Для разрешения отмеченных противоречий и расширения существующих представлений о характеристиках короткопериодных ВВ в Онежском заливе Белого моря в июне 2023 года был выполнен комплексный эксперимент. Он проводился вблизи Лямецкого берега и включал квазиодновременные судовые и спутниковые наблюдения. Основные задачи работы заключались в описании по данным контактных измерений характеристик и динамики стокового фронта реки Онеги под влиянием прилива и особенностей короткопериодной изменчивости гидрофизических полей в течение приливного цикла, соответствующего гармонике M_2 , а также в оценке простран-

венно-временной изменчивости характеристик КВВ вблизи фронтального раздела на основе спутниковых снимков и в сопоставлении результатов этих разнородных наблюдений.

Материалы и методы

Измерения на гидрологических станциях и автономных буйковых станциях (АБС) в Онежском заливе были выполнены в период с 21 по 25 июня 2023 года в точках, показанных на рисунке 1а. Для измерений использовались CTD-зонды CTD48M и CTD90M (Германия). Время выполнения гидрологических станций и длительность выполнения АБС выбирались с учетом хода приливного уровня и течений, предвычисленных по приливной модели Ark2kmTM [14]. Привязка *in situ* измерений к ходу приливных течений и уровня показана на рисунках 1b и с.

Станции гидрологического разреза 1...3 были выполнены как в фазу прилива, так и в фазу отлива, а станции 4...5 — только в фазу прилива и были разнесены по времени со станциями 1...3. По данным гидрологических станций производилось построение разрезов температуры и солености, на которых выполнялось определение положения фронтальных зон как областей с резким измерением гидрологических характеристик.

АБС выполнялись при помощи двух CTD-зондов, размещенных на одном фале с заглубляющим грузом на горизонтах, выбираемых по данным предварительного CTD-зондирования. АБС выполнялись с заякоренного судна в течение полного цикла волны M_2 и включали измерения фазу прилива и отлива. В точках О_4 и 4 (см. рис. 1а) дискретность опроса датчиков зондов составила 5 минут, а в точке 1 — 2 минуты.

По результатам измерений на АБС выявлялись интенсивные колебания во временном ходе гидрологических характеристик. Они интерпретировались как прохождение КВВ через точку наблюдения, если это были колебания температуры и/или солености с периодом 5–30 минут, или как динамика фронтальной зоны, если это было отдельное резкое скачкообразное изменение гидрологических характеристик с переходом их к новым средним по времени значениям. По временной развертке оценивались размах колебаний гидрологических характеристик, вызванных

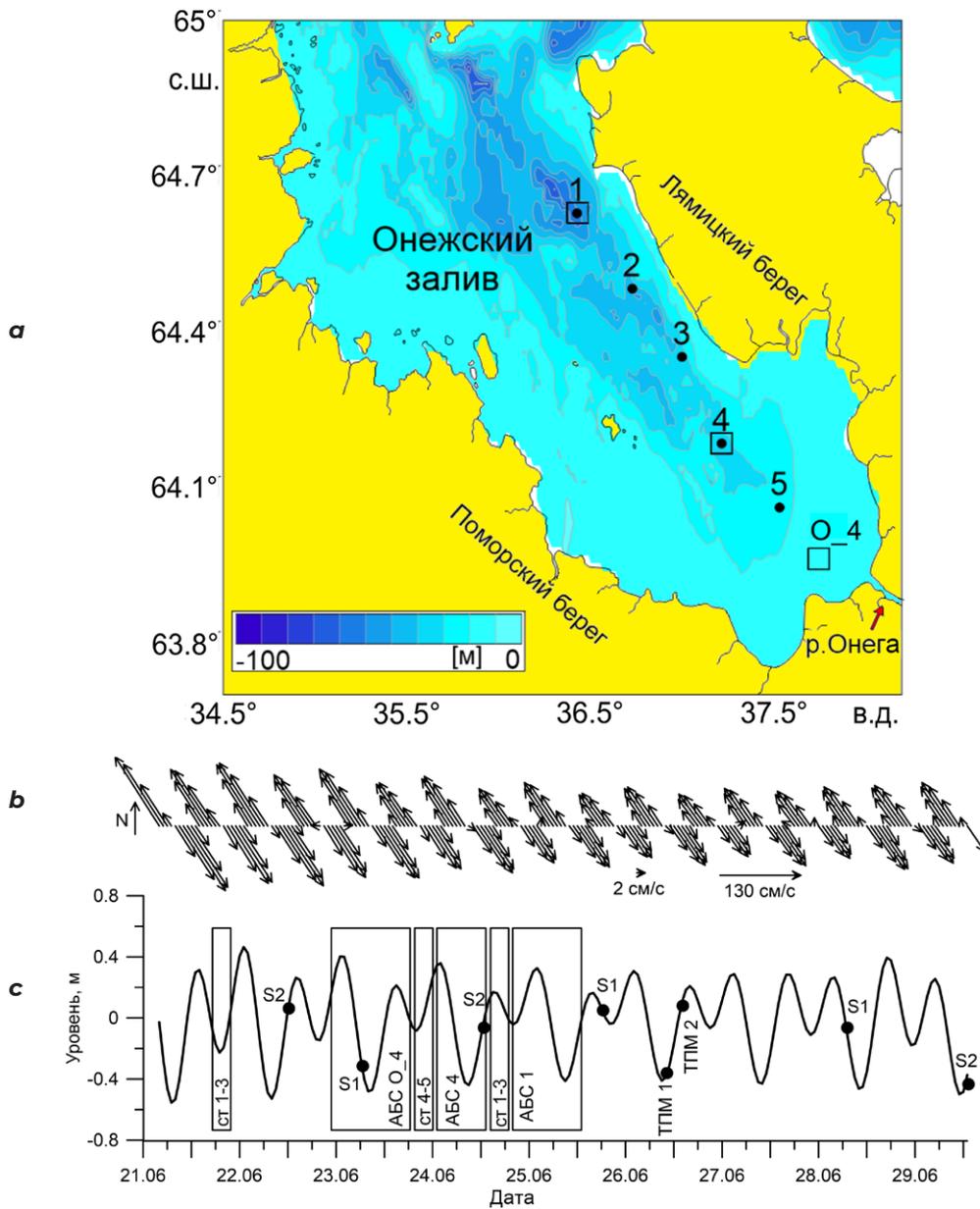


Рис. 1. Карта батиметрии Онежского залива с нанесенными положениями станций, где черная точка — станции однократного CTD-зондирования, квадраты — АБС станции (а), а также графики хода вектора приливного течения (b) и приливного уровня (c) по модели Arc2kmTM с 21 по 29 июня 2023 г. Прямоугольниками отмечены времена выполнения *in situ* измерений, черными точками показаны моменты получения спутниковых изображений (S1 — Sentinel 1, S2 — Sentinel 2, ТПМ — Suomi NPP)

Fig. 1. Bathymetry map of the Onega Bay with the positions of stations. Here, the black dot is the station of a single CTD sounding, the squares are the ABS station (a), as well as graphs of the tidal current vector (b) and the tidal level (c) according to the Arc2kmTM model from 21 to 29 June, 2023. Rectangles mark the moments of *in situ* measurements; black dots show the moments of obtaining satellite images (S1 — Sentinel 1, S2 — Sentinel 2, TPM — SST of Suomi NPP)

КВВ, а также их период. По дисперсионному соотношению для двухслойной среды рассчитывалась фазовая скорость внутренних волн [15]. По этим данным оценивалась длина внутренней волны как произведение фазовой скорости и среднего периода колебаний, которая впоследствии сравнивалась с длиной волны, непосредственно измеренной на спутниковых изображениях.

Для анализа поверхностных проявлений КВВ и фронтальных разделов привлекались радиолокационные изображения (РЛИ) Sentinel 1 [16] с режимами съемки EW и IW с пространственным разрешением 40 и 20 м соответственно, а также изображения в видимом диапазоне Sentinel 2 [17] с пространственным разрешением 10 метров. На изображениях проявления КВВ

регистрировались в виде дугообразных чередующихся полос усиления и ослабления сигнала. В соответствии с методикой [18] определялись положение проявления, количество волн в пакете, длина дуги лидирующего гребня, длина волны и направление распространения. На изображениях видимого диапазона спектра положение фронтальных разделов определялось как границы участков акватории с разным контрастом яркости зеленого канала, а также как характерные полосы водорослей и/или пены по методике, аналогичной той, что представлена в [19]. Всего было использовано 6 снимков, все используемые изображения полностью покрывали Онежский залив. Моменты времени получения изображений указаны точками на графике хода приливного уровня на рисунке 1с. Видно, что все радиолокационные изображения были получены в фазу отлива, а все изображения в видимом диапазоне — в фазу прилива.

Дополнительно для описания приливной динамики привлекались данные по температуре поверхности моря (ТПМ) использовались с радиометра Suomi NPP/VIIRS [20] за 26.06.2023 за 11:00 и 14:18 (UTC+3) с разрешением около 1 км.

Результаты

В период работ погода над Онежским заливом Белого моря обуславливалась малоградиентным барическим полем. Наблюдалась преимущественно ясная, теплая и влажная погода со слабыми ветрами. В целом погодные условия не оказывали значительного влияния на ход экспедиционных исследований.

На гидрологическом разрезе, выполнявшемся вдоль оси залива ближе к Лямецкому берегу, в противоположные фазы приливного цикла хорошо прослеживается изменчивость вертикальной структуры вод как по температуре, так и по солености (см. рис. 2). Основной особенностью в обоих случаях является наличие прижатого к поверхности фронтального раздела, отделяющего относительно высокосолёные (более 26 ‰) и прохладные (менее 9 °C) слабо стратифицированные воды центральной части залива и воды, формирующиеся под влиянием речного стока в южной его части с резко изменяющейся по вертикали соленостью (от 22 до 25 ‰) и температурой (от 13,5 до 6 °C).

Наиболее четко фронтальная зона прослеживается в приповерхностном 7-метровом слое. Горизонтальный градиент солености в области фронта на глубине 2 метра достигает 0,1 ‰/км, температуры — 0,2 °C/км. В прилив, когда течения направлены на юго-восток и достигают 70–80 см/с (см. рис. 1b), фронтальная зона прослеживается между 4...5 станциями разреза (см. рис. 2a и c). При этом вертикальные градиенты гидрологических полей в области самой южной станции максимальны и достигают на горизонте 4...6 метров около 0,8 ‰/м по солености, и 1,2 °C/м по температуре. В отлив, когда приливное течение направлено на северо-запад (см. рис. 1b), фронтальная зона детектировалась между 1...2 станциями разреза (см. рис. 2b и d). При сохранении характеристик горизонтальных градиентов вертикальные градиенты в области стратифицированных вод стали слабее. Максимальные градиенты залегали в слое от 2 до 4 метров и составили около 0,5 ‰/м по солености и 1,1 °C/м по температуре.

Отметим, что теплые воды, формирующиеся под влиянием речного стока и распространяющиеся по поверхности, при наличии столь хорошо выраженных горизонтальных градиентов должны быть хорошо наблюдаемы на спутниковых снимках температуры поверхности моря (ТПМ). Однако наличие значительных зон мелководий и островов в заливе затрудняет интерпретацию спутниковой информации. Приведем в качестве примера два изображения ТПМ, полученных в начале и конце прилива (см. рис. 3a и b). На обоих изображениях область теплых вод, связанная со стоком реки Онеги, хорошо прослеживается в южной части залива. В северной и центральной частях залива также на обоих снимках прослеживается район пониженных температур. Он ассоциируется с областью вод со слабой стратификацией. При сопоставлении снимков видно, как увеличилась зона, занимаемая холодными водами в центральной части залива, в конце фазы прилива. На рисунке 3a холодные воды находятся в области между 1-й и 2-й станциями разреза, а на рисунке 3b — вблизи 4-й станции. Смещение вдоль оси залива составило около 60 км. Горизонтальный градиент температуры на оси залива составляет около 0,2 °C/км, что совпадает с приведенными ранее оценками, полученными по контактными данными. Тем не менее на обоих снимках ТПМ присутствуют

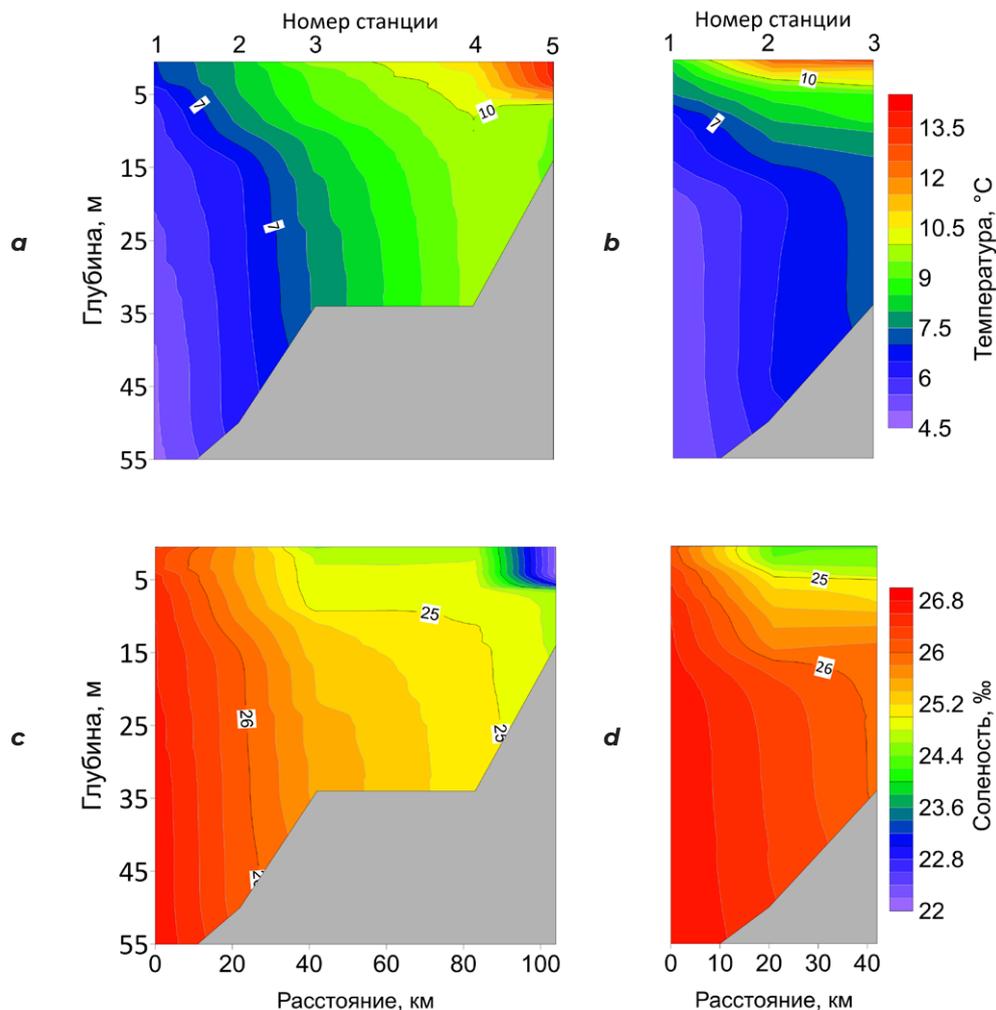


Рис. 2. Вертикальные разрезы в разные приливные фазы (прилив — *a, c*, отлив — *b, d*) по температуре (*a, c*) и солености (*b, d*)

Fig. 2. Vertical sections in different tidal phases (high tide — *a, c*, low tide — *b, d*) by temperature (*a, b*) and salinity (*c, d*)

области теплых вод как у Лямецкого, так и Поморского берегов. Если в относительно глубоководной области у Лямецкого берега она образована влиянием вод, связанных со стоком реки Онега, то у Поморского — влиянием прибрежного мелководья на прогрев и перемешивание вод. Поэтому для пространственной идентификации положения стоковой фронтальной зоны дополнительно требуется привлекать спутниковые снимки в оптическом и радиолокационном диапазоне, где она проявляется в виде характерных вытянутых и выглаженных полос, наблюдаемых у Лямецкого берега и в кутовой части залива. Соответственно только комбинирование разнородных спутниковых данных позволит корректно отразить положение стоковой фронтальной зоны.

Свидетельства регистрации фронтальной зоны обнаруживаются и в результатах изме-

рений на АБС. Так в точке О_4 (см. рис. 1а) вблизи устья реки Онега на горизонте 1 метр с полуночи до полудня 22 июня температура и соленость практически не менялись, составляя около 10 °С и 23 ‰. Около 3 и 9 часов утра регистрировались короткопериодные колебания с периодом около 20 минут, размах которых по температуре составил около 2 °С, а по солености — 3 ‰. С 13 до 15 часов температура возрастала до 15 °С, а соленость понижалась до 17 ‰. Данные изменения сопровождалась сменой прилива на отлив и перестройкой направления приливных течений. Такая изменчивость гидрологических характеристик может свидетельствовать о регистрации движущейся под влиянием прилива фронтальной зоны. Учитывая, что зарегистрированные изменения происходили в отлив, а соленость понижалась, фронтальная зона двигалась по направлению из кутовой части залива.

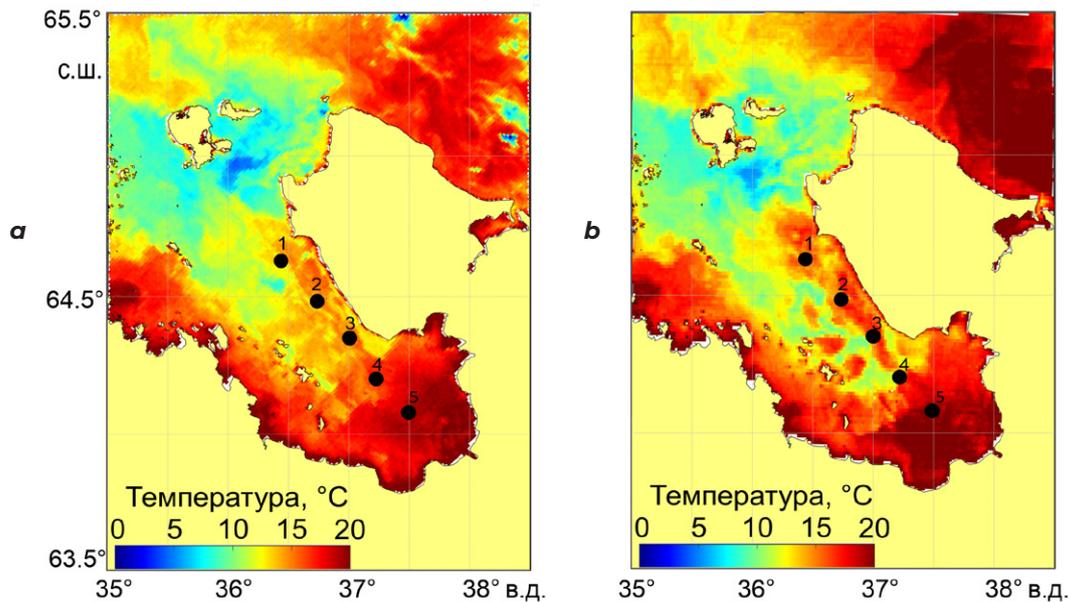


Рис. 3. Распределение ТПМ радиометра Suomi NPP/VIIRS за 26.06.2023 [20] в момент начала прилива 11:00 (а) и ближе к его окончанию 14:18 (b). Черные точки — положение станций CTD-зондирования

Fig. 3. Distribution of SST from the Suomi NPP/VIIRS radiometer for 26 June, 2023 [20] at the onset of a high tide at 11:00 (a) and closer to its end at 14:18 (b). Black dots indicate the location of CTD sounding stations

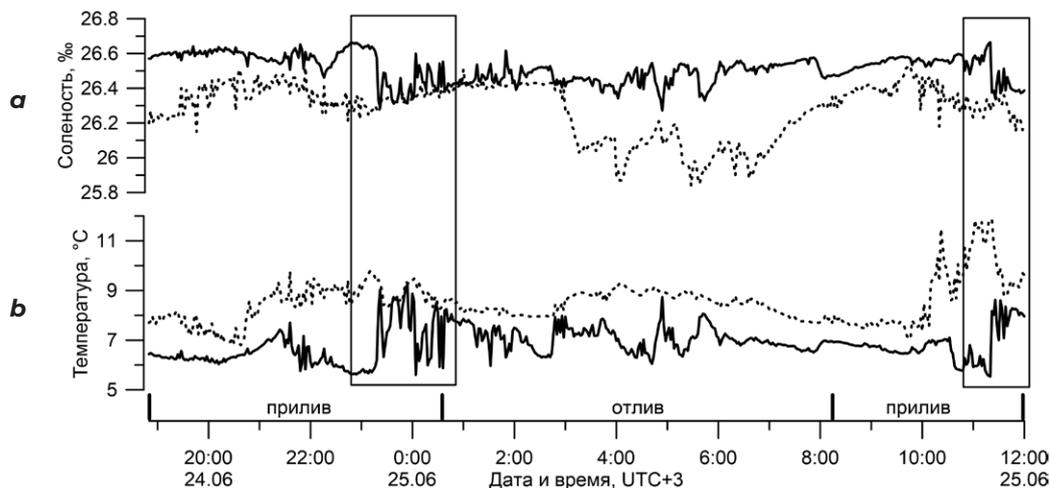


Рис. 4. Результаты измерений гидрологических параметров на АБС в точке 1: солёности (а), температуры (b). Прямоугольниками отмечены моменты регистрации КВВ. Пунктирная линия — значения на глубине 1 м, сплошная линия — на глубине 8 м

Fig. 4. Measurements of hydrological parameters at ABS at point 1: salinity (a), temperature (b). Rectangles mark the moments of SIW recording. The dotted line shows the values at a depth of 1 m, the solid line shows the values at a depth of 8 m

В точке 4 на горизонте 1 метр в период с полуночи до 02:30 24 июня температура и солёность не изменялись и составляли 10 °С и 25 ‰. Затем на фоне роста приливного течения в фазу отлива произошел резкий скачкообразный подъем температуры до 12 °С и спад солёности до 24 ‰. Данное изменение может быть также связано с движением фронтальной зоны по направлению из залива. Затем до 11 утра температура и солёность сохраняли свои значения. После чего регистри-

ровались короткопериодные колебания с периодом около получаса, амплитуда которых по солёности и температуре была сопоставима с предшествующим скачкообразным изменением.

Наиболее выраженная короткопериодная изменчивость была выявлена в точке 1. Запись результатов измерений короткопериодной изменчивости гидрофизических полей в течение приливного цикла в точке 1 представлена на рисунке 4.

На горизонте 8 метров в точке 1 в Онежском заливе около 23 часов 24 июня наблюдается скачкообразное изменение температуры (от 6 до 9 °С) и солёности (от 26,6 до 26,2 ‰), за которым следует серия короткопериодных колебаний с периодом около от 6 до 14 минут и размахом колебаний по температуре от 0,7 до 3 °С, а по солёности — от 0,08 до 0,3 ‰. Аналогичные по периоду колебания регистрируются и в поверхностном слое на горизонте 1 метр, однако их размах в 2...3 раза меньше, чем на горизонте 8 метров и составляет по температуре от 0,4 до 0,8 °С, а по солёности от 0,05 до 0,1 ‰. Скачкообразное изменение гидрологических характеристик и регистрируемые после него короткопериодные колебания происходят в период смены прилива на отлив. Это может указывать на регистрацию движущейся фронтальной зоны, на переднем крае которой распространяются короткопериодные внутренние волны. Аналогичное скачкообразное колебание регистрировалось и около 11:00 25 июня как на горизонте 8 метров, так и на горизон-

те 1 метр. За скачкообразным колебанием также регистрируются короткопериодные колебания с периодом около 6 минут.

Визуальные наблюдения за поверхностью моря показали изменение цвета морской воды, наличие тонких полос водорослей и пены, а также чередующиеся дугообразные выглаженные и взволнованные полосы, по-видимому, являющиеся поверхностными проявлениями КВВ. Это послужило мотивацией для анализа спутниковых радиолокационных и оптических спутниковых снимков. Положения лидирующих гребней проявлений КВВ по данным спутниковых снимков показано на рисунке 5а. Фотография поверхностных проявлений КВВ на передней кромке фронта, проявляющейся в виде тонкой полосы водорослей, показана на рисунке 5b.

На 6 радиолокационных и оптических спутниковых изображениях было выявлено 86 поверхностных проявлений КВВ. Они сконцентрированы у Лямецкого берега

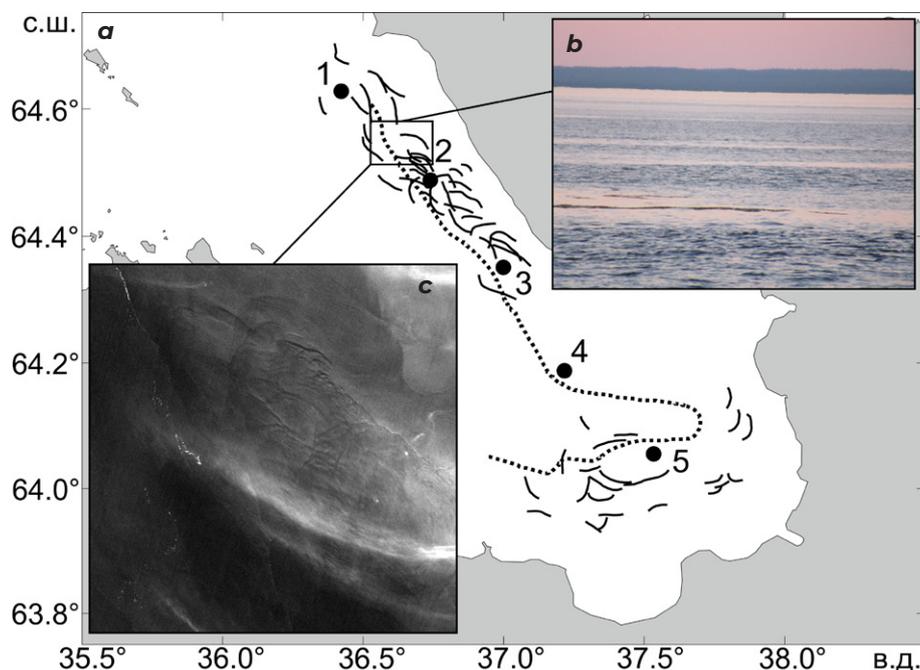


Рис. 5. Композитная карта положений лидирующих гребней проявлений КВВ (сплошные кривые), выявленных по оптическим и радиолокационным изображениям с 21 по 29 июня, а также среднего положения фронтальной линии в фазу прилива (пунктирная кривая), выявленного по данным оптических изображений за 22, 24 и 29 июня (а), фотография проявления КВВ на передней кромке фронта (из архива О.А. Атаджановой) от 24 июня 23:22 (b), фрагмент изображения в зеленом канале спутника Sentinel 2B [17] от 22 июня 12:05 (c), демонстрирующий распространение КВВ от фронтальной зоны

Fig. 5. Composite map of the positions of the leading ridges of SIW manifestations (solid curves), identified from optical and radar images from June 21 to 29, as well as the average position of the frontal line in the high tide phase (dotted curve), identified from optical images on June 22, 24, and 29 (a), a photograph of SIW manifestation on the leading edge of the front (from the archive of O.A. Atadzhanova) from June 24, 23:22 (b), a fragment of the image in the green channel of the Sentinel 2B [17] from June 22, 12:05 (c), demonstrating the spread of SIW from the frontal zone

и в кутовой части Онежского залива. Пакеты проявлений КВВ содержали от 2 до 25 волн. Длина дуги лидирующего гребня проявлений варьировалась от 2 до 9 км, а длина волны — от 30 до 350 метров. Стоит отметить, что на РЛИ в режиме съемки EW с разрешением 40 метров не было зарегистрировано проявлений КВВ в исследуемом районе. Лишь отдельные крупные проявления регистрировались на границе залива.

Большинство проявлений КВВ находились поблизости от фронтальной линии, выявленной по данным изображений в видимом диапазоне, и имели направление распространения от фронтальной линии к берегу. Пример регистрации проявлений КВВ вблизи фронтальной линии показан на рисунке 5с. На данном фрагменте фронтальная линия выделяется как граница более темных и светлых вод, очерченная тонкими полосами водорослей. От данной линии на северо-восток распространяются проявления КВВ. На РЛИ проявления фронтальной зоны не регистрировались.

На изображении в видимом диапазоне от 24 июня в 12:01 вблизи точки 1, где около полуночи 25 июня были зарегистрированы КВВ, на передней кромке фронта по измерениям на АБС и визуальным наблюдениям также регистрируются проявления КВВ вблизи фронтальной линии. Длина их гребней составляет около 7 км, длина волны — около 160 метров. Фазовая скорость внутренних волн, рассчитанная по дисперсионному соотношению для двухслойной среды с использованием данных STD-зондирования перед АБС в точке 1, составляет 0,2 м/с. С учетом среднего периода КВВ в 12 минут длина волны составляет 150 метров, что хорошо согласуется с результатами спутниковых наблюдений.

Обсуждение и выводы

Спутниковые данные о ТПМ позволяют проследить путь теплых поверхностных вод из дельты реки Онеги на север, а совпадение их границы с характерными проявлениями других спутниковых данных позволяет идентифицировать пространственное положение фронтальной зоны. Совместный анализ спутниковых снимков показывает, что сто-

ковый фронт является неустойчивым и на его границе генерируются волновые возмущения (хорошо видны на РЛ и оптических изображениях). Отмечены малые пространственные размеры проявлений, регистрируемых в области фронтальной зоны. Их длина составляет от 30 до 200 метров, а длина лидирующего гребня не превышает 9 км. Это, по-видимому, объясняет редкую регистрацию проявлений КВВ в Онежском заливе по данным прошлых исследований, использовавших радиолокационные изображения с более низким пространственным разрешением. Использование в данной работе высокоразрешающих оптических и радиолокационных снимков позволило продемонстрировать широкое распространение проявлений КВВ в Онежском заливе.

Результаты комплексного эксперимента показывают, что под влиянием прилива в Онежском заливе вблизи Лямецкого берега в области стоковой фронтальной зоны отмечается резкое изменение вертикальной структуры вод, но при этом основной вклад в изменчивость термохалинных характеристик вод оказывают короткопериодные колебания, ассоциируемые с КВВ, распространяющиеся в приповерхностном тонком пикноклине. Около стоковой фронтальной зоны в конце июня (в период ее максимальной интенсификации) КВВ наблюдаются каждый приливной цикл, их высота сопоставима с толщиной верхнего квазиоднородного слоя, средние длины составляют около 150 метров, а периоды колебаний лежат в диапазоне 5–20 мин.

Комплексное сочетание высокоразрешающих оптических и радиолокационных спутниковых данных позволило эффективно анализировать приливную и короткопериодную (субприливную, согласно терминологии из [6]) динамику в рассматриваемом регионе, что имеет большое значение для понимания общих закономерностей развития гидродинамических процессов на акватории приливного моря. Полученные результаты подчеркивают необходимость применения для анализа локальной короткопериодной изменчивости гидрофизических полей данных высокого разрешения современных дистанционных наблюдений.

Литература

1. Филатов Н.Н., Терзевик А.Ю. Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН; 2007.
2. Жила И.М., Алюшинская Н.М., ред. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 3. Северный край. Ленинград: Гидрометеиздат; 1974.
3. Глуховский Б.Х., ред. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 2. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Ленинград: Гидрометеиздат; 1991.
4. Зимин А.В., Толстиков А.В. Структура и изменчивость основных фронтальных зон в Белом море в теплый сезон 2010 года. Труды КарНЦ РАН. 2019;(3):5–15. <https://doi.org/10.17076/lim891>
5. Романенков Д.А., Зимин А.В., Родионов А.А., Атаджанова О.А., Козлов И.Е. Изменчивость фронтальных разделов и особенности мезомасштабной динамики вод Белого моря. Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2016;9(1):59–72
6. Зимин А.В. Субприливные процессы и явления в Белом море. Москва: ГЕОС; 2018.
7. Пантюлин А.Н. Структура и динамика водного тела Белого моря. Динамика, структура и водные массы. В: Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующая с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. Москва: Научный мир; 2012, с. 309–379.
8. Зимин А.В. Закономерности субмезомасштабных процессов и явлений в Белом море. Ученые записки РГГМУ. 2016;(44):104–120.
9. Jackson C.R., da Silva J.C.B., Jeans G. The generation of nonlinear internal waves. *Oceanography*. 2012;25(2):108–123. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2012.46>
10. Lavrova, O.Y., Mityagina, M.I. & Sabinin, K.D. Study of internal wave generation and propagation features in non-tidal seas based on satellite synthetic aperture radar data. *Doklady Earth Sciences*. 2011;436:165–169. <https://doi.org/10.1134/S1028334X11010272>
11. Osadchiev A., Sedakov R., Gordey A., Barymova A. Internal waves as a source of concentric rings within small river plumes. *Remote Sensing*. 2021;13(21):4275. <https://doi.org/10.3390/rs13214275>
12. Каган Б.А., Тимофеев А.А. Динамика и энергетика поверхностных и внутренних полусуточных приливов в Белом море. Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2005;41(4):550–566.
13. Kozlov I.E., Atadzhanova O.A., Zimin A.V. Internal Solitary Waves in the White Sea: Hot-Spots, Structure, and Kinematics from Multi-Sensor Observations. *Remote Sens*. 2022;(14):4948. <https://doi.org/10.3390/rs14194948>
14. Tidal model Arc2kmTM [internet]. Available at: <https://www.esr.org/research/polar-tide-models/list-of-polar-tide-models/arc2kmtm/> (accessed 05 October 2024).
15. Коняев К.В., Сабинин К.Д. Волны внутри океана. Ленинград: Гидрометеиздат; 1992.
16. ASF. Data Search [internet]. Available at: <https://search.asf.alaska.edu/#/> (accessed 05 October 2024).
17. Sentinel Hub EO Browser [internet]. Available at: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (accessed 05 October 2024).
18. Robinson I.S. Discovering the Ocean from Space. The Unique Applications of Satellite Oceanography. London: Springer; 2010. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-68322-3>
19. Лаврова О.Ю., Костяной А.Г., Лебедев С.А., Митягина М.И., Гинзбург А.И., Шеремет Н.А. Комплексный спутниковый мониторинг морей России. Москва: ИКИ РАН; 2011.
20. Ocean Color [internet]. Available at: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/> (accessed 05 October 2024).

References

1. Filatov N.N., Terzhevik A.Yu. The White Sea and its catchment area under the influence of climatic and anthropogenic factors. Petrozavodsk: Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences; 2007. (In Russ.)
2. Zhila I.M., Alyushinskaya N.M., eds. Surface water resources of the USSR. Vol. 3. Northern region. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ.; 1974. (In Russ.)
3. Glukhovskiy B.Kh., ed. Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. Vol. 2. White Sea. Issue 1. Hydrometeorological conditions Leningrad: Gidrometeoizdat Publ.; 1991. (In Russ.)

4. Zimin A.V., Tolstikov A.V. Structure and variability of the main frontal zones in the White Sea in the warm season of 2010. Proceedings of Karelian Research Center of Russian Academy of Sciences. 2019;(3):5–15. (In Russ.). <https://doi.org/10.17076/lim891>
5. Romanenkov D.A., Zimin A.V., Rodionov A.A., Atadzhanova O.A., Kozlov I.E. Variability of fronts and features of mesoscale water dynamics in the White Sea. Fundamental and Applied Hydrophysics. 2016;9(1):59–72. (In Russ.).
6. Zimin A.V. Sub-tidal processes and phenomena in the White Sea. Moscow: GEOS Publ.; 2018. (In Russ.).
7. Pantyulin A.N. Structure and dynamics of the White Sea water body. Dynamics, structure and water masses. In: White Sea System. Vol. II. Water column and the atmosphere interacting with it, cryosphere, river runoff and biosphere. Moscow: Nauchnyy mir Publ.; 2012, p. 309–379. (In Russ.).
8. Zimin A.V. Regularities of submesoscale processes and phenomena in the White Sea. Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University. 2016;(44):104–120. (In Russ.).
9. Jackson C.R., da Silva J.C.B., Jeans G. The generation of nonlinear internal waves. Oceanography. 2012;25(2):108–123. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2012.46>
10. Lavrova, O.Y., Mityagina, M.I. & Sabinin, K.D. Study of internal wave generation and propagation features in non-tidal seas based on satellite synthetic aperture radar data. Doklady Earth Sciences. 2011;436:165–169. <https://doi.org/10.1134/S1028334X11010272>
11. Osadchiev A., Sedakov R., Gordey A., Barymova A. Internal waves as a source of concentric rings within small river plumes. Remote Sensing. 2021;13(21):4275. <https://doi.org/10.3390/rs13214275>
12. Kagan B.A., Timofeev A.A. Dynamics and energetics of surface and internal semidiurnal tides in the White Sea. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2004;42(4):498–512.
13. Kozlov I.E., Atadzhanova O.A., Zimin A.V. Internal Solitary Waves in the White Sea: Hot-Spots, Structure, and Kinematics from Multi-Sensor Observations. Remote Sens. 2022;(14):4948. <https://doi.org/10.3390/rs14194948>
14. Tidal model Arc2kmTM [internet]. Available at: <https://www.esr.org/research/polar-tide-models/list-of-polar-tide-models/arc2kmtm/> (accessed 05 October 2024).
15. Konyaev K.V., Sabinin K.D. Waves inside the ocean. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ.; 1992. (In Russ.).
16. ASF. Data Search [internet]. Available at: <https://search.asf.alaska.edu/#/> (accessed 05 October 2024).
17. Sentinel Hub EO Browser [internet]. Available at: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (accessed 05 October 2024).
18. Robinson I.S. Discovering the Ocean from Space. The Unique Applications of Satellite Oceanography. London: Springer; 2010. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-68322-3>
19. Lavrova O.Yu., Kostyanov A.G., Lebedev S.A. et al. Complex satellite monitoring of the seas of Russia. Moscow: IKI RAS; 2011. 480 p. (In Russ.).
20. Ocean Color [internet]. Available at: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/> (accessed 05 October 2024).

Сведения об авторах

Зимин Алексей Вадимович — доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт водных проблем Севера — обособленное подразделение ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия
 ORCID: 0000-0003-1662-6385
 Web of Science ID: C-5885-2014
 Scopus ID: 55032301400
 РИНЦ ID: 124451
 SPIN-код: 9833-3460
 тел.: +7 (962) 695-91-72
 e-mail: zimin2@mail.ru

Information about the authors

Aleksey V. Zimin — Dr. Sci. (Geography), Leading Researcher, Institute of Water Problems of the North – separate subdivision of Karelian Research Center of RAS, Petrozavodsk, Russia
 ORCID: 0000-0003-1662-6385
 Web of Science ID: C-5885-2014
 Scopus ID: 55032301400
 RINTs ID: 124451
 SPIN-code: 9833-3460
 tel.: +7 (962) 695-91-72
 e-mail: zimin2@mail.ru

Атаджанова Оксана Алишеровна — кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», Москва, Россия
ORCID: 0000-0001-6820-0533
Web of Science ID: R-7835-2018
Scopus ID: 57188718743
РИНЦ ID: 846708
SPIN-код: 5016-2970
тел.: +7 (952) 357-57-29
e-mail: oksanamo7@list.ru

Свергун Егор Игоревич — кандидат географических наук, научный сотрудник, ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», Москва, Россия
ORCID: 0000-0002-9228-5765
Web of Science ID: AAC-7289-2020
Scopus ID: 57195066881
РИНЦ ID: 924980
SPIN-код: 3212-7041
тел.: +7 (921) 443-50-87
e-mail: egor-svergun@yandex.ru

Коник Александр Александрович — кандидат географических наук, научный сотрудник, ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», Москва, Россия
ORCID: 0000-0001-6820-0533
Web of Science ID: AAB-7195-2020
Scopus ID: 57203864647
РИНЦ ID: 950834
SPIN-код: 5839-1738
тел.: +7 (952) 281-67-45
e-mail: konikrshu@gmail.com

Oksana A. Atadzhanova — Cand. Sci. (Geography), Senior Research Associate, Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0001-6820-0533
Web of Science ID: R-7835-2018
Scopus ID: 57188718743
RINTs ID: 846708
SPIN-code: 5016-2970
tel.: +7 (952) 357-57-29
e-mail: oksanamo7@list.ru

Egor I. Svergun — Cand. Sci. (Geography), Research Associate, Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0002-9228-5765
Web of Science ID: AAC-7289-2020
Scopus ID: 57195066881
RINTs ID: 924980
SPIN-code: 3212-7041
tel.: +7 (921) 443-50-87
e-mail: egor-svergun@yandex.ru

Alexander A. Konik — Cand. Sci. (Geography), Research Associate, Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0001-6820-0533
Web of Science ID: AAB-7195-2020
Scopus ID: 57203864647
RINTs ID: 950834
SPIN-code: 5839-1738
tel.: +7 (952) 281-67-45
e-mail: konikrshu@gmail.com

Вклад авторов

Зимин Алексей Вадимович — разработка идеи и структуры статьи, написание рукописи статьи;
Атаджанова Ольга Алишеровна — разработка идеи статьи, проведение экспедиционных измерений, техническое редактирование и подготовка текста статьи к печати, подготовка иллюстративного материала;
Свергун Егор Игоревич — разработка идеи статьи, проведение экспедиционных измерений, анализ спутниковых данных, подготовка иллюстративного материала, написание разделов рукописи статьи;
Коник Александр Александрович — анализ спутниковых данных, подготовка иллюстративного материала.

Author contribution statement

Aleksey V. Zimin — research conceptualization and article structure, writing the manuscript;
Oksana A. Atadzhanova — research conceptualization, conducting measurements, article revision and preparation for publication, preparation of illustrative material;
Egor I. Svergun — research conceptualization, conducting measurements, analysis of satellite data, preparing illustrative material, writing sections of the manuscript;
Alexander A. Konik — analysis of satellite data, preparation of illustrative material.

Благодарности

Измерения в Белом море выполнены в рамках госзадания «Комплексные исследования Белого моря и водосбора в интересах развития Арктической зоны РФ» FMEN-2021-0004 (ИВПС КарНЦ РАН). Обработка результатов измерений выполнена в рамках госзадания «Явления переноса, вихревые и волновые процессы, биогеохимические циклы и геофизические пограничные слои в Мировом океане: физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования структурных и энергетических характеристик» FMWE-2024-0028 (ИО РАН).

Acknowledgements

Measurements in the White Sea were carried out as part of the stage assignment “Integrated studies of the White Sea and watershed in the interests of development of the Arctic zone of the Russian Federation” FMEN-2021-0004 (IWPS Karelian Research Center RAS). Processing of measurement results was carried out as part of the stage assignment “Transport phenomena, vortex and wave processes, biogeochemical cycles and geophysical boundary layers in the World Ocean: physical and mathematical modeling and experimental studies of structural and energy characteristics” FMWE-2024-0028 (IO RAS).

УДК 502.1

ББК 20.175

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-30-42>



Воздействия ремонтного дноуглубления на природную среду в порту Сабетта (Обская губа) и компенсация их негативных эффектов

Ахмад Алаа Али¹, Жигульский В.А.², Шилин М.Б.³✉, Леонтьева Е.О.⁴

¹ Дирекция порта г. Латакия, Латакия, Сирия

² ООО «Эко-Экспресс-Сервис», Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», Санкт-Петербург, Россия

⁴ ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия

✉ shilin@rshu.ru

Аннотация. В статье дается оценка возможных последствий воздействия на водные биологические ресурсы и природную среду Обской губы вследствие регулярного ремонтного дноуглубления («дреджинга») в морском порту Сабетта. Определяется объем затрат на природоохранные мероприятия и компенсационные выплаты. В качестве восстановительного мероприятия для компенсации ущерба ихтиофауне предлагается искусственное воспроизводство молоди особо ценных видов рыб (пеляди, сибирского осетра и муксуна) с последующим выпуском в водные объекты Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна.

Ключевые слова: ремонтное дноуглубление, водные биоресурсы, временный ущерб, компенсационные мероприятия, искусственное воспроизводство молоди рыб

Конфликт интересов: авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ахмад Алаа Али, Жигульский В.А., Шилин М.Б., Леонтьева Е.О. Воздействия ремонтного дноуглубления на природную среду в порту Сабетта (Обская губа) и компенсация их негативных эффектов. *Арктика и инновации*. 2024;2(4):30–42. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-30-42>

Environmental consequences of maintenance dredging in the port of Sabetta (Gulf of Ob) and compensation measures

Akhmad Alaa Ali¹, Vladimir A. Zhigulsky², Mikhail B. Shilin³✉, Ekaterina O. Leonteva⁴

¹ Lattakia Port General Company, Lattakia, Syria

² «Eco-Express-Service Ltd», St Petersburg, Russia

³ Russian State Hydrometeorological University, St Petersburg, Russia

⁴ Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, St Petersburg, Russia

✉ shilin@rshu.ru

Abstract. In this work, we assess possible negative effects associated with regular maintenance dredging in the port of Sabetta on the marine biological resources and coastal environment of the Gulf of Ob. The costs of environmental protection measures and countervailing payments are determined. As a restoration activity for fish fauna, it is proposed to implement the artificial reproduction of young fish of valuable species, such as peled, siberian sturgeon, or muksun, followed by their release into the natural environment of the lakes and rivers of the West-Siberian fishery water basin.

Keywords: maintenance dredging, water bioresources, temporary damage, compensation measures, artificial reproduction of young fish

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Akhmad Alaa Ali, Zhygulsky V.A., Shilin M.B., Leonteva E.O. Environmental consequences of maintenance dredging in the port of Sabetta (Gulf of Ob) and compensation activities. *Arctic and Innovations*. 2024;2(4):30–42. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-30-42>

Введение

В связи с возрастанием в условиях глобального потепления роли Северного морского пути (СМП) в России набирает обороты процесс наращивания мощностей морских портов (МП) на севере страны [1]. Важным компонентом этого процесса является строительство в Обской губе МП Сабетта, предназначенного для обеспечения транспортировки по СМП углеводородов, добываемых на полуострове Ямал. МП Сабетта представляет собой ультрасовременный морской портовый комплекс, ориентированный на обслуживание нефтегазовой промышленности Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) Российской Федерации.

Проектом строительства МП Сабетта предусмотрено регулярное проведение ремонтного дноуглубления («дреджинга») для обеспечения актуальных навигационных глубин в подходных каналах и в порту у причалов, что обусловлено большим объемом наносов, транспортируемых Обью и способствующих заилению и, соответственно, обмелению припортовых акваторий.

Известно, что дреджинг при всей необходимости его проведения может вызвать негативные стрессовые воздействия на водные биоресурсы, прежде всего на рыбу и бентос, но также и на планктон [2–5]. Этим объясняется необходимость постоянного экологического контроля дреджинговых операций, определения размеров возможного ущерба и разработки постоянно проводимых компенсационных мероприятий, снижающих негативные эффекты и способствующих восстановлению биоресурсов. В настоящей статье дается оценка возмож-

ных воздействий на водные биоресурсы от проведения ремонтного дноуглубления в МП Сабетта в период с 2018 по 2027 г. и определяется объем затрат на природоохранные мероприятия и компенсационные выплаты.

Общая характеристика морского порта Сабетта

МП Сабетта — основной компонент транспортной отрасли проекта «Ямал СПГ», созданный с целью перевалки углеводородного сырья Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения и поставок сжиженного природного газа (СПГ) через СМП в страны Западной Европы, Китая, Северной и Южной Америки [2, 3]. В настоящее время, в условиях действия антироссийских санкций, основным заказчиком поставок углеводородного сырья из МП Сабетта является Китайская Народная Республика. Порт расположен в арктической зоне ЯНАО, в северной части Обской губы Карского моря у восточного побережья полуострова Ямал (рис. 1).

Строительство порта и завода по производству СПГ на Южно-Тамбейском месторождении было начато в 2012 г. В 2012–2013 гг. были созданы технологический канал длиной 3,9 км, шириной 240 м, глубиной 12,4 м и акватории вспомогательных причалов. Первые грузовые суда танкерного типа порт принял уже в 2013 г. Предполагается, что его грузооборот в условиях действующих санкций составит 16,5 млн т СПГ и до 1,35 млн т газового конденсата (ГК) в год с возможностью в перспективе (после снятия санкций) увеличения перевалки СПГ до 25 млн, ГК — до 2,2 млн т в год, нефти — до 3,5 млн т в год [2, 3, 5].



Рис. 1. Карта-схема расположения морского порта Сабетта в Обской губе и близлежащих газовых месторождений на п-ове Ямал

Fig. 1. Location map of the Sabetta seaport in the Gulf of Ob and nearby gas fields on the Yamal Peninsula

Для прохождения по Обской губе и предпортовыми акваториями МП Сабетта судов танкерного типа запроектирован рекомендованный путь с двумя каналами: морским и подходным (рис. 2). Режим работы порта — круглогодичный, чему способствует в том числе потепление климата. Это придает проекту долгосрочную экономическую стабильность и устойчивость.

Описание района исследования и водных биологических сообществ

Обская губа представляет собой крупнейший арктический эстуарий, вытянутый в меридиональном направлении, длиной почти 800 км, шириной от 30 до 90 км. Глубина на большей части акватории — от 10 до 15 м. В эстуарии происходит ак-

тивное контактирование и перемешивание пресной речной и соленой морской вод. В южной части губы фактически существуют речные условия, а в северной — морские. Это позволяет считать Обскую губу одним из крупнейших солонатоводных водоемов земной гидросферы, характеризующимся, с одной стороны, высоким уровнем биологической продуктивности, а с другой — уязвимостью к антропогенным воздействиям.

Суммарные течения в губе формируются в результате взаимодействия постоянных, приливных и ветровых течений. Постоянные течения образуются за счет мощного стока Оби и направлены на север, в Карское море. Расчетная скорость течения для морского канала составляет 0,78 м/с [2].

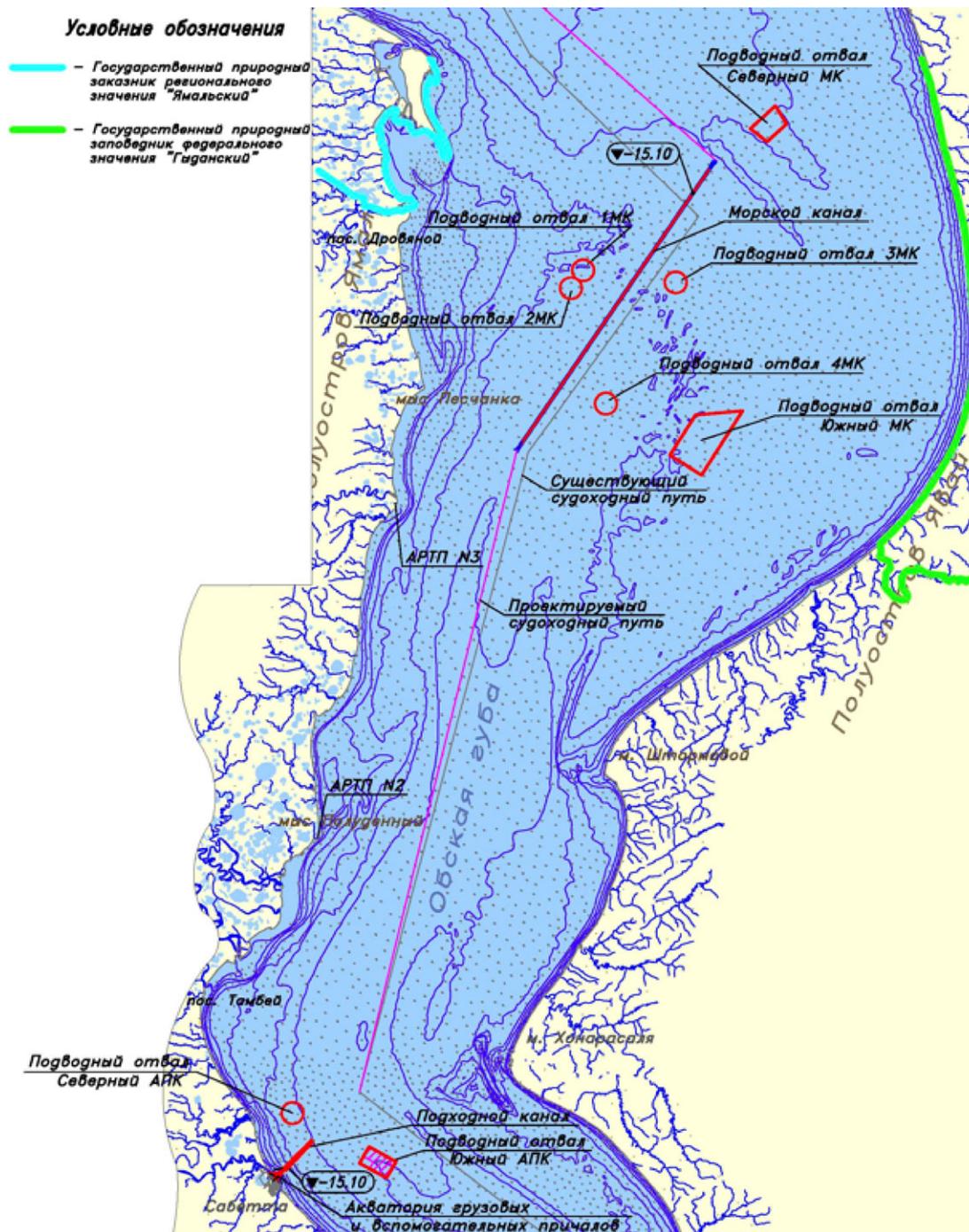


Рис. 2. Схема расположения акватории порта, подходного канала и подводных отвалов грунтов дноуглубления [2]
Fig. 2. Location scheme of the port water area, approach channel and underwater dredging spoil dumps [2]

Дно губы — однородное, выровненное благодаря постоянно действующему потоку вод Оби. Глубины на акватории порта колеблются от 9 до 20 м. В припортовом районе широко распространены процессы ледовой экарации. Борозды ледового выпаживания глубиной до 1,3 м отмечены на протяжении всей северной части губы, где покрывают более 30 % поверхности дна [2, 6]. Это свидетельствует о том, что бентосные сообщест-

ва испытывают постоянный стресс природного (не антропогенного!) происхождения и существуют в условиях, близких к экстремальным.

Наносы в морском канале, на борьбу с которыми и направлен ремонтный дреджинг, обусловлены твердым стоком рек (прежде всего, естественно, Оби), приливами и штормовыми явлениями и представлены

в основном глинистыми илами. Основное перемещение наносов в районе ремонтного дноуглубления, осуществляемого в МП Сабетта, происходит в южном направлении, что говорит о первостепенном значении приливо-отливных явлений в губе как природного экологического фактора.

Обская губа является важнейшим рыбохозяйственным водоемом не только ЯНАО, но и всей российской Арктики. Рыбные запасы губы насчитывают до 15 тыс. т годового вылова ихтиомассы [6, 7]. Ихтиофауна представлена пресноводным и солоноватоводным комплексами, которые включают в себя в совокупности около 40 видов рыб. Важное промысловое значение имеют 15 видов (все пресноводные): нельма, ряпушка, пелядь, чир, сиг-пыжьян, муксун, омуль, корюшка, щука, язь, ерш, налим, сибирская плотва, сибирский елец и окунь [6, 8]. Для района МП Сабетта наиболее характерны разнообразные и многочисленные сиговые: нельма, сибирская ряпушка, тугун, арктический омуль, пелядь, чир, пыжьян, муксун. Из проходных рыб, совершающих по акватории губы нерестовые миграции, могут быть встречены представители осетровых (сибирский осетр, стерлядь) и лососевых (арктический голец).

На припортовых участках губы нерестилища ценных видов рыб отсутствуют, о чем свидетельствует отсутствие икры, личинок и молоди рыб в отобранных ихтиопланктонных пробах. Обследованная акватория используется рыбами преимущественно в качестве нагульной. Кормовую базу рыб формируют фито-, зоопланктон и бентос.

Фитопланктон, представленный более чем 80 таксонами (рангом ниже рода), обеспечивает производство первичной продукции, которая затем перерабатывается зоопланктоном и бентосом в биомассу, служащую кормом для рыб. В районе фактически отсутствуют рыбы-фитопланктофаги, и поэтому непосредственно биомасса фитопланктона рыбами не используется.

Зоопланктон в акваториях порта, подходного и морского каналов в летне-осенний период насчитывает до 63 видов и разновидностей, среди которых преобладают коловратки, веслоногие и ветвистоусые рачки [6, 9] — важные компоненты кормовой базы рыб-планктофагов. Среднесезонное

значение численности зоопланктона на акватории порта — 9890 экз./м³, биомассы — 0,167 г/м³.

Бентос в районе ремонтного дноуглубления в летний период представлен приапулидами, многощетинковыми и малощетинковыми червями, брюхоногими и двустворчатými моллюсками, морскими пауками и высшими раками — всего до 19 видов и таксонов более высокого ранга. В акваториях морского порта, подходного канала и морского канала наибольшей частотой встречаемости характеризуются олигохеты (80–85 %), полихеты (65–80 %), амфиподы (70 %), приапулиды (55–65 %) и кумовые раки (60 %). Реликтовая фауна ракообразных представлена мизидами (20 экз./м²), равноногими (20 экз./м²) и амфиподами (20 экз./м²). Среднемноголетняя биомасса зообентоса на акватории морского порта и подходного канала — 9,48 г/м², на акватории морского канала — 16,45 г/м². Все представители местного бентоса являются важными кормовыми объектами для рыб-бентофагов.

Описание планируемых работ и возможных экологических последствий

Ремонтное дноуглубление в МП Сабетта с учетом проблемы наносов необходимо выполнять ежегодно в период 2018–2027 гг. для поддержания проектной отметки глубин «минус 15,1 м БС». Выемке подлежит, преимущественно, ил глинистый I группы по трудности разработки. Общая величина объема ежегодного дноуглубления — 2554,4 тыс. м³, в том числе: на акватории вспомогательных причалов — 280 294,3 м³; на акватории грузовых причалов — 695 447,2 м³; в подходном канале — 1 578 670,0 м³. Всего для восстановления постоянных глубин на акватории при максимальной прогнозируемой заносимости необходимо извлечь 695,4 тыс. м³ донного грунта. Грунты, извлеченные в результате ремонтного дноуглубления, будут вывозиться на подводные отвалы 1МК–4МК, Северный МК, Южный МК, Северный ПК и Южный ПК (рис. 2). Дноуглубительные работы будут производиться в период отсутствия льда. В настоящее время этот период составляет 2,5 месяца, но, предположительно, будет увеличиваться в связи с потеплением климата.

Экологические последствия от ремонтного дноуглубления количественно могут быть выражены в виде ущербов окружающей водной среде в результате обратимой и необратимой дестабилизации экологического равновесия в водной экосистеме, приводящей к снижению общей биологической продуктивности, и в частности рыбных запасов. Основными стрессовыми факторами для водных биологических сообществ при ремонтном дноуглублении являются увеличение концентрации механической взвеси в водной толще и нарушение структуры дна.

Добавочные к естественному фону концентрации взвеси до 1 мг/л обычно не вызывают негативные воздействия на биоту, так как находятся в пределах естественных колебаний фона. Негативные реакции у гидробионтов возникают начиная с 20–30 мг/л содержания взвеси в воде при хроническом воздействии. При концентрациях взвеси 100–1000 и более 1000 мг/л у гидробионтов отмечаются сублетальные и летальные эффекты [4–6, 9].

Механическое повреждение структуры дна при выемке и последующем складировании донного грунта вызывает разрушение биотопов бентосных организмов и сопро-

вождается частичной или полной гибелью бентоса. Негативное воздействие на донных беспозвоночных увеличивается за счет того, что большая их часть ведет малоподвижный образ жизни и, в отличие от рыб, не может покинуть неблагоприятный участок. Степень воздействия на бентос зависит от продолжительности действия стрессового фактора и времени, необходимого для восстановления донных сообществ. Формирование и заселение нового биотопа идет достаточно медленно, в условиях Арктики — не менее трех лет [4–6, 9].

Площади участков ремонтного дноуглубления в рассматриваемом районе и районов размещения извлеченного грунта составят: для морского канала — 1776,2 га; для подходного канала — 321,1 га; для акватории порта — 187,56 га.

Характеристики зон повышенной мутности при извлечении грунта и сбросе его в подводный отвал приняты по данным моделирования и приведены в таблице 1.

В связи с тем что в результате запланированного ремонтного дноуглубления образование новых подводных техногенных ландшафтов не планируется, негативное воздействие

Таблица 1. Интегральные объемы воды и площади заиления в зоне воздействия на акваторию при проведении ремонтных дноуглубительных работ в районе морского порта Сабетта

Table 1. Integral water volumes and siltation areas in the zone of impact on the water area during maintenance dredging in the Sabetta seaport area

Участки проведения работ	Объемы воды в зоне воздействия, м ³		Площади зоны воздействия донных отложений (взвеси), м ²	
	концентрации свыше 20 мг/л	концентрации свыше 100 мг/л	толщина слоя осадков более 1 см	толщина слоя осадков более 5 см
Дноуглубление морского канала	86 181 824	44 613 592	52 500 000	30 600 000
Дноуглубление подходного канала	8 386 362	3 500 000	9 400 000	5 200 000
Дноуглубление акватории порта	14 312 800	7 387 040	2 226 880	2 047 040
Сброс грунта на отвал 1 МК	17 727 276	15 227 277	7 050 000	4 500 000
Сброс грунта на отвал 2 МК	13 750 000	13 045 454	5 400 000	4 200 000
Сброс грунта на отвал 3 МК	13 750 000	13 045 454	5 400 000	4 200 000
Сброс грунта на отвал 4 МК	15 159 095	14 431 822	5 400 000	4 500 000
Сброс грунта на отвал Северный МК	62 909 040	24 659 082	20 100 000	14 550 000
Сброс грунта на отвал Южный МК	117 749 688	113 636 064	38 100 000	0
Сброс грунта на отвал Северный ПК	17 386 368	9 136 365	9 200 000	6 200 000
Сброс грунта на отвал Южный ПК	65 59 152	24 54 540	23 00 000	9 400 000

на водные биологические ресурсы будет иметь временный характер.

Временный ущерб зоопланктону будет причинен гибелью организмов («планктон» в зоне повышенной мутности воды, распространяющейся от участка работ на прилегающую припортовую акваторию, при проведении дноуглубления и сбросе грунта на подводные отвалы. Принимая во внимание низкую величину природной мутности воды в рассматриваемом районе, в расчете для всех видов работ учитываются объемы воды, в которых концентрация взвеси превысит уже 20 мг/л. Для зоопланктона принимаются средние пороги летальности 50 % при концентрациях взвеси в пределах 20–100 мг/л и 100% — при концентрациях свыше 100 мг/л. Объем забираемой землесосом воды (вместе с грунтом) при дноуглублении морского канала составит 37,729892 млн м³; при дноуглублении подходного канала — 1578,67 тыс. м³; при дноуглублении акватории морского порта — 5358,267 тыс. м³.

Площадь гибели зообентоса при механическом нарушении дна в период работы дноуглубительной техники составит: на морском канале — 1776,22 га, на подходном канале — 321,1 га, на акваториях порта — 187,56 га. Кроме того, определенная часть сопредельных бентосных поселений пострадает от засыпания оседающей взвесью. В качестве критических для организмов бентоса приняты значения слоя отложений 1–5 см (50 % гибели бентоса) и более 5 см (100 % гибели бентоса). Согласно выполненному авторами настоящей статьи моделированию распространения дополнительной мутности от проведения дноуглубительных работ установлено, что площадь зоны донных отложений с толщиной слоя осадков более 5 см полностью включает в себя площади участков работ, механически повреждаемых дноуглубительной техникой.

Расчет ущерба водным биоресурсам

В соответствии с действующей Методикой исчисления размера вреда водным биоресурсам (Приказ Росрыболовства от 25.11.2011 г. № 1166 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам») расчет ущерба сделан по категории

«временный». В связи с отсутствием в Обской губе рыб-фитопланктофагов расчет потерь водных биоресурсов от гибели фитопланктона не производился.

Расчет ущерба по снижению продуктивности и гибели зоопланктона

Определение размера ущерба водным биоресурсам от снижения продуктивности и гибели зоопланктона производится по формуле (1):

$$N = B \times (1 + P/B) \times W \times K_E \times (K_3/100) \times d \times 10^{-3}, \quad (1)$$

где:

N — потери водных биоресурсов, кг или т;

B — средняя многолетняя для данного сезона величина общей биомассы кормовых планктонных организмов (для акватории порта — 0,167 г/м³; для морского канала — 0,187 г/м³);

P/B — коэффициент перевода биомассы кормовых организмов в их продукцию, для зоопланктона исследуемого района = 2,9;

d — степень воздействия, или доля количества гибнущих организмов от общего их количества, в данном случае — отношение величины теряемой биомассы к величине исходной биомассы, в долях единицы (1 и 0,5);

W — объем воды в зоне воздействия, в котором прогнозируется гибель кормовых планктонных организмов: для морского канала при $d = 1$ равен 276 388 637 м³ и при $d = 0,5$ равен 88 568 178 м³, для морского порта и подходного канала при $d = 1$ равен 50 336 212 м³ и при $d = 0,5$ равен 62 266 737 м³;

K_E — коэффициент эффективности использования пищи на рост (доля потребленной пищи, используемая организмом на формирование массы своего тела), для зоопланктона исследуемого района = 0,125;

K_3 — средний для данной экосистемы (района) и сезона года коэффициент (доля) использования кормовой базы (50 %);

10^{-3} — показатель перевода граммов в килограммы или килограммов в тонны.

В результате расчета ущерб от гибели зоопланктона от проведения ремонтного дноуглубления за 1 год по морскому каналу определен величиной 14,6 т; по подходному каналу и акватории порта — 3,3 т. Всего прогнозируемые потери по зоопланктону от ремонтного дноуглубления за 1 год составят $\approx 17,9$ т, а за 10 лет ≈ 179 т.

Расчет ущерба от гибели зообентоса

Определение ущерба водным биоресурсам от гибели бентоса производится по формуле (2):

$$N = B \times (1 + P/B) \times S \times K_E \times (K_3/100) \times d \times \Theta \times 10^{-3}, \quad (2)$$

где:

N — потери (размер вреда) водных биоресурсов, кг или т;

B — показатели среднесуточной биомассы зообентоса: на акваториях морского порта и подходного канала — $9,48 \text{ г/м}^2$, на акватории морского канала — $16,45 \text{ г/м}^2$;

P/B — коэффициент перевода биомассы кормовых организмов в их продукцию: для порта и подходного канала — 3,9, для морского канала — 3;

d — степень воздействия, или доля количества гибнущих организмов от общего их количества, в данном случае — отношение величины теряемой биомассы к величине исходной биомассы, в долях единицы (1 и 0,5);

S — площадь зоны воздействия, где прогнозируется гибель кормовых организмов бентоса: для морского канала при $d = 1$ равна $62\,550\,000 \text{ м}^2$ и при $d = 0,5$ равна $71\,400\,000 \text{ м}^2$, для акваторий порта и подходного канала при $d = 1$ равна $22\,847\,040 \text{ м}^2$ и при $d = 0,5$ равна $21\,179\,840 \text{ м}^2$;

K_E — коэффициент эффективности использования пищи на рост (доля потребленной пищи, используемая организмом на формирование массы своего тела), для рассматриваемого района равен 0,166;

K_3 — средний для данной экосистемы (района) и сезона года коэффициент (доля) использования кормовой базы (50 %);

10^{-3} — показатель перевода граммов в килограммы или килограммов в тонны.

Θ — величина повышающего коэффициента, учитывающего длительность негативного воздействия намечаемой деятельности и восстановления до исходного состояния водных биоресурсов (численность, биомасса), определяемая согласно формуле 3:

$$\Theta = T + \sum K_{B(t=i)}, \quad (3)$$

где:

Θ — величина повышающего коэффициента, в долях;

T — показатель длительности негативного воздействия, в течение которого не происходит восстановление водных биоресурсов (определяется в долях года, принятого за единицу, как отношение сут./365);

$\sum K_{B(t=i)}$ — коэффициент длительности восстановления водных биоресурсов, определяемых как $K_{t=i} = 0,5^i$. Длительность восстановления (i лет) с момента прекращения воздействия для планктонных кормовых организмов составляет 1 год, для бентосных кормовых организмов — 3 года.

Расчет от потерь зообентоса выполнен для 1-го года ведения работ и для 2-го и последующих в связи с тем, что «Методика исчисления размера вреда водным биоресурсам» предписывает принимать «условное время» восстановления сообществ зообентоса после окончания негативного воздействия гидротехнических работ равным 3 годам. Используя простейшую линейную модель восстановления биомассы бентоса до исходного значения за указанный период, следует принять, что за один год она достигнет 33 % исходной. Следовательно, для 2-го и каждого из последующих лет ведения работ в качестве исходной биомассы к моменту их начала исходная биомасса бентоса должна приниматься равной 33 % от таковой на момент начала работ 1-го года.

Величина повышающего коэффициента рассчитана с учетом периода проведения работ (75 дней) и периода восстановления бентоса — в течение оставшихся 290 дней, и составит $\Theta = (75/365 + 0,5 \times 290/365) = 0,6$.

Период восстановления зообентоса после окончания негативного воздействия, равный для рассматриваемого района 3 годам, при определении повышающего коэффициента не подлежит учету в связи с тем, что воздействие ремонтного дноуглубления не прекратится через 10 лет, предусмотренных в рамках настоящего проекта, а будет продолжаться в течение всего периода эксплуатации порта. Следовательно, полное восстановление бентосных сообществ на участках дноуглубления до исходного состояния к 2027 г. не произойдет.

Ущерб от гибели зообентоса в морском канале в 1-й год определен для $d = 1$ величиной ≈ 205 т; для $d = 0,5$ величиной ≈ 117 т; всего ≈ 322 т. Со 2-го по 10-й год ущерб определен для $d = 1$ величиной ≈ 67 т; для $d = 0,5$ величиной ≈ 39 т; всего ≈ 106 т (ежегодно).

Ущерб от гибели зообентоса в подходном канале и на акватории порта в 1-й год определен для $d = 1$ величиной ≈ 53 т; для $d = 0,5$ величиной ≈ 24 т; всего ≈ 77 т. Со 2-го по 10-й год ущерб определен для $d = 1$ величиной ≈ 17 т; для $d = 0,5$ величиной ≈ 8 т; всего ≈ 25 т (ежегодно).

Всего потери по зообентосу при проведении ремонтного дноуглубления в 1-й год составят ≈ 399 т; со 2-го по 10-й год ≈ 131 т ежегодно.

Таким образом, прогнозируемый размер ущерба водным биологическим ресурсам при проведении ремонтных дноуглубительных работ для восстановления проектных габаритов судоходных объектов в МП Сабетта, рассчитанный по потерям продуктивности зоопланктона и бентоса, составит:

$17,9 \times 10 + 399 + 131 \times 9 \approx 1760$ т за 10 лет, или ≈ 176 т ежегодно.

Восстановительные мероприятия и расчет объема затрат для компенсации прогнозируемого ущерба

В качестве восстановительного мероприятия для компенсации ущерба водным биоресурсам предложено искусственное воспроизводство молоди пеляди, сибирского осетра и муксуна с последующим выпуском (возможно, комбинированным) в водные

объекты Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна.

При расчетах требуемого количества посадочного материала для искусственного воспроизводства за основу приняты рыбоводно-биологические показатели таблицы 2 Приложения «Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам» (Приказ ФАР № 1166 от 25.11.2011). Коэффициенты промыслового возврата определены для пеляди величиной 1,4 % от сеголетка массой 0,5 г; для осетра — 0,11 % от сеголетка массой 0,5 г; для муксуна — 1,8 % от сеголетка массой 0,5 г.

Согласно Приказу Министерства сельского хозяйства РФ от 30.01. 2015 г. № 25 «Об утверждении Методики расчета объема добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства)» средняя масса производителей определена: для пеляди — 0,35 кг; для осетра — 13,5 кг; для муксуна — 1,5 кг.

Удельные затраты на производство сеголетков пеляди, осетра и муксуна приняты в соответствии с Приложением № 15 Приказа ФГБУ «Главрыбвод» от 26.12.2017 г. № 273 «Об утверждении стоимостей (прейскурантов цен) на поставку рыбоводной продукции, услуги (работы), оказываемые в рамках приносящей доход деятельности на основании договоров, заключаемых филиалами ФГБУ «Главрыбвод» с физическими и юридическими лицами, на 2018 год» и составляют: для пеляди — 1,8 руб./шт.; для осетра — 11,7 руб./шт.; для муксуна — 15 руб./шт.

Ориентировочная стоимость компенсационных затрат на искусственное воспроизводство пеляди, осетра и муксуна была рассчитана по формуле (4):

$$(A - B) \times 100\% - C, \quad (4)$$

где:

A — ущерб водным биоресурсам, в кг;

B — средняя масса производителей пеляди, осетра, муксуна, в кг;

Таблица 2. Ориентировочная стоимость компенсационных затрат за 10 лет и за 1 год, в тыс. руб.

Table 2. Estimated value of compensation costs for 10 years and for 1 year, in thousand rubles.

Наименование объектов воспроизводства	Кол-во экз. годовиков	Ориентировочная стоимость компенсационных затрат за 1 год, тыс. руб.	Ориентировочная стоимость компенсационных затрат за 10 лет, тыс. руб.
Пелядь	360 123 469	64 822	648 222
Осетр	118 828 619	139029	1 390 295
Муксун	65 355 740	98 034	980 336

C — коэффициент промыслового возврата в % от сеголетки массой 0,5 г.

В пересчете на пелядь при промвозврате 1,4 % от сеголетка массой 0,5 г потребуется выпустить $(1\,764\,605\text{кг} - 0,35\text{ кг}) \times 100 - 1,4 \approx 360\,123\,469$ экз. молоди за 10 лет. Ориентировочная стоимость компенсационных затрат на искусственное воспроизводство пеляди составит $360\,123\,469$ экз. $\times 1,8$ руб./экз. $\approx 648\,222$ тыс. руб. за 10 лет, или 64 822 тыс. руб. за год.

В пересчете на осетра при промвозврате 0,11 % от сеголетка массой 0,5 г потребуется выпустить $(1\,764\,605\text{кг} - 13,5\text{ кг}) \times 100 - 0,11 \approx 118\,828\,619$ экз. молоди за 10 лет. Ориентировочная стоимость компенсационных затрат на искусственное воспроизводство осетра составит $118\,828\,619$ экз. $\times 11,7$ руб./экз. = 1 390 295 тыс. руб. за 10 лет, или 139 029 тыс. руб. за год.

В пересчете на муксуна при промвозврате 1,8 % от сеголетка массой 0,5 г потребуется выпустить $(1\,764\,605\text{ кг} - 1,5\text{ кг}) \times 100 - 1,8 \approx 65\,355\,740$ экз. молоди за 10 лет. Ориентировочная стоимость компенсационных затрат на искусственное воспроизводство муксуна составит $65\,355\,740$ экз. $\times 15$ руб./экз. $\approx 980\,336$ тыс. руб. за 10 лет или 98 034 тыс. руб. за год.

В таблице 2 приведено количество годовиков и ориентировочная стоимость компенсационного мероприятия для возмещения вреда водным биоресурсам за 1 год и 10 лет, по каждому из объектов воспроизводства.

По результатам проведенных работ может быть предложен алгоритм выполнения компенсационных мероприятий (рис. 3). Как видно из предложенной схемы компенсационных мероприятий, они представляют

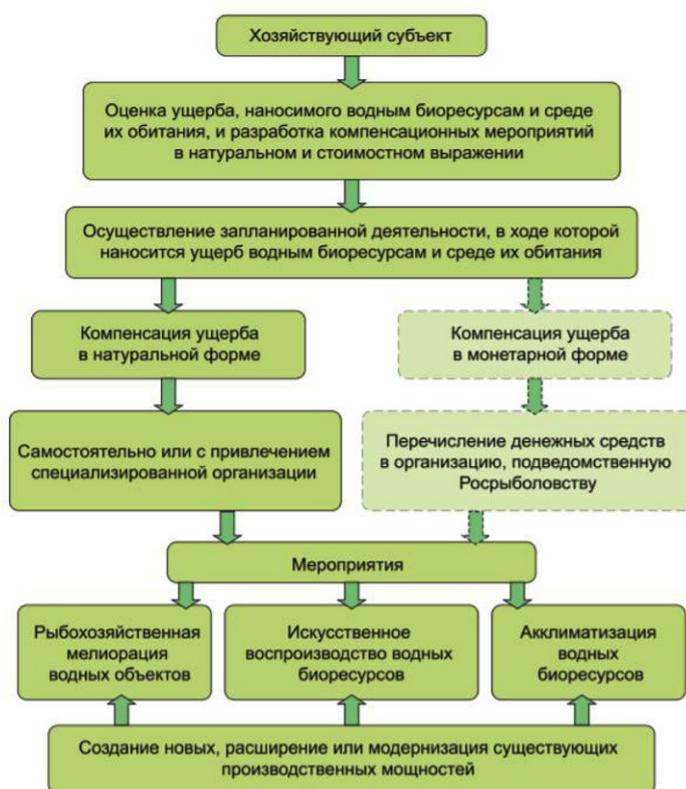


Рис. 3. Схема механизма компенсации ущерба природной среде от портостроительных работ

Fig. 3. Mechanism to compensate the damage to the natural environment from port construction works

собой комплексную многокомпонентную систему действий, направленных на оптимизацию ситуации в районе проведения портостроительных и дреджинговых работ.

Заключение

Наиболее существенным экологическим последствием от выполнения ремонтных дноуглубительных работ в районе МП Сабетта будет снижение количественных показателей кормового зообентоса, в результате чего ожидается снижение запасов экономически важных видов рыб.

Ущерб биоресурсам будет носить временный характер.

Прогнозируемый размер ущерба, всего по зоопланктону и зообентосу, составит ориентировочно 176 т ежегодно.

Предположительный размер затрат на компенсационные мероприятия по трем объектам воспроизводства годовиков за 1 год составят: по пеляди — 64 822 тыс. руб., по осетру — 139 029 тыс. руб., по муксуну — 98 034 тыс. руб.

Для минимизации негативных экологических последствий от ремонтного дноуглубления могут быть предложены следующие природоохранные мероприятия:

1) выполнение ремонтных дноуглубительных работ в строгом соответствии с проектными решениями;

2) согласование сроков начала и производства работ с контролирующими инстанциями;

3) осуществление постоянного экологического контроля и мониторинга водных биоресурсов;

4) выполнение компенсационных мероприятий по возмещению вреда в соответствии с порядком, определенным действующим законодательством;

5) в качестве восстановительного мероприятия для компенсации ущерба водным биоресурсам — искусственное воспроизводство молоди определенных видов рыб, с последующим выпуском в водные объекты.

Выполнение перечисленных природоохранных мероприятий позволит МП Сабетта сохранить за собой имидж «экологически дружественного порта» — первого в российской Арктике [3, 5, 10]. А принятие за основу концепции устойчивого развития и комплексный подход к развитию территории, в том числе при проведении гидротехнических работ [11], будут способствовать достижению стратегических целей в Арктике [12].

Литература

1. Владимиров С.А. Мировая транспортная система и логистика: основные направления развития. Региональная экономика и управление [интернет]. 2016;(2). Режим доступа: <https://cee-region.ru/article/4602/>.
2. ООО Эко-Экспресс-Сервис. Проект производства ремонтных дноуглубительных работ для восстановления проектных габаритов судоводных объектов в морском порту Сабетта. Корректировка. Санкт-Петербург; 2018.
3. Жигульский В.А., Шилин М.Б. Экологически дружественный порт в Арктике. В: Арктика: геополитические и политико-экономические проблемы освоения : материалы IX Междунар. конф. по географии и картографированию океана, Санкт-Петербург, 29–30 сент. 2015 г. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское отделение Российского географического общества; 2015, с. 185–190.
4. Шилин М.Б. Голубев Д.А., Леднова Ю.А. Техносферная безопасность дреджинга. Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та; 2010.
5. Жигульский В.А., Шилин М.Б., Царькова Н.С., Глушковая Н.Б. Воздействие портостроительства в Арктике на орнитофауну на примере порта Сабетта. Ученые Записки Российского государственного гидрометеорологического ун-та. 2017;(48):281–295.
6. ООО Эко-Экспресс-Сервис. Балтийско-Арктическое морское управление Росприроднадзора. Проект производства ремонтных дноуглубительных работ для восстановления проектных габаритов судоводных объектов в морском порту Сабетта. Корректировка. Раздел 8.3. Оценка воздействия на водные биологические ресурсы. Санкт-Петербург; 2018.
7. Мурманский морской биологический институт КНЦ АН СССР. Экология и биоресурсы Карского моря. Апатиты: Кольский научный центр АН СССР; 1989.
8. Дрягин П.А. Промысловые рыбы Обь-Иртышского бассейна. В: Изв. ВНИОРХ. Т. 25. Вып. 2. Ленинград: Ленснабтехиздат. 1948, с. 3–104.

9. Студёнов И.И., рук. Инженерно-экологические изыскания на акватории судоходного канала и зоны дампинга для объекта «Морской порт Сабетта в Обской губе Карского моря». Технический отчёт ФГУП «ПИНРО». Архангельск; 2011.
10. Gogoberidze G., Zhygulsky V., Shilin M., Ershova A., Chusov A. System Effect Analysis of the Port of Sabetta Impact on the Coastal Zone of the Gulf of Ob: Case of an «eco-friendly» maritime object in the Arctic. International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017. 2017; 17: 935–942. <https://doi.org/10.5593/sgem2017/52/s20.119>
11. Леонтьева Е.О., Шилин М.Б. Устойчивое развитие системы водных ресурсов и особенности учета эколого-географических условий при модернизации гидротехнических систем. В: Гидрометеорология и физика атмосферы: современные достижения и тенденции развития. Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 20–22 марта 2024 г. Санкт-Петербург: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений; 2024, с. 383–387.
12. Леонтьева Е.О., Агафонов С.А. Современные перспективы развития портовой инфраструктуры Северного морского пути. Арктика и инновации. 2024;2(1):71–79. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-1-71-79>

References

1. Vladimirov S.A. The global transport and logistics system: main areas of development. Regional Economics and Management [internet]. 2016;(2). Available at: <https://eee-region.ru/article/4602/>. (In Russ.).
2. Eco-Express-Service, Ltd. Project for production of repair dredging works to restore the design dimensions of shipping facilities in the seaport of Sabetta. Adjustment. Section 6. Construction organization project. St. Petersburg; 2018. (In Russ.).
3. Zhygulsky V.A., Shilin M.B. Environmentally friendly port in the Arctic. In: Arctic: geopolitical and political-economic problems of development: materials of the IX International Conference on Ocean Geography and Cartography, St. Petersburg, September 29–30, 2015. St. Petersburg: St. Petersburg branch of the Russian Geographical Society; 2015, p. 185–190. (In Russ.).
4. Shilin M.B., Golubev D.A., Lednova Yu.A. Technosphere safety of dredging. St. Petersburg: Publishing house of the Polytechnic University; 2010. (In Russ.).
5. Zhygulsky V.A., Shilin M.B., Tsarkova N.S., Glushkovskaya N.B. The impact of port construction in the Arctic on the avifauna on the example of the port of Sabetta. Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University. 2017;(48):281–295. (In Russ.).
6. Eco-Express-Service, Ltd. Project for production of repair dredging works to restore the design dimensions of shipping facilities in the seaport of Sabetta. Adjustment. Section 8.3. Assessment of the impact on aquatic biological resources. St. Petersburg; 2018. (In Russ.).
7. Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Center, USSR Academy of Sciences. Ecology and bioresources of the Kara Sea. Apatity: Kola Scientific Center, USSR Academy of Sciences; 1989.
8. Dryagin P.A. Commercial fish of the Ob-Irtysh basin. Izvestiya VNIORKH. Vol. 25. Issue. 2. Leningrad: Lensnabrekhizdat; 1948, p. 3–104. (In Russ.).
9. Studyonov I.I., supervised. Engineering and environmental surveys in the waters of the shipping channel and dumping zone for the facility «Seaport of Sabetta in the Gulf of Ob, Kara Sea». Technical report of FSUE «PINRO». Arkhangelsk; 2011. (In Russ.).
10. Gogoberidze G., Zhygulsky V., Shilin M., Ershova A., Chusov A. System Effect Analysis of the Port of Sabetta Impact on the Coastal Zone of the Gulf of Ob: Case of an «eco-friendly» maritime object in the Arctic. International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017. 2017; 17: 935–942. <https://doi.org/10.5593/sgem2017/52/s20.119>
11. Leonteva E.O., Shilin M.B. Sustainable development of the water resources system and features of taking into account ecological and geographical conditions during the modernization of hydraulic systems. In: Hydrometeorology and atmospheric physics: modern achievements and development trends. Proceedings of the II International scientific and practical conference, St. Petersburg, March 20–22, 2024. St. Petersburg: Publishing and Printing Association of Higher Educational Institutions; 2024, p. 383–387. (In Russ.).
12. Leonteva E.O., Agafonov S.A. Modern prospects for the port infrastructure development of the Northern Sea Route. Arctic and Innovation. 2024;2(1):71–79. (In Russ.). <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-1-71-79>

Сведения об авторах

Ахмад Алаа Али — кандидат географических наук, эксперт по охране окружающей среды в Главном управлении портов г. Латакия, Сирия
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3165-4600>
e-mail: alaa.enviro@yahoo.com

Жигульский Владимир Александрович — кандидат технических наук, член Экологического совета при губернаторе Санкт-Петербурга, директор ООО «Эко-Экспресс-Сервис»
e-mail: dir@ecoexp.ru

Шилин Михаил Борисович — доктор географических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», 195027, Санкт-Петербург, пр. Металлистов, 3
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-1996>
Scopus Author ID: 6603362644
SPIN-код: 1926-8802
Author ID: 77284
e-mail: shilin@rshu.ru

Леонтьева Екатерина Олеговна — аспирант, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251 Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2034-5211>
Web of Science ResearcherID: JDC-6366-2023
SPIN-код: 3709-2980
Author ID: 1203809
e-mail: katerina.leonteva.ol@gmail.com

Вклад авторов

Ахмад Алаа Али — разработка концепции исследования и дизайна работы, сбор, анализ и интерпретация полученных данных, проведение расчетов, формулирование выводов;

Жигульский Владимир Александрович — разработка концепции исследования и дизайна, предоставление иллюстративного материала и данных для проведения расчетов;

Шилин Михаил Борисович — редактирование статьи с целью повышения ее научной значимости, формулирование выводов и перспектив дальнейшей разработки проблематики исследования;

Леонтьева Екатерина Олеговна — редактирование и окончательная доработка статьи, подготовка статистического материала, оформление библиографического списка.

About the authors

Ahmad Alaa Ali — PhD (Geography), Environmental Protection Expert, General Authority of Ports of Latakia, Syria
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3165-4600>
e-mail: alaa.enviro@yahoo.com

Vladimir A. Zhigulsky — Cand. Sci. (Engineering), Member of the Environmental Council under the Governor of St Petersburg, Director of Eco-Express-Service, LLC
e-mail: dir@ecoexp.ru

Mikhail B. Shilin — Dr. Sci. (Geography), Prof., Russian State Hydrometeorological University, 195027, Saint Petersburg, Metallistov Ave., 3
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-1996>
Scopus Author ID: 6603362644
SPIN-code: 1926-8802
Author ID: 77284
e-mail: shilin@rshu.ru

Ekaterina O. Leonteva — Postgraduate Student, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, 195251 Saint Petersburg, st. Politekhnicheskaya, 29
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2034-5211>
Web of Science ResearcherID: JDC-6366-2023
SPIN code: 3709-2980
Author ID: 1203809
e-mail: katerina.leonteva.ol@gmail.com

Authors' contributions

Ahmad Alaa Ali — development of the research concept and design; collection, analysis, and interpretation of the obtained data; calculations; formulation of conclusions;

Vladimir A. Zhigulskiy — development of the research concept and design; provision of illustrative material and data for calculations;

Mikhail B. Shilin — revision of the article with introduction of valuable scientific content; formulation of conclusions and prospects for further development;

Ekaterina O. Leonteva — editing and final revision of the article; preparation of statistical material; bibliography preparation.

УДК 502.333 + 912.43-13

ББК 20.18 + 26.17

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-43-81>



Экология прибрежной тундры Варандея. Состояние компонентов природной среды на основе нормируемых показателей

Мартынов С.В.

Независимый исследователь, Санкт-Петербург, Россия

✉ smartynov52@yandex.ru

Аннотация. В статье, опубликованной в томе 2, № 3 (2024) настоящего издания, дана характеристика природных условий зоны прибрежной тундры Варандея. В настоящей статье, продолжающей затронутую тему, приводится описание экологического состояния компонентов природной среды прибрежной тундры Варандея на основании полевого обследования территории изысканий, аналитических исследований отобранных проб и образцов, нормированных показателей их качества, а также опубликованных данных открытых источников.

Ключевые слова: Варандей, качество природной среды, нормируемые показатели, атмосферный воздух, водная среда, почвы, растительность, радиационная обстановка, фаунистические комплексы

Конфликт интересов: автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Мартынов С.В. Экология прибрежной тундры Варандея. Состояние компонентов природной среды на основе нормируемых показателей. *Арктика и инновации*. 2024;2(4):43–81. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-43-81>

Ecology of the coastal tundra of Varandei. State of natural environment components on the basis of normative indicators

Sergey V. Martynov

Independent Researcher, St Petersburg, Russia

✉ smartynov52@yandex.ru

Abstract. In a previous issue of this journal (Vol. 2, No. 3, 2024), the author characterized the natural conditions of the Varandey coastal tundra area. The present article continues this research, focusing on the ecological state of the components of the natural environment. The data for analysis were obtained through field surveys of the area, analytical studies of the collected specimens, standardized indicators of their quality, as well as from open sources.

Keywords: Varandey, environmental quality, normative indicators, atmospheric air, aquatic environment, soils, vegetation, radiation situation, faunistic complexes

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

For citation: Martynov S.V. Ecology of the coastal tundra of Varandei. State of natural environment components on the basis of normative indicators. *Arctic and Innovations*. 2024;2(4):43–81. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-43-81>

1. Состояние атмосферного воздуха

Оценка современного состояния загрязненности атмосферного воздуха выполнена на основании статистических данных, справки о фоновых концентрациях загрязняющих веществ в районе, подготовленной расчетным методом, а также на основе опубликованной литературы по данному вопросу [1, 31, 33]. Систематические наблюдения за загрязнением компонентов природной среды (в том числе и атмосферного воздуха) в Ненецком автономном округе (НАО) не ведутся. Основной объем данных по загрязнению отдельных компонентов природной среды получают в результате эпизодических наблюдений [41]. Очаги загрязнения атмосферного воздуха в районе формируются над скважинами на место-

рождениях. Открытое сжигание попутного газа на факельных установках составляет наибольшую часть выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу на территории округа.

Воздействие на атмосферный воздух происходит и в районах населенных пунктов, в крупных — за счет выбросов котельных и автотранспорта, в небольших поселках — от дымовых труб частных домов, где для отопления используется уголь.

Также на территорию НАО происходит перенос ЗВ из других регионов России. Наибольшей интенсивности переносы достигают в холодный сезон, когда преобладают ветры южных направлений. В этот период

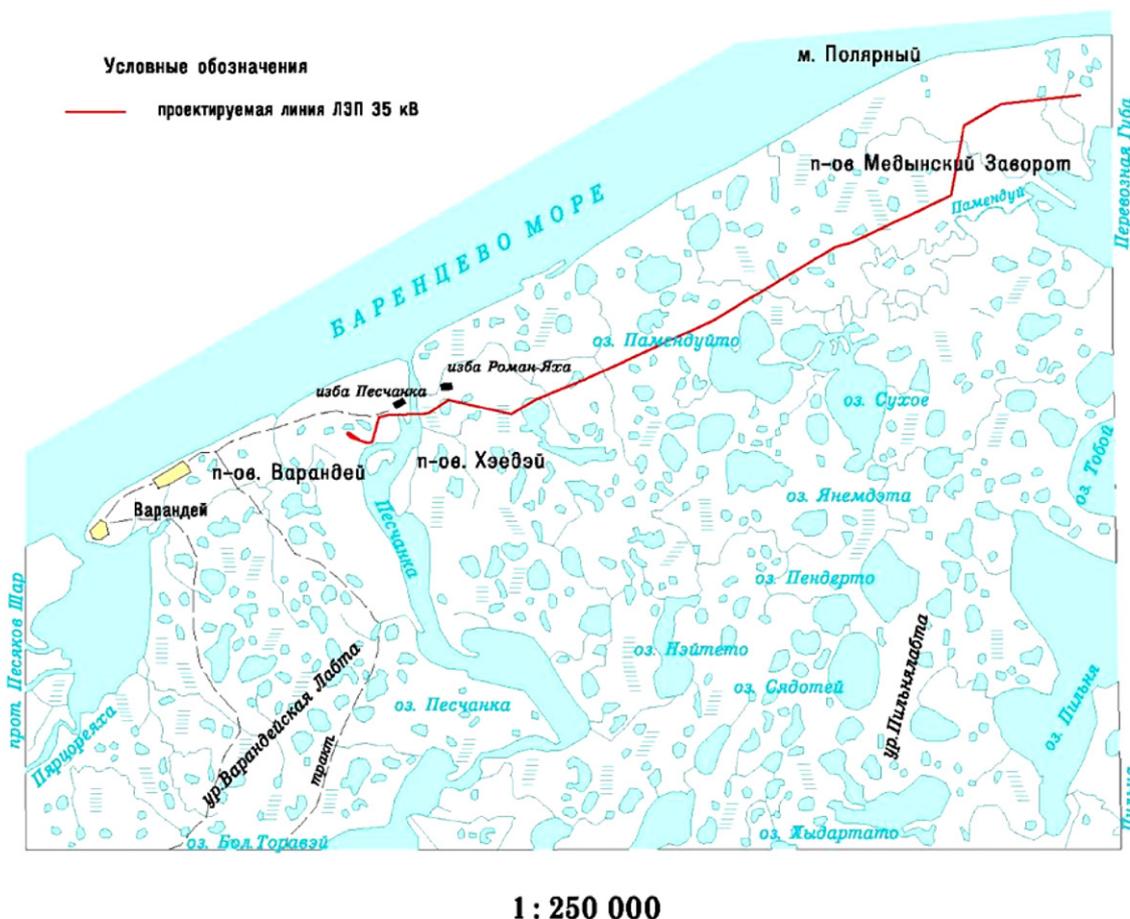


Рис. 1. Ситуационный план территории исследований

Fig. 1. Location plan of the area under study

в перенос могут быть вовлечены ЗВ и от очень удаленных источников, расположенных в Северной, Центральной и Восточной Европе. В летний период, когда преобладают воздушные потоки с севера, переносы ЗВ уменьшаются.

Согласно расчетным данным Государственной геофизической обсерватории (ГГО) им. А.И. Воейкова, для дожимной насосной станции (ДНС) Варандей — месторождение Перевозное фоновые концентрации взвешенных загрязняющих веществ, диоксида серы, диоксида и оксида азота, оксида углерода и бенз(а)пирена равны 0.

Изменение направления переносов воздушных масс в первую очередь отражается на кислотности осадков: в зимний период она возрастает, в летний — уменьшается [33]. Вместе с кислотностью в атмосферных осадках меняется в течение года и содержание других химических элементов: ионов, тяжелых металлов и др.

При планировании каких-либо мероприятий, связанных с повышенными выбросами ЗВ в атмосферный воздух, необходимо учитывать климатологические параметры, определяющие рассеивание примесей в атмосфере, характеризующиеся повторяемостью приземных и приподнятых инверсий и слабых скоростей ветра (0–1 м/с), то есть наличием неблагоприятных метеорологических условий (НМУ).

Район расположения объекта изысканий находится в зоне умеренного потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА). Здесь в основном наблюдаются благоприятные условия для рассеивания вредных выбросов. В связи с особенностями климата в зоне умеренного ПЗА в разные периоды года создаются примерно одинаковые условия как для рассеивания, так и для накопления примесей в приземном слое воздуха.

Повторяемость приземных инверсий в среднем за год составляет 36 %, их мощность

Таблица 1. Химический состав атмосферных осадков в г. Нарьян-Маре

Table 1. Chemical composition of atmospheric precipitation in the city of Naryan-Mar

	Сумма осадков, мм	Концентрация ионов, мг/л										∑ ионов	pH	Удельная электр. мкСм/см
		SO ₄ ²⁻	CL ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺			
Ср. год	570,2	3,02	1,55	1,04	2,04	0,98	0,77	0,24	0,75	0,35	—	10,73	6,0	18,0
Ср. взвеш.	570,2	3,01	1,62	0,92	2,19	0,82	0,81	0,24	0,79	0,40	0,0	10,81	6,0	18,0

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в атмосферных осадках в г. Нарьян-Маре (мкг/л)

Table 2. Heavy metal content in atmospheric precipitation in the city of Naryan-Mar (µg/L)

Месяц	Объем проб, мг/л	Al	Cu	Fe	Li	Mn	Cd	V	Zn	Ni	Pb	pH
Январь	47,33	13,1	0,37	8,72	0,025	1,03	0,04	0,23	4,55	0,13	1,34	4,6
Февраль	20,15	92,5	1,58	67,8	0,25	5,92	0,13	0,49	21,8	0,52	5,83	4,6
Март	88,65	29,6	0,79	19,1	0,12	4,062	0,05	0,34	9,47	0,23	1,99	4,5
Апрель	90,74	27,9	1,24	23,8	0,025	10,3	0,23	0,62	69,3	0,52	4,14	4,4
Май	46,87	23,3	0,73	18,6	0,025	14,1	0,03	0,07	5,69	0,41	0,87	4,9
Июнь	25,6	12,1	0,53	12,6	0,025	6,27	0,02	0,12	4,36	0,12	0,48	5,6
Июль	16,35	26,0	1,62	24,4	0,025	15,6	0,03	0,16	9,52	0,31	0,81	6,3
Август	19,81	5,63	0,88	3,5	0,025	1,47	0,02	0,02	2,35	0,05	0,29	5,8
Сентябрь	6,5	6,4	0,31	3,5	0,025	2,38	0,05	0,12	2,87	0,05	1,29	5,0
Октябрь	7,03	9,3	0,38	3,5	0,025	1,03	0,03	0,18	4,21	0,1	0,81	4,6
Ноябрь	21,68	11,5	0,44	7,68	0,025	1,38	0,06	0,36	5,45	0,18	1,82	4,4
Декабрь	49,97	12,7	0,5	10,3	0,025	1,48	0,07	0,38	5,96	0,2	2,0	4,5

в среднем равна 0,42 км. Наиболее часто приземные инверсии наблюдаются зимой. В это же время года приземные инверсии имеют наибольшую мощность.

Повторяемость приподнятых инверсий в слое до 2 км в среднем за год составляет 40 %, их мощность в среднем равна 0,44 км. Наиболее часто приподнятые инверсии наблюдаются в летние месяцы, однако наибольшую мощность имеют инверсии, образующиеся зимой.

Увеличение зимой мощности инверсий способствует развитию в отдельные годы в рассматриваемой зоне зимнего максимума загрязнения воздуха.

Рассматриваемый район в силу своего географического положения характеризуется очень низкой повторяемостью малых скоростей ветра (0–1 м/с). Как следствие, повторяемость сочетания приземных инверсий и малых скоростей ветра (застоев воздуха) составляет 5 %, а повторяемость сочетания приподнятых инверсий (0,01–0,5 км) и малых скоростей ветра (застоев воздуха) наблюдается всего в 1 % случаев.

Ниже представлены расчетные данные ГГО им. А.Н. Воейкова о средних за месяц характеристиках инверсий для района п. Варандей — Перевозное м/р (табл. 3).

Таблица 3. Среднемесячные характеристики инверсий

Table 3. Average monthly characteristics of inversions

Месяц	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
Повторяемость приземных инверсий, %	58	54	54	41	24	14	24	28	22	28	43	49
Повторяемость приподнятых инверсий, %	34	35	32	39	51	50	39	37	37	37	41	41
Повторяемость приподнятых инверсий с высотой нижней границы 0,01–0,25 км, %	11	8	10	10	7	8	6	4	3	6	10	17
Мощность приземных инверсий по месяцам, км	0,67	0,49	0,45	0,44	0,36	0,22	0,23	0,26	0,2	0,33	0,49	0,65
Наибольшая средняя за срок мощность приземных инверсий по месяцам, км	0,7	0,64	0,64	0,51	0,44	0,38	0,32	0,38	0,25	0,34	0,55	0,67
Мощность приподнятых инверсий по месяцам, км	0,52	0,49	0,45	0,42	0,48	0,44	0,41	0,38	0,33	0,4	0,49	0,5
Наибольшая средняя за срок мощность приподнятых инверсий с высотой нижней границы 0,01–2,0 км по месяцам, км	0,53	0,51	0,51	0,45	0,53	0,52	0,45	0,42	0,35	0,41	0,52	0,56
Повторяемость сочетания приземных инверсий и малых скоростей ветра (0–1 м/с), %	10	8	7	4	3	2	3	5	4	4	8	8
Повторяемость сочетания приподнятых инверсий (0,01–0,05 км) и малых скоростей ветра (0–1 м/с), %	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1
Наиболее вероятное время появления приземных инверсий	вечер	вечер	ночь	ночь	день	день						
Наиболее вероятное время появления приподнятых инверсий	ночь	день	день	день	день	ночь	ночь	день	день	день	вечер	ночь

2. Состояние поверхностных вод и донных отложений

2.1. Оценка состояния поверхностных вод

Для оценки современного экологического состояния территории изысканий было отобрано 17 проб поверхностных вод.

Точки отбора проб поверхностных вод представлены в таблице 4.

Согласно информации из Управления природных ресурсов и экологии НАО, сведения по фоновым концентрациям загрязняющих веществ в воде отсутствуют.

Отбор проб осуществлялся в соответствии с ГОСТ 30813-2002, ГОСТ 17.1.5.04-81, ГОСТ Р 59024-2020, ГОСТ Р 56237-2014, ГОСТ Р 70282-2022 [11, 5, 12, 13, 6]. Отбор производился специальным пробоотборником объемом 0,5 литра.

Таблица 4. Ведомость отбора проб поверхностных вод

Table 4. Record of surface water sampling

№ пробы	Место отбора пробы	Характеристика русла, течения	Характеристика водной поверхности	Характеристика дна
1	Озеро к югу от БРП	Высота бровки — 0,3 м, склон задернован осокой, мхом, $h = 0,4$ м	$t_{\text{воды}} = 2,7$ °С, цвет серый, запах отсутствует, прозрачность — 0,5 м	песок, илы, растительность
2	Протока Песчанка — 100 м севернее трассы	Широкая мелкая протока с множеством отмелей, течение приливо-отливное, $V = 5-8$ м/сек, высота бровки — 0,5 м, склон задернован частично, $h = 0,4$ м	$t_{\text{воды}} = 3,0$ °С, цвет сероватый, запах отсутствует, прозрачность — 0,5 м	песок, илы
3	Протока Песчанка — пересечение с трассой	Широкая мелкая протока, течение приливо-отливное, $V = 0,5$ м/сек, высота бровки — 0,3 м, склон задернован частично, $h = 3,0$ м	$t_{\text{воды}} = 3,4$ °С, цвет серый, запах отсутствует, прозрачность — 0,5 м	песок, илы
4	Протока Песчанка — 300 м ниже трассы	Широкая мелкая протока с множеством отмелей, течение приливо-отливное, $V = 0,5$ м/сек, высота бровки — 0,6 м, склон задернован, $h = 0,4$ м	$t_{\text{воды}} = 2,7$ °С, цвет серый, запах отсутствует, прозрачность — 0,5 м	песок, илы
5	Река Роман-Яха — 100 м севернее трассы	Русло слабо развитое извилистое, высота бровки — 0,1 м, склон задернован — осока, мох, $h = 1,0$ м, течение отсутствует	$t_{\text{воды}} = 2,7$ °С, цвет темный, запах отсутствует, прозрачность — 1,0 м	очес
6	Река Роман-Яха — 300 м южнее трассы	Русло слабо развитое извилистое, высота бровки — 0,1 м, склон задернован — осока, мох, $h = 1,0$, течение отсутствует	$t_{\text{воды}} = 4,0$ °С, цвет темный, запах отсутствует, прозрачность — 1,0 м	илы, очес
7	Река Вангдэтосе — 200 м южнее трассы	Русло врезанное, извилистое, берега обрывистые, высота бровки — 0,1 м, склон задернован частично — осока, мох, ерник, $h = 0,8$ м, $V = 0,1$ м/сек	$t_{\text{воды}} = 2,0$ °С, цвет коричневый, запах отсутствует, прозрачность — 1,0 м	осока, песок
8	Река Вангдэтосе	Русло врезанное, извилистое, берега обрывистые, высота бровки — 2,0 м, склон задернован частично — осока, мох, ерник, $h = 0,4$ м, $V = 0,2$ м/сек	$t_{\text{воды}} = 1,8$ °С, цвет коричневый, запах отсутствует, прозрачность — 1,0 м	осока, песок
9	Ручей без названия — пересечение с трассой	Заболоченный разлив, высота бровки — 0,2–0,5 м, склон задернован — осока, $V = 0,1$ м/сек, $h = 2,0$ м/сек	$t_{\text{воды}} = 3,2$ °С, цвет темный, запах отсутствует, прозрачность — 1,0 м	песок, илы
10	Ручей — приток протоки Помендуй — пересечение со створом	$h = 0,6$ м, врезанное извилистое русло, высота бровки 0,1–0,2 м, склон задернован — осока, $V = 0,3$ м/сек	$t_{\text{воды}} = 4,1$ °С, цвет темный, запах отсутствует, прозрачность — 1,0 м, пресная	песок, илы

Продолжение таблицы 4

№ пробы	Место отбора пробы	Характеристика русла, течения	Характеристика водной поверхности	Характеристика дна
11	Протока Камбалица — пересечение со створом	$h = 2,0$ м, местами врезанное, приливо-отливный характер течения, высота бровки — 0,2 м, склон задернован — осока, $V = 0,1$ м/сек	$t_{\text{воды}} = 3,0$ °С, цвет коричневый, запах иловый, прозрачность — 0,5 м	песок, илы
12	Искусственный водоем — бывшая скважина Медынская № 5	$h = 2$ м, искусственный водоем, высота бровки — 0,5–1,0 м	$t_{\text{воды}} = 5,0$ °С, цвет серый, запах отсутствует, прозрачность — 0,5 м	песок, илы
13	Лайды — 800 м западнее буровой 1-го куста Перевозного	$h = 0,2$ м, понижения различных форм, высота бровки — 0,1–0,2 м	$t_{\text{воды}} = 4,6$ °С, цвет серый, запах сероводородный, прозрачность — 0,5 м	ил серого и черного цвета
14	Безымянная протока — 100 м западнее от буровой 1-го куста месторождения Перевозное	Русло слабо развитое извилистое, высота бровки — 0,1–0,3 м, склон задернован — осока, $h = 0,2$ м, $V = 0,05$ м/сек	$t_{\text{воды}} = 5,3$ °С, цвет коричневый, запах иловый, прозрачность — 1,0 м	песок, илы
15	Протока Камбалица — 400 м от на СЗ от створа	$h = 1,5$ м, слабоврезанное, высота бровки — 0,1–0,3 м, склон местами задернован — осока, $V = 0,1$ м/сек	$t_{\text{воды}} = 3,2$ °С, цвет коричневый, запах иловый, прозрачность — 0,5 м	песок, илы
16	Протока Помендуй — пересечение со створом	$h = 3,0$ м, русло слабо развитое извилистое, высота бровки — 0,1 м, склон задернован — осока, $V = 0,05$ м/сек	$t_{\text{воды}} = 1,3$ °С, цвет серый, запах отсутствует, прозрачность — 0,5 м	песок, илы
17	Ручей — приток р. Вангдэтосе — пересечение с трассой	$h = 0,4$ м, русло слабо выраженное, высота бровки — 0,1 м, склон задернован — осока, $V = 0,05$ м/сек	$t_{\text{воды}} = 1,5$ °С, цвет темный, запах отсутствует, прозрачность — 1,0 м	дно задерновано

Требования к качеству воды для поверхностных водных объектов предъявлены в СанПин 1.2.3685-21, СанПин 2.1.3684-21 [15, 16].

Количественный химический анализ проб поверхностных природных вод проводился аккредитованным испытательным лабораторным центром ФГУ «Ленинградский референтный центр Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору». Анализ содержания в воде тяжелых металлов проводился экоаналитической лабораторией федерального государственного унитарного научно-производственного предприятия (ФГУ НПП) «Геологоразведка» (Геоэкохим).

На месте отбора проб определялись цвет, запах, прозрачность.

В лаборатории определялись: (1) свойства воды: минерализация, жесткость, взве-

шенные вещества, окисляемость, рН, ХПК; (2) ионы: калий, кальций, натрий, магний, сульфаты, хлориды, карбонаты, азот аммонийный, нитраты, нитриты; (3) микрокомпоненты: марганец, железо, кобальт, хром, никель, медь, цинк, мышьяк, кадмий, ртуть, свинец; (4) ЗВ: поверхностно-активные вещества (ПАВ), фенолы, нефтепродукты, бенз(а)пирен. Расчетным методом определялся гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ).

В результате полученных данных можно сделать вывод, что поверхностные воды реки Вангдэтосе, ручья без названия (точка № 9), ручья — притока реки Помендуй и ручья — притока реки Вангдэтосе по степени минерализации классифицируются как пресные, что является характерным для данной гидрографической зоны (в пресных водах степень минерализации не превышает 0,5 мг/дм³). Воды в точках отбора № 1, 6, 11, 12, 13, 14 классифицируются как соленые

(3114–9132 мг/дм³), а в протоках Песчанка и Камбалица — как воды повышенной солености; в них значение минерализации достигает 14 606 и 11 936 мг/дм³ соответственно. Высокие значения минерализации вызваны непосредственной близостью моря. Во время приливов происходит смешивание речной и морской воды, что приводит к увеличению солености речных вод. Однако эти значения минерализации нельзя считать истинными показателями, а более правильно отнести к значениям переменным, вызванным естественными природными факторами.

Этими же причинами объясняются повышенные показатели в ионном составе исследуемых вод. Зафиксировано повышенное содержание кальция в пробах № 3 и 11, превышение ПДК (50,0 мг/дм³) по содержанию магния и хлоридов (350 мг/дм³) в пробах № 3, 6, 11, 12, 13, 14, 16. Отмечается превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по содержанию сульфатов (ПДК 500 мг/дм³) в пробах № 3 и 16 при повышенных их значениях в пробах № 11, 14, а в пробах № 12 и 13 — значения, граничные с ПДК.

Взвешенные вещества содержатся в водотоках, не подверженных приливным явлениям, в небольших количествах: 4,0–19,0 мг/дм³, тогда как в пробах № 3, 6, 12, 13, 14, 16 — 118–678 мг/дм³. Максимальное значение содержания взвешенных веществ отмечено в пробе № 11 протока Камбалица — 877,0 мг/дм³.

По значению жесткости исследуемые воды в точках № 7, 9, 10, 17 относятся к категории мягких, здесь значение жесткости колеблется в пределах от 0,6 до 1,04 мг-экв/дм³. В точках № 16, 14, 13, 12, 6, 3 значение жесткости увеличивается до величин 14,0–51,0 мг-экв/дм³, достигая максимума в точке № 11 — 55,6 мг-экв/дм³, что соответствует классификации «очень жесткие воды».

В соответствии с общими требованиями к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования в воде водных объектов величина рН не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5 [16].

Величина рН в исследованных пробах варьирует от 6,9 до 7,4. Это характеризует их

как нейтральные воды, что обусловлено наличием в них Ca(HCO₃)₂, Mg(HCO₃)₂. Величина рН измерялась в пробах № 2, 4, 5, 8.

Величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях, называется окисляемостью.

В соответствии с СанПиН 2.1.3684-21 показатель химически поглощенного кислорода (ХПК) не должен превышать 30 мг О₂/дм³ [16].

Показатель ХПК в водах исследованных объектов удовлетворяет нормативу и колеблется в пределах 5,2–18,4 мг О₂/дм³.

Превышений над нормативами в исследованных пробах воды по нитритам, нитратам не обнаружено. Отмечено превышение ПДК (1,5 мг/дм³) по содержанию аммония в пробах № 12, 13, 14, 16. В пробах № 1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17 содержание железа общего (ПДК — 0,3 мг/дм³) не превышает нормативов, концентрация железа от 0,062 до 0,21 мг/дм³, в пробах № 3, 7, 8, 9, 14 отмечено превышение над ПДК в 2,3–3,3 раза, что связано с природными особенностями района обледования.

В точке № 1 отмечено превышение в 4,4 ПДК (0,1 мг/дм³) по содержанию марганца, тогда как в остальных пробах содержание марганца в норме.

Определение содержания в пробах поверхностных вод хрома, никеля, меди, цинка, мышьяка, кадмия, ртути, свинца, кобальта показало присутствие этих элементов в количествах, значительно меньших ПДК.

Концентрация поверхностно-активных веществ (ПАВ) и фенолов в пробах воды на момент обследования не превышает нормативов.

Содержание бенз(а)пирена определялось в пробах № 3, 11, 16 и выявлено в незначительных количествах — 0,001–0,006 мг/дм³.

Нефтепродукты практически во всех пробах находятся в пределах нормы (ПДК 0,3 мг/дм³), в пробах № 4, 5, 10 отмечено превышение норматива в 1,1–1,4 раза.

После детального рассмотрения объектов можно сделать следующие выводы о соответствии вод нормативам.

Водные объекты в районе обследования, не подверженные морскому воздействию, по значениям минерализации, жесткости, содержанию взвешенных веществ удовлетворяют СанПиН 2.1.3684-21 [16]. Водотоки, испытывающие на себе действие приливных явлений, имеют высокие показатели значений минерализации, жесткости, взвешенных веществ, что может быть расценено как естественное природное явление и не может рассматриваться как загрязнение.

Все обследованные пробы по содержанию хрома, никеля, меди, цинка, мышьяка, кадмия, ртути, свинца, кобальта соответствуют нормативу. По содержанию нитритов, нитратов, поверхностно-активных веществ, бенз(а)пирена и фенолов, значению окисляемости воды рассматриваемых водотоков удовлетворяют нормативам [15].

Превышение норматива по содержанию в пробах железа и марганца является при-

родной особенностью поверхностных вод данного района.

2.2. Гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ)

ИЗВ установлен Госкомгидрометом СССР и относится к категории показателей, наиболее часто используемых для оценки качества водных объектов. Этот индекс является типичным аддитивным коэффициентом и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (1)$$

где: C_i – концентрация компонента (в ряде случаев — значение физико-химического параметра); n — число показателей, используемых для расчета индекса, $n = 6$; ПДК_i — установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды представлены в таблице 5.

Таблица 5. Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды

Table 5. Water quality classes depending on water pollution index value

Воды	Значения ИЗВ	Классы качества вод
Очень чистые	до 0,2	I
Чистые	0,2–1,0	II
Умеренно загрязненные	1,0–2,0	III
Загрязненные	2,0–4,0	IV
Грязные	4,0–6,0	V
Очень грязные	6,0–10,0	VI
Чрезвычайно грязные	> 10,0	VII

Таблица 6. Классификация поверхностных вод в зависимости от значения индекса загрязнения

Table 6. Classification of surface waters depending on pollution index value

№ точки отбора	Место отбора	Значение ИЗВ	Классы качества	Классификация вод
1	Озеро к югу от БРП	1,96	III	Умеренно загрязненные
2	Протока Песчанка — 100 м севернее трассы	0,30	II	Чистые
3	Протока Песчанка — пересечение с трассой	5,95	V	Грязные
4	Протока Песчанка — 300 м ниже трассы	0,87	II	Чистые
5	Река Роман-Яха — 100 м севернее трассы	0,43	II	Чистые
6	Река Роман-Яха — 300 м южнее трассы	6,01	VI	Очень грязные
7	Река Вангдэтосе — 200 м южнее трассы	0,75	II	Чистые
8	Река Вангдэтосе	0,92	II	Чистые

Продолжение таблицы 4

№ точки отбора	Место отбора	Значение ИЗВ	Классы качества	Классификация вод
9	Ручей без названия — пересечение с трассой	0,61	II	Чистые
10	Ручей — приток протоки Помендуй — пересечение со створом	0,46	II	Чистые
11	Протока Камбалица — пересечение со створом	4,22	V	Грязные
12	Искусственный водоем — бывшая скважина Медынская № 5	3,8	IV	Загрязненные
13	Лайды — 800 м западнее буровой 1-го куста Перевозного	12,2	VI	Чрезвычайно грязные
14	Безымянная протока — 100 м западнее от буровой 1-го куста месторождения Перевозное	1,98	III	Умеренно загрязненные
15	Протока Камбалица — 400 м на СЗ от створа	ИЗВ определить невозможно из-за ограниченности данных		
16	Протока Помендуй — пересечение со створом	3,05	IV	Загрязненные
17	Ручей — приток р. Вангдэтосе — пересечение с трассой	0,39	II	Чистые

Таблица 7. Бактериологический анализ поверхностных вод

Table 7. Bacteriological analysis of surface waters

№ п/п	№ пробы	Общие колиформные бактерии	Термотолерантные е колиформные бактерии	Колифаги	Патогенная флора, в т.ч. сальмонеллы
1	V-3	0 КОЕ в 100 мл	0 КОЕ в 100 мл	0 БОЕ в 100 мл	не обнаружено
2	V-11	0 КОЕ в 100 мл	0 КОЕ в 100 мл	2 БОЕ в 100 мл	не обнаружено
3	V-16	9 КОЕ в 100 мл	0 КОЕ в 100 мл	2 БОЕ в 100 мл	не обнаружено
Норматив		500 КОЕ в 100 мл	100 КОЕ в 100 мл	10 БОЕ в 100 мл	не допускаются

В результате расчетов значения ИЗВ в рассматриваемых пробах находятся в диапазоне 0,39–12,2. Таким образом, природные воды в зоне обследования относятся к классам «чистые» — воды, не подверженные морскому влиянию, «умеренно загрязненные», «загрязненные», «грязные», «очень грязные», «чрезвычайно грязные» — воды, подверженные приливным явлениям.

В процессе обследования водных объектов было отобрано три пробы воды на бактериологический анализ. Пробы отбирались: (1) протока Песчанка — пересечение с трассой; (2) протока Камбалица — пересечение с трассой; (3) протока Помендуй — пересечение с трассой.

Анализ проб производился федеральным бюджетным учреждением здравоохранения (ФБУЗ) «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге и Ленинградской области».

Результаты бактериологического анализа воды приведены в таблице 7.

Как показывают результаты анализов, все отобранные пробы соответствуют нормативным требованиям [16]. Поверхностные воды по бактериологическим показателям не загрязнены.

2.3. Оценка состояния водных объектов по гидробиологическим показателям

В настоящее время собран большой гидробиологический материал по составу, структуре и количественным характеристикам планктических и донных сообществ Большеземельской тундры.

В Большеземельской тундре, где по суммарной площади озера занимают существенную часть территории, планктонная фауна разнообразна и обильна. Разнообразие планктонных беспозвоночных в Большеземельской

тундре обусловлено большой площадью и протяженностью этой территории с запада на восток и типологической неоднородностью местообитаний. К настоящему времени для озер Большеземельской тундры установлено более 100 видов и форм коловраток (*Rotatoria*) и 97 видов ракообразных (*Cladocera*, *Copepoda*) [27].

Фауна донных беспозвоночных тундровых озер разнообразна и представлена в основном широко распространенными голарктическими и палеарктическими видами. Структура донных сообществ определяется множеством факторов, прежде всего происхождением водоемов, их морфологией и морфометрией, а также географическим положением. Всего к настоящему времени в фауне Большеземельской тундры в пределах 13 систематических групп зарегистрировано 572 вида и формы беспозвоночных животных. По численности среди гидробионтов в озерах доминируют низшие ракообразные и хирономиды [23, 27, 38, 39, 40].

В меньшей степени, по сравнению с озерами, изучена гидробиология водотоков Большеземельской тундры. Особенно скудные сведения существуют в реках, текущих на север и впадающих в Баренцево море.

Район изыскания расположен на севере центральной части Большеземельской тундры на побережье Баренцева моря. Поверхностные воды на территории изысканий представлены многочисленными озерами, реками и ручьями. Гидробиологические сборы были проведены на трех водотоках, в местах пересечения с предполагаемой высоковольтной линией (ВЛ), в соответствии со стандартными методами [44].

Гидробиологические показатели — важнейший элемент системы контроля загрязнения водной среды, позволяющий прямо оценить состояние водных экологических систем, испытывающих влияние антропогенных факторов.

В составе фитопланктона исследованных водотоков обнаружено 40 таксонов водорослей рангом ниже рода, относящихся к 6 отделам: *Cyanophyta* — 5, *Euglenophyta* — 2, *Chrysophyta* — 1, *Xanthophyta* — 1, *Bacillariophyta* — 15, *Chlorophyta* — 16. По числу видов преобладают зеленые и диатомовые водоросли. Среди зеленых наи-

большим видовым богатством отличаются хлорококковые водоросли. Число обнаруженных видов водорослей на различных станциях менялось от 7 видов в протоке Камбалице до 28 — в реке Вангендэтосе.

На исследованных участках отмечается невысокий уровень вегетации фитопланктона, среднее значение численности которого — 680 тыс. кл/л, биомассы — 0,99 г/м³. Минимальные значения количественных показателей наблюдаются в протоке Камбалица, максимальные — в реке Песчанка (табл. 8). Значения коэффициента видового разнообразия также значительно варьируют. Минимальные значения индекса Шеннона, рассчитанные по биомассе, отмечаются в протоке Камбалице, максимальные — в реке Вангендэтосе (табл. 8).

Таблица 8. Структурные показатели фитопланктона в различных участках

Table 8. Structural indices of phytoplankton in different sites

Участок	N, тыс. кл/л	B, г/м ³	H, бит/мг	S
Камбалица	88	0,49	0,5	0,5
Вангендэтосе	542	1,15	3,0	1,0
Песчанка	1409	1,33	2,1	0,4
Среднее	680	0,99	1,9	0,6

По численности на исследованных участках доминируют виды диатомовых (33–93 %), зеленых (18–51 %) и синезеленых (33–50 %) водорослей. Основную биомассу на станциях создают диатомовые водоросли, на их долю приходилось от 23 до 99 % от общей биомассы. На разных участках состав доминант сильно отличается.

В составе зоопланктона на станциях обнаружено 18 видов организмов, относящихся к 4 группам: *Calanoida* — 4, *Cladocera* — 2, *Cyclopoida* — 2, *Rotatoria* — 7, *Harpacticoida* — 3. По числу видов преобладают коловратки. Наибольшее число видов отмечено на р. Вангендэтосе (10 видов). На р. Песчанке и протоке Камбалица число идентифицированных видов равно 7. В период наблюдений биомасса зоопланктона в исследованных водотоках варьировала в довольно широких пределах: от 10,59 до 180,30 мг/м³. Максимальная величина биомассы обнаружена

в протоке Камбалица. Крайне низкие значения биомассы отмечены в р. Песчанка (10,59 мг/м³). В р. Вангдэтосе доминируют по численности и по биомассе коловратки, в протоке Камбалица — гарпактициды, в р. Песчанка — каланоиды

В составе зообентоса исследованных водных объектов обнаружены беспозвоночные, относящиеся к 5 группам: Oligochaeta, Chironomidae, Polychaeta, Crustacea, Mollusca. Наибольшее видовое разнообразие (4 вида) зафиксировано в пресноводных водах р. Вангдэтосе. В бентофауне реки отмечены представители пресноводного комплекса — олигохеты, личинки хирономид и моллюски пизидииды. На остальных водотоках бентос беден и представлен солоноватоводными формами донных беспозвоночных: полихетами, ракообразными и моллюсками. Показатели обилия донных беспозвоночных по водным объектам варьируют в широких пределах: численность от 240 до 1180 экз/м², биомасса от 0,5 до 1,12 г/м². Максимальные показатели обилия отмечены в р. Вангдэтосе. В р. Песчанка и протоке Камбалице показатели обилия бентоса имеют сходный характер. В р. Вангдэтосе по численности доминируют олигохеты (59 %), по биомассе — личинки хирономид (46 %). В р. Песчанка по численности и по биомассе доминируют моллюски 92 и 94 % соответственно. В протоке Камбалица — ракообразные 67 и 54 % соответственно.

2.4. Характеристика станций по гидробиологическим показателям

Река Вангдэтосе

В составе фитопланктона наблюдается 28 видов фитопланктона, принадлежащих к 6 отделам: Cyanophyta — 3, Euglenophyta — 2, Chrysophyta — 1, Xanthophyta — 1, Bacillariophyta — 8, Chlorophyta — 13. Уровень вегетации фитопланктона невысокий (численность — 542 тыс. кл/л, биомасса — 1,15 г/м³). Индекс Шеннона был максимальным (3,0 бит/мг). По численности здесь доминируют синезеленые (33 %) и зеленые (51 %), по биомассе — диатомовые (23 %) и зеленые (69 %) водоросли. На видовом уровне доминируют *Oscillatoria planctonica*, *Pediastrum boryanum* и виды рода *Oedogonium*. По индексу сапробности (1,0) этот участок относится к олигосапробным.

В составе зоопланктона зарегистрировано 10 видов, в том числе 4 — веслоногих ракообразных и 6 — коловраток. Зоопланктон представлен исключительно пресноводными формами. Как по численности, так и по биомассе в зоопланктоне преобладают коловратки (*Kellicotia longispina*, *Asplanchna herricki* и др.), которые составляют около 94 % общей биомассы и 91 % его общей численности. Роль веслоногих ракообразных, которые представлены главным образом придонными формами (*Acanthocyclops capillatus*, *Chydorus gibbus*, *Alona quadrangularis*), невелика. Общая биомасса зоопланктона составляет 98,55 мг/м³, численность — 6,2 тыс. экз.

В планктоне обнаружены науплии веслоногих ракообразных с патологией в виде опухолеподобных образований на теле. Частота патологии составила 40 % от общей численности науплиусов. Указанная аномалия ранее была обнаружена у ракообразных в ряде водоемов г. Санкт-Петербурга, Ленинградской и Новгородской областях. Появление опухолеподобных изменений у гидробионтов расценивается как биологический отклик экосистемы на загрязнение водной среды и донных отложений [51].

В период наблюдений в зоопланктоне преобладали виды-индикаторы олиго- и б-мезосапробных условий. Индекс сапробности организмов зоопланктона составляет 1,25 и соответствует олигосапробной зоне. Оценка качества воды, выполненная по индексам сапробности организмов зоопланктона, свидетельствует о том, что качество воды в р. Вангдэтосе соответствует чистым, II класс качества.

Зообентос представлен организмами, относящихся к трем группам беспозвоночных: олигохетам, личинкам хирономид (*Chironomus plumosus*, *Sergentia* гр. *longiventris*), и моллюскам (*Pisidium amnicum*). Общая численность макрозообентоса на станции составила 1180 экз/м², биомасса — 1,12 г/м². По численности доминируют олигохеты — 59 %, по биомассе — личинки хирономид — 46%.

Для оценки качества воды в водных объектах исследованной территории по бентосным сообществам были выбраны индексы, основанные на индикаторном значении олигохет. Индексы учитывают абсолютную

численность и долю олигохет в общей численности бентоса. Кроме того, использован хириноmidный индекс, который рассчитывается из численности отдельных подсемейств в сем. *Chironomidae* [25]. По абсолютному значению олигохет (700 экз/м²) и их относительной численности (59 %) воды характеризуются как умеренно-загрязненные. Хириноmidный индекс на станции равен 6,5, что характеризует воды как загрязненные.

По совокупности всех показателей групп гидробионтов исследованный участок р. Вангдэтосе характеризуется как умеренно загрязненный.

Протока Камбалица

В составе фитопланктона обнаружено 7 видов водорослей, относящихся к двум отделам: Bacillariophyta — 5, Chlorophyta — 2. Для вегетации фитопланктона характерны низкие значения численности — 88 тыс. кл/л и биомассы — 0,49 г/м³. Как по численности, так и по биомассе здесь преобладают виды диатомовых водорослей, создавая более 90 % по показателям обилия. В состав доминантного комплекса входят виды рода *Nitzschia* и *Aulacoseira italica*. По составу видов индикаторов сапробности это ксеносапробный участок (0,5), не подверженный загрязнению.

В составе зоопланктона отмечено 7 видов, в том числе 6 — веслоногих ракообразных и 1 — коловраток. Веслоногие ракообразные представлены исключительно солоноватоводными формами, обитающими в прибрежной зоне Баренцева моря. Коловратки представлены эвригалинно-пресноводной формой *Kellicottia longispina*. Доля коловраток в общей численности крайне невелика и составляет всего 4 %, биомасса — 0,04 %.

Основу численности и биомассы зоопланктона составляют ракообразные, среди которых доминируют представители Harpacticoida, населяющие илисто-песчаную литораль Баренцева моря. Гарпактициды составляют 84 % общей численности и около 59 % общей биомассы зоопланктона. В целом общая биомасса зоопланктона составила 180,30 мг/м³, численность — 10,7 тыс. экз.

Зообентос представлен солоноватоводными формами: полихетами и ракообразными (*Gammarus zaddachi*). Общая численность макрозообентоса на станции составила 360 экз/м², биомасса — 0,52 г/м². По численности

и по биомассе доминируют бокоплавывы 67 и 54 % соответственно.

Река Песчанка

В составе фитопланктона найдено 18 видов водорослей из трех отделов: Cyanophyta — 3, Bacillariophyta — 9, Chlorophyta — 6. Для этого участка характерны максимальные показатели обилия фитопланктона (численность — 1,4 млн кл/л, биомасса — 1,33 г/м³). Значение коэффициента видового разнообразия достаточно высокое (табл. 7). По численности в составе фитопланктона доминируют синезеленые (49 %), диатомовые (33 %) и зеленые (18 %) водоросли. Основную биомассу создают диатомеи, на их долю приходится 92 % от общей биомассы. В планктоне доминируют *Phormidium granulatum*, виды рода *Aulacoseira*, *Skeletonema subsalsum* и *Scenedesmus quadricauda*. По значению индекса сапробности это самый чистый участок из всех водотоков, он относится к ксеносапробным (0,4).

В составе зоопланктона зарегистрировано 7 видов, в том числе 5 — веслоногих ракообразных и 2 — коловраток. Планктон представлен исключительно солоноватоводными формами, обитающими в прибрежной зоне Баренцева моря. Как по численности, так и по биомассе доминируют каланойды (главным образом *Pseudocalanus major*, *Acartia bifilosa*); доля которых в общей биомассе достигает 72,8 %, в общей численности — около 61 %. Коловратки *Syncheta monopus* и *Keratella cruciformis* составляли 22 % от общей численности и 8 % от общей биомассы зоопланктона. В целом общая биомасса зоопланктона составила 10,59 мг/м³, численность — 1,2 тыс. экз.

Зообентос по видовому составу и обилию беден и представлен только двумя группами солоноватоводных донных беспозвоночных: Polychaeta и Mollusca. Общая численность макрозообентоса на станции составила 240 экз/м², биомасса — 0,66 г/м². По численности и по биомассе доминируют моллюски, представленные одним видом *Macoma fusca*, 92 и 94 % соответственно.

Оценка качества воды, основанная на индексах сапробности организмов, применима только для пресноводных форм. В связи с тем, что в реке Песчанка и протоке Камбалица планктонные и бентические сообщества были представлены солоноватоводными

формами организмов, индексы сапробности для них были рассчитаны только по фитопланктону, состоящему из видов-космополитов. Для реки Вангдэтосе (пресные воды) оценка степени загрязнения была выполнена по всем звеньям водной биоты.

По таксономической структуре и показателям обилия фитопланктона все исследованные участки характеризуются как достаточно чистые, не подверженные загрязнению. Преобладание в водоемах по видовому богатству видов зеленых (хлорококковых) и диатомовых водорослей типично для разнотипных водоемов в разных регионах России [36, 43, 47]. В целом для исследованных участков по биомассе фитопланктона доминируют диатомовые водоросли (67 %). Относительно невысокий уровень вегетации фитопланктона и особенно низкие значения биомассы также говорят об отсутствии загрязнения. По составу видов-индикаторов сапробности все исследованные участки относятся к незагрязненным (ксеносапробные и олигосапробные). Таким образом, по показателям фитопланктона исследованная территория относится к β -олигосапробной, незагрязненной территории.

Оценка качества воды р. Вангдэтосе, выполненная по зоопланктону, характеризует участок как чистый (II класс качества), по зообентосу — умеренно загрязненный.

Таким образом, обследование с учетом всех звеньев водной биоты фитопланктона, зоопланктона и макрозообентоса показало, что все водные объекты являются чистыми или характеризуются небольшой степенью загрязнения. Класс вод — чистые и умеренно загрязненные.

2.5. Характеристика донных отложений

Так как водная среда крайне динамична, однократные измерения не показывают состояния водных объектов при залповых сбросах.

Более точно о состоянии водных объектов можно судить по загрязненности донных отложений. Кроме того, загрязненные донные отложения сами становятся источником вторичного загрязнения вод.

В период полевых работ было отобрано 14 проб донных отложений. Точки отбора совпадают с точками отбора поверхностных вод. Отбор проб осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 [4]. Для отбора проб донных отложений использовался специальный пробоотборник объемом 0,5 л. Химический анализ проб проводился в аккредитованных лабораториях.

Сведения по фоновым концентрациям загрязняющих веществ в донных отложениях отсутствуют. В связи с тем что до настоящего времени санитарные нормы по содержанию загрязняющих веществ в донных отложениях не утверждены, для оценки их состояния использованы требования, предъявляемые к содержанию химических веществ в почве [15]. Также допустимо сравнение содержания загрязняющих веществ в донных отложениях с зарубежными ориентировочно допустимыми нормами (табл. 9).

В отобранных пробах pH среды по своим значениям близка к нейтральной.

Аммонийный азот находится в диапазоне 1,1–60,6 мг/кг.

Превышений нормативов по меди (ПДК 55 мг/кг) — максимальное значение в пробе № 15 — 19,0 мг/кг, цинку (ПДК 100 мг/кг) — максимальное значение в пробе № 6 — 51,0 мг/кг — не обнаружено [15].

Содержание ртути в пробах донных отложений находится в небольших количествах < 0,015–0,49 мг/кг при ПДК 2,1 мг/кг. ПДК для свинца установлена на уровне 30 мг/кг. В отобранных пробах превышений норматива по содержанию свинца не выявлено.

Таблица 9. Зарубежные ориентировочно допустимые нормы

Table 9. Foreign approximate permissible concentrations

Наименование методики	Величина ОДК, мг/кг						
	Hg	Cu	Ni	Zn	Pb	Cd	Fe
Lowest Effect [Persaund et al, 1990]	0,2	25,0	21,0	120,0	31,0	1,0	30000
ERL [Long et al, 1995]	0,2	34,0	20,9	150,0	46,7	1,2	—

Этот элемент содержится в пробах в пределах от 2,1 до 13,0 мг/кг.

Во всех пробах, кроме № 7, отмечено превышение норматива по содержанию мышьяка ПДК (2,0 мг/кг): он содержится в донных отложениях в количествах 2,5–10,0 мг/кг, что объясняется повышенным природным содержанием этого элемента в почвах данного региона, и как следствие, происходит вымывание его талыми водами и аккумуляция в донных осадках.

Хром (ПДК 100 мг/кг), марганец (ПДК 1500 мг/кг), никель (ПДК 85 мг/кг), кобальт (ПДК 50,0 мг/кг) содержатся в донных отложениях в количествах, значительно меньших нормативов.

Во всех пробах отмечается высокое содержание железа общего (3860–17 557 мг/кг), что является природной особенностью данного района.

Кадмий зафиксирован в диапазоне от 0,077 до 0,17 мг/кг.

Особо следует рассмотреть пробу № 12, отобранную в водоеме, образованном на месте бывшей скважины № 5 Медынская. В этой пробе обнаружено превышение норматива по меди, свинцу, цинку, кадмию, по содержанию остальных вышеперечисленных элементов зафиксированы максимальные по сравнению с другими пробами значения. Можно предположить, что загрязнение донных отложений в этом водоеме произошло вследствие применения технологических растворов при работах, связанных с эксплуатацией скважины. Результаты анализа данной пробы имеют локальный характер и не могут применяться в качестве показательных для водных объектов изучаемой территории. Однако они могут использоваться для характеристики воздействия на окружающую среду при эксплуатации нефтяных скважин.

Содержание бенз(а)пирена в донных осадках не должно превышать 0,02 мг/кг. В анализируемых пробах бенз(а)пирен находится в значительно меньших количествах — от 0,003 до 0,007 мг/кг.

ПАВ во всех пробах находятся примерно в одинаковых количествах — от 0,05 мг/кг (проба № 1) до 0,09 мг/кг (проба № 13).

Фенолы в пробах содержатся в диапазоне от < 0,05 мг/кг, достигая максимума 0,24, 0,26, 0,29 мг/кг в точках № 10, 12 и 2 соответственно.

Превышений над нормативами по содержанию нефтепродуктов в пробах донных отложений не зафиксировано. Максимальные значения отмечены в пробах № 12 — 335 мг/кг и № 6 — 236,7 мг/кг. Во всех других пробах содержание нефтепродуктов не превышает нескольких десятков мг/кг.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что концентрация тяжелых металлов и других загрязняющих веществ в донных отложениях на момент обследования соответствует нормативам.

3. Современное состояние растительного покрова

Состояние растительного покрова исследуемой территории в настоящее время определяется преимущественно природными или антропогенно-природными факторами воздействия. Климато-эдафические факторы определяют общий характер растительного покрова. В настоящем разделе описываются факторы, приводящие к тем или иным нарушениям сложившихся растительных ассоциаций.

К антропогенно-природным (не техногенным) факторам следует отнести выпас оленей. В районе изысканий выпасается стадо численностью до 500 голов. База оленеводов расположена в районе р. Роман-Яха за пределами изучаемого участка. Олени находятся на вольном выпасе и свободно кочат по территории группами по 30–50 животных. Свободное передвижение оленей при малой численности групп определяет в целом не критичный уровень нагрузки на территорию. Состав лишайникового покрова близок к естественному, формирующемуся на нетронутых территориях. Изменена структура лишайносинузий. Основные ценозообразователи климаксовых сообществ — кустистые лишайники (*Cladonia rangiferina*, *Flavocetraria nivalis*, *Cetraria islandica* и др.), редко встречаются монодоминантными куртинами. Лишайниковый покров обычно представляет собой пеструю мозаику, в которой кустистые лишайники встречаются небольшими группами

или отдельными талломами наравне с бокальчатыми кладониями и другими видами. Высота лишайникового яруса в тундре, на буграх и грядах торфяников достигает высоты не более 4–5 см. Эпизодически в тундре и на болотах наблюдаются следы вытаптывания и поедания растительности, особенно крупных осок, пушицы, элементов крупнотравья и веточек ив. На лайдах следов выпаса оленей не наблюдалось. Общий уровень пастбищной дигрессии на участке изысканий можно оценить как средний.

Расположение участка изысканий на приморской низменности и большое количество разнообразных водоемов и водотоков определяют достаточно специфичный вид биотического воздействия на растительность. Участок находится в месте обширнейшей стоянки и предперелетного нагула гусеобразных птиц. Все участки приморских и пойменных лугов низкого уровня (заросли вейника щучковидного и дюпонтии) выщипываются гусями до состояния стриженного газона, практически до высоты 5–10 см. Менее страдают луговины более высокого уровня. Подобное повторяется ежегодно. Тем не менее никакого ощутимого урона растительности птицы не наносят в связи с тем, что названные злаки прекрасно размножаются вегетативно. Наоборот, дернина на таких местах особенно густая. Вполне возможно, что поедание растительности гусями наравне с факторами затопления водой и засоления приводит к крайне бедному флористическому составу луговых сообществ низкого уровня.

Обследованная площадь находится на территории нефтяных месторождений. Строительство буровых площадок, нефтепроводов, нефтяных хранилищ и терминалов и их функционирование является главным современным фактором техногенного воздействия на природные комплексы. Следует отметить, что к настоящему времени техногенное воздействие проявляется только на местном уровне, прежде всего благодаря хорошей организации работ по строительству и эксплуатации промышленных объектов.

На площадках буровых станций, ДНС и пр. естественная растительность полностью уничтожена. Формируются вторичные техногенные пустошные сообщества, в которых представители местной флоры встре-

чаются наравне с рудеральными видами. Согласно классификации нарушенных земель, разработанной для Большеземельской тундры, отмеченные пустошные участки находятся в одной из первых стадий зарастания — разнотравно-злаковой [37]. Растительный покров разрежен (10–30 %), в составе ценофлоры, как правило, большая роль принадлежит травам — пионерам зарастания и псаммофитам: пушицам, овсяницам, вейникам, мятлику альпийскому, ситникам; обильны иванчай, различные сложноцветные. Вороника, брусника, арктоус и другие тундровые кустарнички появляются по периферии нарушенных участков. Мохово-лишайниковый покров практически не развит, состоит из отдельных куртин *Polytrichum piliferum* Hedw., бриевых и дикрановых мхов, встречаются также *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wilson., *Drepanocladus polygamus* (Bruch. et al.) Hedenäs; лишайники встречаются на песчаных грунтах отдельными талломами: *Stereocaulon glareosum* (Savicz) H. Magn., *Thamnotia vermicularis* (Sw.) Schaer. v. *vermicularis*, *Solorina crocea* (L.) Ach. Очевидно, что для восстановления естественного растительного покрова таких мест понадобится не одно десятилетие.

Ветки нефтепроводов, проложенных в пределах участка изысканий, не оказывают существенного влияния на растительность. Сами трубопроводы проходят над землей, на сваях. По всей видимости, это наиболее природосберегающий метод прокладки нефтепроводов в условиях тундры. Не нарушается естественный режим поверхностных и грунтовых вод, а нарушения растительного покрова и режима мерзлоты носят точечный характер. Большой урон наносится при обслуживании нефтепроводов. Вдоль трассы местами отмечаются следы проезда гусеничной техники (рис. 2). Изредка встречаются места временного проживания персонала: разрушенные балки и замусоренные участки тундры вокруг.

В местах пересечения нефтепроводом речных долин локальные участки сухих тундр по бровкам коренного берега сильно нарушены в результате строительных и эксплуатационных работ. Эти места, наиболее возвышенные и открытые, отличаются нестабильным и неглубоким снежным покровом и поэтому уязвимы даже при работах,



Рис. 2. Следы проезда гусеничной техники на приморской луговине («лайде») в районе дожимной насосной станции «Варандей» (фото автора)

Fig. 2. Tracks of tracked vehicles on the primorsky meadow (laida) in the area of the "Varandey" booster pumping station (photo by the author)

проводимых в зимний период. Растительный покров здесь угнетен и напоминает сообщества зарастающих приморских песчаных кос. Площадь таких участков невелика и не может быть отражена в масштабе съемки.

Территорию изысканий пересекает трасса автозимника. Конкретное место ее прохождения по состоянию растительности диагностировать не удалось несмотря на имеющиеся координаты, что свидетельствует об эксплуатации зимника с соблюдением всех необходимых природоохранных правил и с допустимым уровнем нагрузок.

В целом состояние растительности на участке изыскания характеризуется как благополучное. Существующее техногенное воздействие носит мелкоплощадный, точечный и линейный характер и сказывается на локальном уровне. Пастбищная дигрессия к необратимым сменам растительного покрова не приводит.

В пределах обследованной территории обнаружены редкие виды сосудистых расте-

ний, мхов и лишайников. Ниже приведен аннотированный список находок и видов, указываемых в литературе для исследуемого района.

В местах обнаружения «краснокнижных» видов не рекомендуется размещать строительные объекты и прокладывать к ним подъездные пути. Категорически требуется избегать непосредственного физического уничтожения особей. В случаях, если такой возможности нет, особи «краснокнижных» видов необходимо пересаживать в сходные местообитания на ненарушенных территориях или интродуцировать их в ботанические сады и парки. На участке изысканий произрастает достаточно многочисленная и благополучная популяция родиолы розовой. Совершенно очевидно, что отдельные особи этой популяции пострадают в результате проведения строительных работ, предотвратить это практически невозможно даже при соблюдении всех природоохранных рекомендаций. Однако главный ущерб популяции может быть нанесен неконтролируемым сбором корневищ этого растения (применяемого в народной медицине).

Таблица 10. Виды, занесенные в Красную книгу НАО, встречающиеся в районе изысканий**Table 10.** Species listed in the Nenets Autonomous Orkug (NAO) Red List of threatened species, occurring in the area under study

№	Вид, семейство	Категория охраны	Место произрастания
Сосудистые растения			
1	<i>Carex dioica</i> L., <i>Cyperaceae</i>	Бионадзор	N 68°55'31.585", E 58°52'30.219", район р. Камбалицы, ивняк осоково-моховой в понижении рельефа, пл. № 46
2	<i>Carex mackenziei</i> V. Krecz., <i>Cyperaceae</i>	Бионадзор	N 68°57'34.230", E 58°59'13.883"; N 68°57'35.561", E 59°0'34.628", п-ов Медынский Заворот, окрестности месторождения Перевозное, приморская луговина (лайда), пл. №№ 58, 59
3	<i>Corallorhiza trifida</i> Chatel, <i>Orchidaceae</i>	3	Указывается для района изысканий (к востоку от п. Варандей)
4	<i>Rhodiola rosea</i> L., <i>Crassulaceae</i>	2	Довольно часто встречается в лайдах (долина р. Песчанки, мыс Медынский заворот и др. по всей территории участка изысканий), по склонам морских террас и по берегам рек с обратным течением.
Мохообразные			
5	<i>Warnstorfia pseudostraminea</i> (C. Müll. Hal.) Tuom. et T.J. Kop., <i>Calliergonaceae</i>	Бионадзор	N 68°50'56.540", E 58°20'15.704"; долина р. Песчанка, осоково-гипновое болото в тыловой части террасы реки
Лишайники			
6	<i>Tuckermannopsis inermis</i> (N yl.) Kärnefelt, <i>Parmeliaceae</i>	3	N 68°56'6.756", E 58°52'51.066"; район р. Камбалицы, ерник вороничный лишайниково-моховой недалеко от ручья, впадающего в р. Памендуй, пл. № 49

Необходимо принять все меры по предотвращению сбора родиолы розовой, запрещенного согласно Красной книге НАО.

4. Современное состояние почвенного покрова

Современное экологическое состояние природных условий НАО как района интенсивной нефтедобычи требует более жесткого контроля состояния почвенного покрова, оценки его деградации и процессов восстановления. Большую часть обследованной территории (зона возможного влияния — по двести пятьдесят метров в каждую сторону от границ технического коридора) занимают почвы, находящиеся в естественном состоянии. Антропогенно преобразованные почвы занимают незначительный процент от общего числа и приурочены к крупным производственным объектам (левый берег р. Песчанка, недействующие буровые скважины).

Для оценки состояния была проведена почвенная съемка М 1 : 25 000 местности с от-

бором проб на загрязненность почвенного покрова поллютантами согласно [7, 10]. Работы по исследованию химического загрязнения почв и грунтов выполнялись в соответствии с нормативными требованиями, методическими указаниями и рекомендациями [7, 9, 16, 15, 22].

Для определения типологии почв на основных элементах рельефа местности было заложено 20 основных и 40 поверочных почвенных шурфов. Основные шурфы вскрывали либо почвообразующую породу, либо мерзлотный слой. Одновременно производился отбор проб для определения содержания и динамики распределения поллютантов на взаимоподчиненных ландшафтах, общих химических показателей, гранулометрического состава. Всего в ходе проведения изысканий были отобраны: (1) 21 смешанная проба почв из поверхностного горизонта методом конверта для определения содержания тяжелых металлов (ТМ) 1–2-го классов опасности (медь, цинк, свинец, никель, кобальт, хром, кадмий, ртуть), мышьяка и органических загрязнителей: нефтепродукты,

бенз(а)пирен, фенолы, ПХБ, полиароматические углеводороды (ПАУ); (2) 21 индивидуальная проба почв для определения основных агрохимических показателей; (3) 5 проб из переходного к породе горизонта для определения гранулометрического состава.

Объединенная проба составлялась путем смешивания не менее пяти точечных проб, взятых на одной пробной площадке на глубине 0–30 см. Материал сводных проб тщательно перемешивался. Отбор индивидуальных проб проводился непосредственно из генетических почвенных горизонтов. Пробы помещались в специальные пластиковые пакеты, на которые крепились этикетки, содержащие информацию о наименовании объекта, назначении анализа, глубине и дате отбора. Для каждой площадки инженерно-экологического описания заполнялись дневники описаний, площадки фотографировались, определялись GPS-координаты.

Определение валовых форм тяжелых металлов проводилось в аккредитованной аналитической лаборатории ФГУ НПП «Геологоразведка» (Геоэкохим). Общие химические показатели почв, гранулометрический состав и органические загрязнители определялись в аккредитованной испытательной лаборатории центра ФГУ «Ленинградский референтный центр Россельхознадзора».

Геоэкологическое опробование почв является основным по объему видом опробования и оценки загрязненности объектов окружающей среды. Почвы, являясь деполирующей средой, рассматриваются как интегральный показатель загрязнения окружающей среды. Почва способна накапливать значительные количества загрязняющих

веществ и оказывать как непосредственное влияние на здоровье человека, так и опосредованно — через другие сопряженные среды. Валовые формы химических элементов в почвах и породах определяют общий геохимический фон территории и отличаются значительным варьированием показателей, что объясняется природными геохимическими особенностями пород, биогенной аккумуляцией химических элементов, их пространственным перераспределением, направленностью процессов почвообразования, наличием геохимических барьеров в пределах почвенного профиля. В соответствии с МУ 2.1.7.730-99 оценка уровня химического загрязнения почв и грунтов как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателю K_c — коэффициент концентрации химического вещества, который рассчитывается как отношение содержания элемента (C_i) к его региональному фоновому содержанию (C_ϕ) по следующей формуле:

$$K_c = \frac{C_i}{C_\phi}. \quad (2)$$

При оценке степени загрязненности почв тяжелыми металлами в качестве фона используют их содержание в фоновых незагрязненных ландшафтах. В связи с отсутствием для данной территории региональных фоновых показателей нами используются данные из сборника «Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области в 2013 году» [45].

Содержание фоновых показателей тяжелых металлов мг/кг относительно ПДК и ОДК приведено в таблице 11.

Методом получения аддитивной оценки загрязнения почв является использование

Таблица 11. Содержание фоновых показателей тяжелых металлов мг/кг относительно ПДК и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК)

Table 11. Content of background indicators of heavy metals, mg/kg, in relation to MAC and APC

Элементы	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Cd	Hg	As
Региональный фон мг/кг	6,33	27,32	4,93	10,67	—	—	0,10	0,030	—
ПДК	55,0	100,0	32,0	85,0	—	—	—	2,1	2,00
ОДК	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—

показателя суммарного загрязнения Z_c , который рассчитывается по формуле:

$$Z_c = S K_c - (n - 1), \quad (3)$$

где K_c — коэффициенты концентрации элементов, n — число учитываемых аномальных элементов.

Согласно существующим нормативам, при величине суммарного показателя Z_c менее 16 почва относится к первой категории загрязнения (допустимое), 16–32 — ко второй (умеренно опасное), 32–128 — к третьей (высокоопасное), более 128 — к четвертой категории (чрезвычайно опасное). Основными нормируемыми показателями оценки геохимического состояния почвенного покрова являются величины превышения над региональным фоном, Кларком и ПДК.

Данные химического анализа свидетельствуют о небольшом уровне воздействия существующих техногенных объектов на окружающую природную среду в целом. Но на трех площадках инженерно-экологического картирования были выявлены превышения со-

держания тяжелых металлов (ТМ) над фоном (точки P051 и P059) и над ПДК (точка P060). Еще в одной (точка P004) прослеживается тенденция к накоплению ТМ.

Степень загрязнения по каждому ТМ в отдельности будет дана ниже, а пока необходимо проанализировать результаты химического анализа площадки экологического картирования № P060. На данном месте находилась буровая скважина № 5 «Медынская», которая производила буровые работы несколько лет. В настоящее время буровая скважина затампонирована, все хозяйственно-бытовые и производственные помещения полностью ликвидированы (рис. 3).

Апробирование на степень химического загрязнения было проведено стандартным методом конверта, навеска пробы была взята непосредственно из урбостратифицированного горизонта песчаной отсыпки. По результатам лабораторных анализов было выявлено значительное превышение над ПДК по содержанию ТМ. Так, например, из девяти определенных тяжелых металлов превышение наблюдается в шести (табл. 12).



Рис. 3. Недействующая буровая скважина № 5 («Медынская») (фото автора)

Fig. 3. Inactive drilling well No. 5 (Medynskaya) (photo by the author)

Таблица 12. Данные химического анализа пробы P060**Table 12.** Chemical analysis data for sample P060

Тяжелые металлы	Содержание мг/кг	Превышение над ПДК, раз
Zn	233,00	2,3
Pb	178,00	5,5
Cd	1,30	2,6
Hg	10,29	4,9
As	8,10	4,0

Еще по двум ТМ (Cu и Ni) валовое содержание превышает региональное фоновое значение на 8,05 и 3,28 раза соответственно. По показателю суммарного загрязнения $Z_c = 408,73$, почвогрунт площадки бывшей буровой относится к 4-й категории опасности и является чрезвычайно опасным ($Z_c > 128$). Такое сильное химическое загрязнение, бесспорно, имеет техногенный характер и объясняется активной антропогенной нагрузкой в течение продолжительного времени в ходе бурения и добычи нефти. Необходимо добавить, что примерно в двух километрах на северо-запад от буровой № 5 находится еще одна, тоже недействующая буровая — № 2, не входящая в зону обследования. Но исходя из данных анализов точки P060, можно предположить, что стратифицированная отсыпка и обваловка вокруг прудов имеют превышения по содержанию поллютантов.

На территории изысканий проведена типизация эколого-геохимических ландшафтов (ЭГЛ) с подразделением на естественные и техногенные. К естественным ландшафтам относятся природные территории с малой антропогенной нагрузкой. К техногенным ландшафтам, сформированным при полном или частичном уничтожении естественных экосистем, относятся объекты нефтеперерабатывающего комплекса, хозяйственно-бытовой инфраструктуры, подстанции, вертолетные площадки (Т-1) и территории экстремального антропогенного воздействия — хемоземы (Т-2).

Основу почвенного покрова составляют почвы, сформированные при активном влиянии мерзлотных, аллювиальных и глеевых процессов, на которые накладывается различный по силе процесс торфонакопления. Здесь же следует остановиться на некоторых свойствах покровообразующих почв, фор-

мирующих геохимический фон территории, позволяющий выделить следующие эколого-геохимические ландшафты (ЭГЛ) [30]:

- 1) трансэлювиальные мерзлотные;
- 2) аккумулятивно-трансэлювиальные мерзлотные;
- 3) аккумулятивные мерзлотные;
- 4) аквальные (аккумулятивно-аквальные, трансаккумулятивно-аквальные, транс-супераквальные).

Загрязняющие вещества, поступающие в почву, представлены соединениями различной растворимости и подвижности. С момента соприкосновения с почвой начинается их активное взаимодействие со всеми ее фазами, в результате из-за генетически обусловленных свойств почв они либо аккумулируются, либо проходят транзитом и депонируются в почвах аккумулятивных ландшафтов, либо других экологических сред [49].

Обширные недренированные равнинные территории, занятые плоскобугристыми и полигональными болотами с хорошо развитым мезо- и микрорельефом, относятся к аккумулятивным мерзлотным ЭГЛ. Почвы, приуроченные к данному ландшафту, имеют наибольшее распространение на территории изысканий. Данный тип ЭГЛ среди прочих ландшафтов является наиболее геохимически подчиненным. Процесс накопления превалирует над выносом. Наличие торфяного горизонта различной мощности, являющегося хорошим адсорбентом, рельеф местности, характер почвенного покрова, гидрологические и геохимические показатели способствуют аккумуляции поллютантов в почвенном профиле. Основными геохимическими барьерами, влияющими на аккумулятивные способности данного ландшафта, являются замкнутость пространства, отсутствие стока, развитый анаэробный биоз, наличие торфяного горизонта разной мощности, мерзлотный водоупор, предотвращающий вынос поллютантов в грунтовые воды.

На плоских, слабодренированных равнинах, сложенных близко залегающими мерзлыми породами, при активном участии криогенного и глеевого процессов формируются аккумулятивно-трансэлювиальные мерзлотные ЭГЛ. Здесь накопление загрязняющих веществ в почвах незначительно превалирует над выносом. В зависимости от формирования мезо- и микрорельефа

местности, активности влияния процессов криогенеза и глееобразования, теплового и водного режима формируются криоземы или глееземы различной степени оторфованности как отдельно, так и комплексно выраженные. В наиболее заболоченных местах, по локальным мезо- и микропонижениям при активном развитии торфяного процесса формируются торфяно-криоземы и торфяно-глееземы. Почвы данных типов обладают хорошей катионной поглощательной способностью из-за ненасыщенности почвенно-поглощающего комплекса основаниями и поэтому достаточно прочно удерживают анионы тяжелых металлов, заставляя их вступать в реакции. Кроме этого, и оторфованный горизонт, обладая хорошей адсорбцией, связывает тяжелые металлы, предотвращая их миграцию. Однако некоторый процент поступающих в почву тяжелых металлов (не более 15–20 %) с током воды по мерзлотному водоупору выносятся из почвенного профиля в более глубокие депрессии рельефа, которые, как правило, занимают аккумулятивно-мерзлотные ЭГЛ.

Почвы, приуроченные к трансэлювиальным мерзлотным эколого-геохимическим ландшафтам, занимают наименьшие площади и представлены подзолами и подбурами. Как правило, данные ландшафты встречаются на дренированных, пологих, выраженных в рельефе водораздельных повышениях на породах легкого механического состава, с автоморфными и полугидроморфными условиями почвообразования. При отсутствии прямого антропогенного вмешательства или комплексно при наличии последнего, в условиях внешнего воздействия, токсиканты, поступающие большей частью воздушным путем с атмосферными осадками, не задерживаются в почвенном профиле. В почвах данного типа наблюдается превалирование выщелачивания микроэлементов над их биогенной аккумуляцией. Основная их масса в виде подвижных минеральных и органоминеральных соединений мигрирует вниз по профилю, по корням растений, почвенным порам до геохимического барьера, которым является альфегумусовый горизонт, лежащий на мерзлотном водоупоре. По нему с током воды осуществляется дальнейший перенос загрязнителей в подчиненные ландшафты.

Наиболее интенсивное преобладание выноса загрязняющих веществ над их посту-

плением извне наблюдается в трансупераквальных ЭГЛ. К ним приурочены нижние лайды, дюны и песчаные косы крупных рек, занятые пляжами или литоралями. Из-за постоянного воздействия моря и сильного засоления растительный и почвенный покров практически отсутствуют. Это приводит к тому, что в данном типе ландшафтов геохимические барьеры не выражены. Поступающие в почву загрязнители не аккумулируются и активно мигрируют с приливо-отливными водами непосредственно в водные объекты или в геохимически подчиненные ландшафты.

В прирусловой части пойм таких крупных рек, как Песчанка и Роман-Яха, и на равнинных луговинах с менее изрезанной поверхностью, удаленных от русел рек (точки P058 и P059), при более слабом воздействии приливных процессов под развитой травянистой луговой растительностью формируются почвы аллювиального типа, относящиеся к трансаккумулятивно-аквальным ЭГЛ. Среди аквальных ландшафтов они занимают промежуточное место по соотношению процессов поступления и выноса тяжелых металлов. За счет более мощного оторфованного горизонта идет адсорбция загрязнителей, поступающих в почву, но и в то же время достаточно сильное влияние морских и поемных процессов приводит к тому, что поллютанты мигрируют по профилю и переносятся водами в трансупераквальные ЭГЛ.

Аккумулятивно-аквальные ЭГЛ занимают пологие, часто с развитым озерковым комплексом, заболоченные непроточные понижения и озера различной степени зарастания (хасыреи). Аккумуляция загрязнителей здесь осуществляется в оторфованных, часто иловатых почвенных горизонтах, подстилаемых оглееными суглинками или песками. Основной причиной выноса загрязнителей, как правило, в подчиненные аккумулятивно-мерзлотные ЭГЛ является действие поверхностных и внутрипочвенных токов воды. Аккумуляция преобладает над выносом. Основными геохимическими барьерами являются торфонакопление, заиленность профиля, активное развитие глеевого процесса в подстилающих почвообразующих породах, а также мерзлотный водоупор.

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам природной среды. В понятие ТМ включено довольно

много химических элементов, в том числе и ртуть (Hg), которая относится к первому классу опасности (чрезвычайно опасное химическое вещество), и ее содержание в почвах требует постоянного и жесткого контроля. Содержание ртути в проанализированных образцах колеблется в интервале от 0,02 до 0,09 мг/кг (здесь и далее анализируются данные без учета данных точки P060, так как это уже было сделано выше). В шести пробах (№ 13, 18, 23, 30, 43, 51) зафиксировано превышение содержания ртути над региональным фоном (0,03 мг/кг), но эти значения на порядок ниже значения ПДК (2,1 мг/кг). Литературных данных природных уровней ртути в почвах районов нефтедобычи практически нет, но в то же время известно, что в углеводородных залежах содержатся значительные концентрации ртути [41].

Основными источниками поступления свинца (Pb) в окружающую среду являются выхлопные газы автомобилей и строительной техники. Данный металл является очень токсичным и при попадании в организм человека способен накапливаться и вызывать общее отравление. Обследованный участок территории находится в стороне от существующих проездов и автодорог, поэтому химического загрязнения почв обнаружено не было. Показатели содержания свинца (Pb) довольно низки и не превышают фоновое значение, за исключением одной точки — P051 (мост через р. Бол. Камбалица) — где зафиксировано превышение над фоном в 1,52 раза. Это объясняется тем, что данный участок изысканий испытывает большую антропогенную нагрузку по сравнению с остальной территорией обследования.

Высокое содержание кадмия (Cd) в почвах может вызвать сердечно-сосудистые заболевания, заболевание желудка, печени и почек. Низкая миграционная способность кадмия в условиях кислой реакции среды позволяет ему накапливаться на пределе геохимического барьера, сложенного торфом, что ограничивает загрязнение им почв окружающей территории. Загрязнение кадмием почв на обследованной территории не выявлено. Лишь в четырех точках опробования наблюдается незначительное превышение над фоном (от 1,1 до 1,2 раза).

Цинк (Zn) является одним из основных «фонообразующих» доминирующих элементов, обладающих низкой миграционной спо-

собностью. Систематическое поступление цинка в организм человека приводит к воспалительным процессам в легких и бронхах, анемии, циррозу поджелудочной железы. Его содержание в пробе P051 составляет 48 мг/кг, что в 1,75 раза превышает региональное фоновое значение. Это вызвано достаточно активной антропогенной деятельностью в месте пересечения существующей трассы нефтепровода и р. Бол. Камбалица.

Мышьяк (As), обладая общетоксичным действием, вызывает поражение сердечной мышцы и нарушает обмен веществ. Химически инертен. Легко мигрирует, чему способствует хорошая растворимость в воде его соединений. Во влажном климате он легко вымывается водой из почв и осаждается в донных отложениях, что подтверждается и результатами наших исследований. Региональный фон по мышьяку выше ПДК и составляет 2,91 мг/кг. В 61 % проанализированных проб наблюдается превышение над фоном, а в оставшихся 39 % содержание мышьяка близко к ПДК (от 0,89 до 2,0 мг/кг; в среднем — 1,49 мг/кг). Тенденция к накоплению мышьяка в почвах объясняется его повышенным природным фоном.

При избыточном поступлении в живой организм меди (Cu), происходят функциональные нарушения нервной системы, печени, почек, снижение иммунитета. Содержание валовых форм меди на обследованном участке не превышает ПДК (55 мг/кг), но по ряду проб имеется превышение над региональными фоновыми показателями (6,33 мг/кг). Максимальное превышение зафиксировано в точке P051 (19,0 мг/кг). Довольно низкое значение регионального фона приводит к тому, что в точках P004, P030, P043, P047, P049, P059 он превышен, но эти значения гораздо меньше уровня ПДК.

Никель (Ni) является одним из поллютантов, поступающих в природную среду с выбросами нефте- и газоперерабатывающих производств. Среднее содержание этого элемента в почвах разновелико: от 1,1 до 27,0 мг/кг, превышение концентраций над ПДК (85 мг/кг) не зафиксировано. В трех точках опробования P004, P051, P059 наблюдается превышение над региональным фоном (10,67 мг/кг). Максимальная кратность превышения над региональным фоном более чем в 2,5 раза. Все три точки относятся

к территориям, испытывающим активное техногенное воздействие.

По таким ТМ, как кобальт и хром (валовое содержание), нет официально утвержденных ПДК и ОДК; также нет данных об их региональных фоновых значениях, поэтому сравнение проводится по Кларку [33]. Для кобальта Кларк составляет 5,3 мг/кг, а для хрома — 261 мг/кг.

Кобальт (Co) имеет незначительную миграционную способность, хорошо аккумулируется в наземном растительном покрове. При попадании в почву, в кислой среде, при ненасыщенности основаниями ППК (почвенно-поглощающего комплекса) адсорбируется гидроокисями марганца и аккумулируется в илистой фракции почв, которая обладает высокой энергией поглощения различных катионов, в том числе и кобальта. Превышение над Кларком в 1,2 (6,6 мг/кг) и в 2,8 (15,0 мг/кг) раз отмечено в точках P051 и P060 соответственно. Почвенный покров точек P059 (действующая буровая на Перевозном месторождении) и P051 испытывает активное техногенное воздействие и как следствие химически загрязняется.

Хром (Cr) обладает канцерогенными свойствами и способен вызывать онкологические заболевания. Довольно высокие значения Кларка по хрому в проанализированных образцах не превышены. Загрязнения не обнаружено. В точках P004, P051, P059 и P060 наблюдается превалирование накопления над выщелачиванием.

В целом в увязке с общей экологической обстановкой региона обследованная территория в плане эколого-геохимического состояния может оцениваться как чистая ($Z_c < 16$). Территории, испытывавшие и испытывающие активное техногенное воздействие, занимают очень малый процент от общей площади территории обследования. Почвенный покров, испытывавший наибольшее антропогенное воздействие (точка P060), преобразован в хемозем (Хм) и является чрезвычайно опасным по степени химического загрязнения. На территориях, испытывающих более сильную антропогенную нагрузку, в сравнении с естественными экологическими ландшафтами, выявлено превышение валового содержания ТМ над региональным фоном и наблюдается тенденция к их накоплению.

Для оценки загрязнения почвенного покрова органическими токсикантами проведены химико-аналитические определения содержания фенолов, бенз(а)пирена, нефтепродуктов, ПАУ и ПХБ.

Основными источниками поступления техногенных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в окружающую природную среду являются предприятия энергетического комплекса, автомобильный транспорт, химическая и нефтеперерабатывающая промышленность. В основе практически всех техногенных источников ПАУ лежат термические процессы, связанные со сжиганием и переработкой органического сырья: нефтепродуктов, угля, древесины, мусора и др. ПАУ относятся к суперэкоксикантам 1-го класса опасности. Из сотен ПАУ различного строения, обнаруженных в объектах окружающей среды, для постоянного контроля наиболее приоритетен бенз(а)пирен (ПДК 0,020 мг/кг). Бенз(а)пирен является наиболее типичным химическим канцерогеном окружающей среды, он опасен для человека даже при малой концентрации, поскольку обладает свойством биоаккумуляции. Будучи химически сравнительно устойчивым, бенз(а)пирен может долго мигрировать из одних объектов в другие. В результате многие объекты и процессы окружающей среды, сами не обладающие способностью синтезировать бенз(а)пирен, становятся его вторичными источниками. В проанализированных образцах почв содержание бенз(а)пирена не превышает 0,005 мг/кг. Загрязнения почвенного покрова бенз(а)пиреном не обнаружено.

Основной источник загрязнения почв фенолами — нефть и промышленные стоки, загрязненные нефтепродуктами. Разложение фенолов в почвах гумидного типа вследствие низких температур и слабой деятельности микроорганизмов сильно заторможено, передвижение по почвенному профилю практически отсутствует. Нормативных документов по загрязнению почв фенолами не разработано. Согласно методических рекомендации уровень техногенного загрязнения почв фенолами на обследованной территории (1 мг/кг — почвенный покров чистый) превышен лишь в одной точке (P004 — 2,25 мг/кг — третий, допустимый уровень загрязнения) [22]. Источником поступления фенолов в данном случае, вероятнее всего, является комплекс

береговых резервуаров для хранения и перекачки нефти, находящийся на левом берегу р. Песчанка. В подавляющем большинстве обследованных образцах содержание фенолов находится на пределе определения ($< 0,05$ мг/кг). В целом в контексте рассматриваемой территории можно сказать, что загрязнение фенолами отсутствует.

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) относятся к группе стойких органических загрязнителей, которые воздействуют на среду обитания на чрезвычайно низком уровне. Эти соединения обладают рядом специфических признаков: (1) биоаккумуляция; (2) глобальная распространенность (перенос на большие расстояния); (3) чрезвычайная стойкость к физическим, химическим и биологическим изменениям; (4) способность оказывать токсическое воздействие на организмы в крайне малых дозах. В проанализированных образцах содержание полихлорированных бифенилов находится ниже порога определения. Загрязнения почв ПХБ не обнаружено.

Загрязнение почв нефтью — совершенно особый вид загрязнения, который приводит к глубокому изменению практически всех основных характеристик почв и формированию новых свойств. Нефтепродукты очень токсичны для почвенного покрова, так как не подвергаются разложению и не оседают в почве, легко усваиваются живыми организмами, вызывая их отравление, и мигрируют в другие экологические среды. Нефтяное загрязнение почвы в ходе проведения инженерно-экологических изысканий визуально зафиксировано на абраземах аллювиальных на площадке комплексного экологического картирования Р002 (рис. 4).

Для подтверждения визуальных наблюдений было отобрано 17 почвенных проб, в которых назначено определение содержания нефтепродуктов. По результатам лабораторных исследований в большинстве проб (14 шт.) содержание нефтепродуктов было крайне низким или низким (от 8,3 до 390 мг/кг) и не превышало ПДК. В точке Р017 наблюдается тенденция



Рис. 4. Пятна нефтепродуктов на лайдах в районе ДНС «Варандей» (фото автора)

Fig. 4. Spots of petroleum products on the roads in the area of the «Varandey» booster pumping station (photo by the author)

к накоплению, и содержание нефтепродуктов находится на грани допустимого (997,5 мг/кг). Превышение ПДК было отмечено только лишь в двух проанализированных пробах. Наибольшее превышение над ПДК отмечено в торфах точки P023 (7500 мг/кг). Как известно, торф является хорошим сорбентом, способным накапливать в себе вещества, поступающие извне, в течение длительного времени, и нефть в этом случае не является исключением. Превышение отмечается и в точке P060 (4650 мг/кг) и однозначно вызвано длительным активным техногенным воздействием. Необходимо отметить, что в качестве ПДК в отсутствие других более точных нормативов взят допустимый уровень (ДУ) [22].

Основным возможным источником биологического загрязнения почв является хозяйственно-бытовая деятельность человека в местах его длительного или постоянного проживания. Ввиду отсутствия селитебных территорий в зоне обследования при оценке современного состояния почвенного покрова микробиологические и паразитологические показатели почв не рассматривались. Чистота почв по санитарным показателям не оценивалась.

5. Животный мир обследованной территории

Животный мир обследованной территории представляет собой обедненный вариант тундрового сообщества. Основу териофауны составляют высокоширотные виды, некоторые из которых обитают даже в полярных пустынях (песец *Alopex lagopus* и два вида леммингов — сибирский и копытный *Lemmus sibirica* и *Picrostonyx torquatus*). Кроме того, общий облик животного мира формируют постоянно присутствующие ландшафтные виды — заяц-беляк *Lepus timidus*, волк *Canis lupus*, горностаи *Mustela erminea*.

Ключевое значение для функционирования местных экосистем имеют лемминги, что определяется воздействием этих грызунов на растительность, рельеф, а также участием их в трофических цепях хищников. Численность последних весьма чувствительна к перепадам биомассы леммингов, в динамике которой наблюдаются периодические подъемы и резкие спады с цикличностью в среднем раз в четыре года, при этом амплитуда колебаний достигает

нескольких тысяч раз. В периоды высоких концентраций возникают массовые миграции по морскому побережью на значительные расстояния [49].

Заяц-беляк *L. timidus* распространен на север до морского побережья. Численность весьма изменчива и подвергается колебаниям с периодом в 10–12 лет, в связи с чем этот зверек не играет существенной роли в питании наземных хищников. При низкой численности леммингов на питание зайцами переключается полярная сова, а при недостатке куропаток — кречет.

Дикий северный олень *R. tarandus* крайне редок. Промыслом и браконьерами изымается практически весь годовой прирост популяции материковой формы северного оленя, что является причиной отсутствия ее роста за последние десять лет. Кроме того, одной из причин откочевки дикого оленя в дальние районы, сокращения его ареала и падения биологической продуктивности популяции является «стравливание» естественных пастбищ домашними оленями (рис. 5).

Хищные животные обследованной территории представлены волком *C. lupus*, песцом *A. lagopus* и горностаем *M. erminea*.

Волк *C. lupus* присутствует на всей территории, однако встречается редко. Может поселиться в долинах рек или приозерных котловинах, богатых гнездящимися птицами и грызунами. Является разносчиком инфекционных и инвазионных заболеваний копытных и человека. Согласно действующим правилам охоты этот вид подлежит круглогодичному истреблению, чем объясняется его низкая численность.

Основным «рабочим консументом» местных экосистем является песец *A. lagopus*, распределение которого по обследованной территории крайне неравномерно. Песцовые норы располагаются в тундре очагами, что соответствует состоянию кормовой базы и возможностям норения (предпочитаются незаливаемые верхние склоны речных долин, возвышенные берега озер, склоны ложбин стока и ручьев). В очагах норения песца плотность убежищ в 2–3 раза выше, чем вне их, и составляет от 2,9 до 5,4 на 10 км². С марта до начала осени песцы держатся вблизи своих нор, а в осенне-зимний



Рис. 5. Стадо домашних северных оленей на естественном пастбище (фото М.Б. Шилина)

Fig. 5. A herd of domestic reindeer in a natural pasture (photo by M. B. Shilin)

период совершают регулярные миграции, в связи с чем область их распространения расширяется как к югу — в лесную зону, так и к северу — на льды и острова Баренцева моря. В зависимости от состояния кормовой базы (в основном леммингов) миграции могут быть интенсивными либо слабыми, протекать широким фронтом по материковым тундрам либо узкой полосой вдоль побережья моря и рек. Характерной чертой динамики численности песца является повторение пиков через два года на третий, быстрое падение и более медленный подъем. При этом от пика к депрессии ресурсы зверей снижаются в 5–12 раз [25]. В последние десятилетия отмечены негативные тенденции в состоянии популяций песца: снизилась средняя продолжительность жизни, отмечено постепенное снижение занятости нор размножающимися зверьками. Наиболее вероятные причины этих явлений — увеличение промыслового пресса и ухудшение условий обитания.

Из морских млекопитающих в период проведения исследований в районе был отмечен тюлень морской заяц *Erignathus barbatus*, пе-

риодически заходящий из моря в приустьевые участки рек вслед за преследуемой рыбой.

Предположительно в зимнее время район может посещаться белым медведем *Ursus maritimus* — единственным морским млекопитающим семейства Медвежьих.

По богатству орнитофауны исследованный район уникален для арктических условий. Для обследованной территории характерно обилие гусеобразных (рис. 6) [35]. В районе гнездится три вида лебедей — лебедь шипун *Cygnus olor*, лебедь кликун *C. cygnus* и малый (тундровый) лебедь *C. bewickii*; 5 видов гусей и казарок.

Среди других гусеобразных — пискулька *Anser erythropus*, гуменник *A. fabalis*, белолобый гусь *A. albifrons*, белошекая и черная казарка *Branta leucopsis* и *B. bernicla*. Речные утки представлены 7 видами, из них на гнездовании обычны свиязь *Anas penelope* и шилохвость *A. acuta*. Нырковые утки насчитывают 13 видов, из них на гнездовании обычны обыкновенная гага *Somateria mollissima*,



Рис. 6. Кормовые миграции казарок в обследованном районе (фото М. Б. Шилина)

Fig. 6. Feeding migrations of Cossacks in the area under study (photo by M. B. Shilin)

морская и хохлатая чернеть *Aythya marila* и *A. fuligula*, турпан синьга *Melanitta nigra*, морянка *Clangula hyemalis*. На линьке многочислен гоголь *Bucephala clangula* и большой крохаль *Mergus merganser*.

В динамике численности гусеобразных птиц выявлен циклический характер. Сезонные различия продуктивности тундровых водоемов, циклические колебания климата и кратковременные погодные отклонения обуславливают значительные пульсации численности гусеобразных птиц. Они связаны также с их притоком из других регионов или откочевками за пределы основных областей размножения.

Характерными тундровыми видами являются белая куропатка *Lagopus lagopus*, белая (полярная) сова *Nyctea scandiaca*, в весенний период — кулики (зарегистрировано 30 видов).

В связи с близостью морского побережья для обследованной территории характерно присутствие морских птиц. Из чайковых обычны на кочевках и во время миг-

рации сизая и малая чайки *Larus canus* и *L. minutus*; гнездятся средний, короткохвостый, длиннохвостый и большой поморники *Stercorarius pomarinus*, *S. parasiticus*, *S. lonchicaudis* и *S. skua* (рис. 7).

Из крупных чаек многочисленны серебристая *Larus argentatus* и бургомистр *Larus hyperboreus*. Обыкновенный глупыш *Fulmarcus glacialis* встречается только на кочевках. Полярная крачка *Sterna paradisaea* прилетает в последних числах мая — первых числах июня. Гагары представлены 4 видами. Эпизодически встречаются чистиковые, которые, будучи истинно морскими птицами, добывают корм в море, но в исследованном районе поднимаются в приустьевые участки впадающих в море рек.

Хищные птицы используют обследованный район в качестве охотничьих угодий; гнездовья не обнаружены. Зарегистрировано 9 видов, из которых типично тундровыми хищниками являются кречет *Falco gyrfalco* и сапсан *F. peregrinus*, встречающиеся, однако, лишь эпизодически.



Рис. 7. Охотничьи угодья поморников *Stercorarius pomarinus*, *S. parasiticus*, *S. loncicaudis* и *S. skua* (фото М. Б. Шилина)

Fig. 7. Hunting grounds of squas *Stercorarius pomarinus*, *S. parasiticus*, *S. loncicaudis*, and *S. skua* (photo by M. B. Shilin)

Плотность населения птиц подвержена значительной пространственной и временной изменчивости и в зависимости от сезона меняется в десятки и сотни раз.

Животный мир внутренних водоемов обследованного района существенно различается от озера к озеру. По биомассе зоопланктона все озера являются малокормными. Качественный и количественный состав зоопланктона в них беден; по численности преобладают коловратки, по биомассе — кладоцеры. Численность зоопланктона колеблется в пределах 35–60 тыс/м³ при биомассе 0,375 г/м³ [39, 51]. Видовой состав бентоса однообразен, но биомасса может достигать относительно высоких значений. По биомассе бентоса местные озера относятся к водоемам выше средней кормности. Ведущее положение по биомассе занимают хирономиды и моллюски (до 33 и 54 г/м² соответственно). Средняя численность организмов бентоса высокая — 34,7 тыс. экз/м², в основном за счет хирономид и низших ракообразных [39]. Именно эти три группы (моллюски, хирономиды, ракообразные) являются основной кормовой базой обитающих здесь рыб.

Ихтиофауна внутренних водоемов обследованной территории не отличается большим разнообразием. Здесь доминируют представители арктического пресноводного комплекса — ряпушка *Coregonus albula*, пелядь *C. peled*, чир *C. nasus*, сиг-пыжьян *C. lavaretus*, хариус *Thymallus thymallus* и девятииглая колюшка *Pungitius pungitius*. Семга *Salmo salar* встречается единично. Основными промысловыми рыбами здесь являются пелядь, а также чир и ряпушка [52, 46]. В промысловых уловах изредка отмечались нельма *Stenodus leucichthys* и омуль *C. autumnalis*, основные места нагула которых находятся в прибрежных опресненных участках Печорской и Хайпудырской губ. Заход этих ценных видов связан с нагонными ветрами.

В целом экосистемы небольших мелководных озер отличаются низкой устойчивостью к техногенному загрязнению. В них преобладают процессы продукции над деструкцией, что при дополнительном поступлении биогенных веществ может привести к эвтрофикации и последующей дистрофии [32].

Наиболее ценными в рыбохозяйственном отношении являются озера ледникового происхождения. Это относительно крупные водоемы, обладающие глубокими котловинами. Ледниковые водоемы составляют примерно 1,2 % от всего озерного фонда. Многие из них относятся к группе олиготрофных или олиготрофных с элементами мезотрофии водоемов [34]. Экосистемы подобных озер отличаются устойчивостью. Они больше других способны к самоочищению и меньше подвержены резким изменениям под влиянием антропогенных воздействий. В ихтиофауне ледниковых озер преобладают сиговые и хариус [32, 52].

На территории рассматриваемого региона обитают редкие виды фауны, включенные в Красные книги Российской Федерации и Международного союза охраны природы (МСОП): млекопитающие — белый медведь *U. maritimus* и (предположительно) северный олень *R. tarandus*, птицы — пiskuлька *A. erythropus*, тундровый лебедь *C. bewicki*, гага *S. mollissima*, рыбы — обыкновенный подкаменщик *Cottus gobio* и нельма *S. leucichthys*. Эпизодически встречаются, но не обитают в обследованном районе постоянно — сапсан *F. peregrinus*, кречет *F. gyrfalco*, белоклювая гагара *Cavia adamsii*, орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla*, беркут *Aquila chrysaetus*, белая чайка *Pagophila eburnea*.

Особо охраняемые природные территории в обследованном районе отсутствуют.

Пространственное распределение животных на обследованной территории — равномерное, что характерно для прибрежных территорий Северного Ледовитого океана. Тем не менее, проведенные изыскания позволяют выделить пять зоологических комплексов.

Тундровый комплекс занимает большую часть обследованной территории. Его ядро формируют лемминги, песец, белая куропатка и полярная сова. Дикий северный олень, являющийся характерным видом тундровых комплексов в более южных местностях, на обследованной территории практически не встречается; пастбища используются домашними оленями.

Приречные комплексы включают в себя, помимо леммингов, также зайца-беляка и горностаю, находящихся в низкорослом ку-

старнике подходящие убежища. Возможно появление волка.

Комплексы низинных болот характеризуются отсутствием леммингов и питающихся ими хищников и обилием гнездящихся куликов.

Лайдовые комплексы представляют собой кормовые биотопы гусей и казарок, концентрирующихся для откорма на зарослях заливаемой морской водой травянистой растительности. Типично также постоянное присутствие в больших количествах крупных чаек и поморников.

Комплексы антропогенно нарушенных территорий занимают небольшую площадь и не содержат каких-то специфических видов, за исключением сопутствующих человеку врановых и крупных чаек.

6. Исследования радиационной обстановки

Радиационная обстановка на территории Северо-Западного федерального округа формируется за счет природных (естественных) и техногенных (искусственных) составляющих радиационного фона.

Природный радиационный фон обусловлен космическим излучением и излучением естественных радионуклидов (в основном ^{40}K и радиоактивные ряды ^{238}U и ^{232}Th).

Техногенный радиационный фон определяется совокупным воздействием искусственных источников ионизирующего излучения на человека и окружающую среду. К таковым относятся предприятия ядерного топливного цикла, радиохимические производства, атомные электростанции, предприятия по захоронению радиоактивных отходов, ядерные взрывы в мирных целях, испытания ядерного оружия, радиационные инциденты и аварии, а также источники ионизирующего излучения, применяемые в науке, медицине и технике.

Наибольшую долю облучения населения НАО составляют природные источники ионизирующего излучения за счет природных радионуклидов, содержащихся в воздухе, почве и строительных материалах. Одним из таких природных радионуклидов являются изотопы радона и его короткоживущие

дочерние продукты. На радиационную обстановку в НАО оказали определенное влияние последствия ядерных испытаний на Новой Земле, деятельность предприятий, использующих источники ионизирующего излучения [42, 43, 28].

Радиационная обстановка в районе пункта наблюдения Варандей по данным государственного учреждения (ГУ) «Архангельский ЦГМС-Р» в 2003–2007 гг. характеризуется как стабильная. Мощность дозы гамма-излучения в среднем составляет 12 мкР/ч (максимальное значение 18 мкР/ч, минимально значение 9 мкР/ч), и находится в пределах нормы.

По данным ежедневных измерений в 1307 пунктах, в течение 2006 года мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на местности, кроме загрязненных районов, на территории Российской Федерации была в пределах колебания естественного радиационного фона (6–20 мкР/ч).

На территории НАО был проведен один подземный ядерный взрыв с целью ликвидации аварии на Кумжинском газовом месторождении в 1981 году на объекте «Пирит», расположенном в 200 км в юго-западном направлении от п. Варандей, в устье реки Печера (глубина заложения около 1,5 км, мощность ядерного взрыва — 37,6 кт ТЭ). Взрыв был камуфлетным (без нарушения земной поверхности). Расстояние от объекта изысканий до указанного места проведения подземного ядерного взрыва составляет порядка 220 км к юго-западу [43].

В результате проведенных в 90-е годы XX века обследований территорий Новоземельского полигона было выявлено, что обстановка и на полигоне, и на прилегающих к нему районах архипелага, и в северных районах Российской Федерации стала определяться главным образом выпадением радиоактивных осадков из загрязненной к тому времени атмосферы.

Расстояние от объекта изысканий до места проведения испытаний ядерного оружия составляет порядка 260–600 км к северу.

Для оценки современной радиационной обстановки специалистами лаборатории радиационного контроля общества с ограниченной ответственностью (ООО) «Нефтегазгеодезия» было произведено радиаци-

онное обследование территории трассы проектируемой ВЛ. Радиационное обследование территории трассы проводилось в соответствии с требованиями нормативных документов [2, 3, 20, 17, 18, 19, 14, 21]. В число видов радиационно-экологических исследований входил сбор, анализ и обобщение результатов ранее проведенных исследований радиозоологической обстановки на изучаемой территории, а также инструментальное радиационное обследование территории, включающее в себя пешеходные гамма-поисковые работы, измерение мощности амбиентной дозы гамма-излучения, радиометрическое опробование почв и донных отложений водоемов, находящихся на обследуемой территории. При выполнении гамма-поисковых работ для обнаружения зон с повышенным уровнем гамма-излучения использовались дозиметры-радиометры ДКС-96 с блоком детектирования БДПГ-96. Поисковая гамма-съемка проводилась в режиме прослушивания звукового сигнала с целью наиболее эффективного обнаружения аномальных участков, при перемещениях оператора по прямолинейным маршрутам (рис. 8).

Определение мощности амбиентной дозы внешнего гамма-излучения (МАД ГИ), характеризующей радиационную обстановку на территории изысканий, выполнялось с использованием дозиметра гамма-излучения ДКГ-02У и дозиметра-радиометра МКГ-01. Общее число контрольных замеров МАД ГИ составило 231 точку, в том числе 13 — на берегах основных водоемов. Особое внимание при выполнении гамма-съемки уделялось местам нахождения действующих и законсервированных объектов по транспортировке и добычи нефти, участкам, где естественное покрытие было заменено насыпными грунтами, местам пересечения трассы ВЛ с водотоками. Таким образом, наиболее плотному обследованию были подвергнуты территории, подверженные техногенному влиянию.

Отбор пробы почвогрунтов с территории на определение содержания в них радионуклидов производился с учетом местных условий в репрезентативных точках, представляющих различные типы почв и ландшафтов, а также в соответствии с «ГОСТ 17.4.3.01-2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб» [8].



Рис 8. Выполнение гамма-поисковых работ с использованием ДКС-96 9 (фото автора)

Fig 8. Performing gamma-ray prospecting using DKS-96 (photo by the author)

Для оценки возможного загрязнения водоемов обследованной территории радионуклидами в наиболее значимых водоемах в пределах территории обследования и в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 были отобраны пробы донных отложений [4]. Измерения удельной активности природных радионуклидов и цезия-137 в отобранных пробах проводились аккредитованным испытательным центром ФГУ «Ленинградский референтный центр Россельхознадзора».

Маршрутная гамма-съемка

Результаты поисковой гамма-съемки при обследовании территории не выявили участков радиоактивного загрязнения и аномальных участков. Значения МД, измеренные поисковым прибором ДКС-96, варьировались от $< 0,05$ до $0,10$ мкЗв/ч. Среднее значение составило $0,06$ мкЗв/ч, что соответствует величине естественного радиационного фона района изысканий.

Нижний предел чувствительности приборов ДКГ-02У и МКГ-01 составляет $0,10$ мкЗв/ч, поэтому изменения мощности дозы внеш-

него гамма-излучения определялись в диапазоне от $0,10$ до $4 \cdot 10^7$ мкЗв/ч.

Мощность дозы внешнего гамма-излучения, определенная дозиметром и дозиметром-радиометром, в зоне исследования оказалась в пределах от $< 0,10$ до $0,12$ мкЗв/ч. Из результатов измерений следует, что мощность дозы на большей части территории оказалась ниже границ чувствительности прибора ($< 0,10$ мкЗв/ч). Наибольшее значение — $0,12$ мкЗв/час (точка № 280) МАД ГИ было зафиксировано на берегу реки Вангдэтосе.

Радиометрическое опробование

Радиометрическое опробование почв и донных отложений проводилось с целью как выявления техногенного радиационного загрязнения территории радионуклидами, так и определения возможности изменения радиозэкологической обстановки при проведении строительных работ. Использование грунта при проведении земляных работ может иметь определенные ограничения, регламентируемые нормативной

документацией, в случае если в нем выявлено высокое содержание природных или техногенных радионуклидов.

Были отобраны пробы почвогрунтов и пробы донных отложений из водных объектов, проведены исследования в них содержания природных долгоживущих радионуклидов (^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K), а также техногенного радионуклида ^{137}Cs .

Как видно из таблицы 13, содержание основных долгоживущих природных радионуклидов, а также содержание цезия-137 в отобранных пробах почв в целом соответствует уровням естественного фона, обусловленного типами почв и глобальными выпадениями. Удельная активность радионуклидов изменяется в пределах для калия-40 от < 49 до 656 Бк/кг, тория-232 от < 3,8 до 28,8 Бк/кг, радия-226 от < 5,1 до 19,1 Бк/кг.

Суммарная удельная активность ($A_{\text{эфф}}$) естественных радионуклидов в пробе определя-

ется с учетом их биологического воздействия на организм человека и рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} + 1,3A_{\text{Th}} + 0,09A_{\text{K}}, \quad (4)$$

где A_{Ra} , A_{Th} , A_{K} — удельные активности радия, тория, калия соответственно (Бк/кг).

Таким образом, во всех пробах она не превышает 740 Бк/кг (норматив для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (II класс) [17]. А активность техногенного радионуклида цезия-137 колеблется в пределах от < 4,8 до 25,7 Бк/кг.

В донных отложениях водных объектов, располагающихся в зоне обследования, удельная активность калия-40 колеблется в диапазоне от 392 до 690 Бк/кг, тория-232 от 14,5 до 31,4 Бк/кг, радия-226

Таблица 13. Содержание радионуклидов в почвах (грунтах)

Table 13. Radionuclide content in soils

Номер пробы	Место отбора пробы	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг				Эффективная удельная активность $A_{\text{эфф}}$, Бк/кг
		Калий (^{40}K)	Торий (^{232}Th)	Радий (^{226}Ra)	Цезий (^{137}Cs)	
R1	Коридор ВЛ-35 кВ	651	< 19,6	< 19	< 8,1	< 103
R2	Коридор ВЛ-35 кВ	512	< 5,6	< 8,3	< 9,6	< 61,7
R3	Коридор ВЛ-35 кВ	656	< 18,9	< 18,9	16,5	< 102,5
R4	Коридор ВЛ-35 кВ	< 154	< 11,2	< 8,5	< 7,0	< 36,9
R5	Коридор ВЛ-35 кВ	< 154	< 18,1	< 7,9	< 8,5	< 45,3
R6	Коридор ВЛ-35 кВ	604	28,8	19,1	25,7	110,9
R7	Коридор ВЛ-35 кВ	< 151	< 14,5	< 9,2	< 5,8	< 41,6
R8	Коридор ВЛ-35 кВ	< 49	< 3,8	< 6,5	< 4,8	< 15,9
R9	Коридор ВЛ-35 кВ	< 98	< 5,0	< 5,1	24,3	< 20,4
R10	Коридор ВЛ-35 кВ	474	17,9	18,3	< 8,1	84,2

Таблица 14. Содержание радионуклидов в донных отложениях

Table 14. Radionuclide content in bottom sediments

Номер п/п	Номер пробы	Место отбора пробы	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг				Эффективная удельная активность $A_{эфф}$, Бк/кг
			Калий (^{40}K)	Торий (^{232}Th)	Радий (^{226}Ra)	Цезий (^{137}Cs)	
1	DV3	Протока Песчанка в месте пересечения с ВЛ-35 кВ	392	15,8	< 9,9	< 4,7	65,7
2	DV7	р. Вангдэтосе в месте пересечения с ВЛ-35 кВ	547	14,5	18,5	13,6	86,6
3	DV11	Протока Камбалица в месте пересечения с ВЛ-35 кВ	690	31,4	19,4	< 9,4	122,3

от < 9,9 до 19,4 Бк/кг. Эффективная удельная активность ($A_{эфф}$) природных радионуклидов в донных отложениях ни в одной из проб не превышает установленные нормативы. Удельная активность цезия-137 изменяется в пределах от <4,7 до 13,6 Бк/кг.

Наибольшие значения эффективной удельной активности ($A_{эфф}$) в пробах почв и донных отложений наблюдаются на р. Вангдэтосе и р. Песчанка.

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод, что обследованная территория в целом не представляет опасности по радиационным факторам экологического риска. Радиационную обстановку на территории изысканий, учитывая результаты наблюдений в пункте Варандей, можно характеризовать как стабильную.

Заключение

Проведённые исследования и экологическая оценка компонентов природной среды позволяют сделать вывод о локальном негативном антропогенном воздействии на территорию обследования. Загрязнение поллютантами с превышением допустимых концентраций носит ограниченный характер в пространстве и приурочен к территориям интенсивной хозяйственной деятельности. Данная характеристика относится прежде всего к зонам, прилегающим к ДНС «Варандей», нефтепроводам пересекающих лайды р. Песчанка, а также к затампованной скважине «Медынская» с ареалом техногенного ландшафта. Особо следует отметить, что реабилитация нарушенной в ходе хозяйственной деятельности природной среды не проводится при наличии нормативно-правовой базы.

Список литературы

А. Нормативная

1. Федеральный закон Российской Федерации от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [интернет]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/17718>.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 24.04.1995г. № 52-ФЗ «О животном мире» [интернет]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/7768>.
3. Федеральный закон Российской Федерации от 09.01.1996г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» [интернет]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/8724>
4. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. Москва: ИПК Издательство стандартов; 2002.
5. ГОСТ 17.1.5.04-81. Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Москва: ИПК Издательство стандартов; 2003.

6. ГОСТ Р 70282-2022. Охрана окружающей среды. Поверхностные и подземные воды. Общие требования к отбору проб льда и атмосферных осадков. Москва: Российский институт стандартизации; 2022.
7. ГОСТ Р 70281-2022. Охрана окружающей среды. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. Москва: Российский институт стандартизации; 2022.
8. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Москва: Стандартинформ; 2018.
9. ГОСТ 17.4.3.02-85 (СТ СЭВ 4471-84). Охрана природы. Почвы. Требование к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ. [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200004382>.
10. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Метод отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. Москва: Стандартинформ; 2018.
11. ГОСТ 30813 – 2002. Вода и водоподготовка. Термины и определения. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации; 2002.
12. ГОСТ Р 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб. Москва: Российский институт стандартизации; 2022.
13. ГОСТ Р 56237-2014. Отбор проб на станциях водоподготовки и в трубопроводных распределительных системах. Москва: Стандартинформ; 2016.
14. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Москва: Стандартинформ; 2019.
15. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/57350015>.
16. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573536177>.
17. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902170553>.
18. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010) [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902214068>.
19. СанПиН 2.6.1.2800-10. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счёт природных источников ионизирующего излучения [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902256355>.
20. СП 502.1325800-21. Инженерно-экологические изыскания для строительства [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/608706538>
21. МИ 2453-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики радиационного контроля. Общие требования [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200142624>
22. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003852>

Б. Опубликованная

23. Алексеева М.С., Преснова Е.В. Хирономиды тундровых озер. В: Флора и фауна водоемов Европейского Севера. Ленинград: Наука; 1978, с. 72–74.
24. Ануфриев В.В., Коробов В.Б. Особенности прибрежных экосистем Большеземельской тундры. Проблемы региональной экологии. 2002;(2):38–48.
25. Балушкина Е.В. Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах. Труды АН СССР, Зоол. ин-т. Т. 142. Ленинград: Наука: Ленингр. отд.; 1987.
26. Барановская В.К. Сгустacea (Систематический список беспозвоночных из водоемов Большеземельской тундры). В: Гецен М.В. (ред.). Флора и фауна водоемов Европейского Севера. Ленинград: Наука; 1978, с. 174–177.

27. Беляков В.П., Скворцов В.В. Макро- и мейобентос, их продукция и особенности структуры экосистем озер Крайнего Севера (на примере озер Большеземельской тундры). В: Дробкова В.Г., Трифонова И.С. (ред.). Особенности структуры экосистем озер Крайнего Севера (на примере озер Большеземельской тундры). СПб.: Наука; 1994, с. 183–203.
28. Василенко И. Я., Булдакова Л.А. (ред.). Радионуклидное загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Москва: Медицина; 2004.
29. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры. Геохимия. 1962;(7):555–571.
30. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. Москва: Высшая Школа; 1988.
31. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ненецкого автономного округа в 2023 г. [интернет]. Нарьян-Мар; 2024.
32. Дробкова В.Г., Беляков В.П., Денисова И.А., и др. Закономерности формирования экосистем тундровых озер и их изменения под влиянием антропогенного воздействия. В: Особенности структуры экосистем озер крайнего Севера (На примере озер Большеземельской тундры). СПб.: Наука; 1994, с. 242–248.
33. Ежегодные данные по химическому составу атмосферных осадков за 1996–2000 гг. (Обзор данных). Москва: Метеоагентство Росгидромета; 2006.
34. Зверева О.С. Бентос и общие вопросы гидробиологии Вашуткиных озер. В: Гидробиологическое изучение и рыбохозяйственное освоение озер Крайнего Севера СССР. Москва: Наука; 1966, с. 112–137.
35. Калякин В.Н. Фауна птиц и млекопитающих Новоземельского региона и оценка ее состояния. В: Боярский П.В. (ред.) Труды морской арктической комплексной экспедиции. Вып. III. Новая Земля. Том 2. Часть II. Исследования природной среды Новой Земли. Москва; 1993, с. 23–90.
36. Данилов-Данильян В.И., Амирханов А.М., Павлов Д.С., Соколов В.Е. (ред.), и др. Красная книга Российской Федерации (животные). Москва: АСТ: Астрель; 2001.
37. Лавриненко И.А., Лавриненко О.В., Кулюгина Е.Е. Восстановление растительного покрова на площадках буровых скважин в Большеземельской тундре. В: Флора антропогенных местообитаний Севера. Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии Российской академии наук; 1996, с. 55–79.
38. Лешко Ю.В. Моллюски водоемов восточной части Большеземельской тундры. В: Гецен М.В. (ред.) Флора и фауна водоемов Европейского Севера. Ленинград: Наука; 1978, с. 60–65.
39. Лоскутова О.А. Бентос озерно-речных систем Восточно-Европейской тундры. В: Возобновимые ресурсы водоемов Большеземельской тундры. Труды Коми научного центра УрО РАН 169. Сыктывкар; 2002, с. 44–57.
40. Лоскутова О.А., Фефилова Е.Б. Гидробиологическая характеристика озер северной части Большеземельской тундры. В: Некоторые подходы к организации экологического мониторинга в условиях Севера. Тр. Коми НЦ УрО РАН 147. Сыктывкар; 1996, с. 125–138.
41. Ахабадзе Д.Т., Брызгалов В.А., Винокур М.С., и др. Ненецкий автономный округ. Современное состояние и перспективы развития. СПб.: Элексис Принт; 2005.
42. Андрушин И.А., Богдан В.В., Зеленцов С.А., Илькаев Р.И., Михайлов В.Н., Цырков Г.А., Чернышев А.К. (ред.). Ядерные испытания СССР. Том 2. Технологии ядерных испытаний СССР. Воздействие на окружающую среду. Меры по обеспечению безопасности. Ядерные полигоны и площадки. Саров; 1997.
43. Михайлова В.Н. (ред.). Ядерные испытания. Т. 1. Арктический ядерный полигон. Кн. 1. Ядерные испытания в Арктике. Москва: Институт стратегической стабильности; 2004.
44. Никулина В.Н. Структурно-функциональные характеристики фитопланктона разнотипных озер. В: Структурно-функциональная организация пресноводных экосистем разного типа. Тр. Зоологического института РАН. Т. 279. СПб.: Наука; 1999, с. 135–152.
45. Копосова А.В., Леванидов Н.Г., Бузинов Р.В., Осинина А.В., Белокоровин Э.А., Пуканов С.И. (ред.), и др. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2013 год. Архангельск: Министерство природных ресурсов и лесопромышленного комплекса Архангельской области; 2014.
46. Сидоров Г.П. Рыбные ресурсы Большеземельской тундры. Ленинград: Наука; 1974.

47. Силина Н.И., Худoley В.В. Опухолеподобные аномалии у планктонных веслоногих. Гидробиологический журнал. 1994;29(3):96–99.
48. Трифонова И., Беляков В., Скворцов В. Трофическое состояние естественных и загрязненных озер Большеземельской тундры. Город в Заполярье и окружающая среда. Воркута. 1994г.
49. Успенский С.М. Живая Арктика. Москва: Мысль; 1987.
50. Федоров А.С. Устойчивость почв к антропогенным воздействиям. СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та; 2008.
51. Фефилова Е.Б. Изученность планктонной фауны тундровых озер. В: Возобновимые ресурсы водоемов Большеземельской тундры. Труды Коми научного центра УрО РАН 169. Сыктывкар; 2002, с. 33–43.
52. Шубин Ю.П., Сидоров Г.П. Рыбохозяйственная характеристика некоторых озер Северной части Большеземельской тундры. В: Некоторые подходы к организации экологического мониторинга в условиях севера. Труды Коми научного центра УрО РАН 169. Сыктывкар; 1996, с. 152–160.

References

1. Federal Law of the Russian Federation No. 7-FZ dated 10.01.2002 «On Environmental Protection» [internet]. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/17718>. (In Russ.).
2. Federal Law of the Russian Federation dated 04/24/1995 No. 52-FZ «On the animal World». [internet]. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/7768>. (In Russ.).
3. Federal Law of the Russian Federation No. 3-FZ dated 09.01.1996 «On Radiation Safety of the population» [internet]. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/8724>. (In Russ.).
4. State Standard 17.1.5.01-80. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water objects for their pollution analysis. Moscow: IPK Publishing House of Standards; 2002. (In Russ.).
5. State Standard 17.1.5.04-81. Nature protection. Hydrosphere. Apparatus and mechanisms for selection, initial treatment and stering samples of natural waters. General technical conditions Moscow: IPK Publishing House of Standards. (In Russ.).
6. State Standard R 70282-2022. Environmental protection. Surface and underground waters. General requirements for glaciers and atmospheric precipitation sampling. Moscow: Russian Institute of Standardization; 2022. (In Russ.).
7. State Standard R 70281-2022. Environmental protection. Soils. Classification of chemicals for pollution control. Moscow: Russian Institute of Standardization.
8. State Standard 17.4.3.01-2017. Nature protection. Soils. General requirement for sampling. Moscow: Standartinform Publ.; 2018. (In Russ.).
9. State Standard 17.4.3.02-85 (СТ СЭВ 4471-84). Nature protection. Soils. Requirement for fertile layer conservation in performing earth-moving [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200004382>. (In Russ.).
10. State Standard 17.4.4.02-2017. Nature protection. Soils. Methods for sampling and preparation of soil for chemical, bacteriological, helminthological analysis. Moscow: Standartinform Publ.; 2018. (In Russ.).
11. State Standard 30813–2002. Water and water-preparation. Terms and definitions. Minsk: GOST 30813 – 2002. Water and water treatment. Terms and definitions. 2002. (In Russ.).
12. State Standard R 59024-2020. Water. General requirements for sampling. Moscow: Russian Institute of Standardization 2022. (In Russ.).
13. State Standard R 56237-2014. Drinking water. Sampling on water treatment stations and in piped distribution systems. Moscow: Standartinform Publ.; 2016. (In Russ.).
14. State Standard R 8.563-2009. State system for ensuring the uniformity of measurements. Procedures of measurements. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russ.).
15. SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. (In Russ.).
16. SanPiN 2.1.3684-21. Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of urban and rural settlements, for drinking water and drinking water supply to the population,

- atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial and public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures. [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573536177>. (In Russ.).
17. SanPiN 2.6.1.2523-09. Radiation Safety Standards (NRB-99/2009) [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902170553>. (In Russ.).
 18. SP 2.6.1.2612-10. Basic sanitary rules for radiation safety (OSPORB 99/2010) [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902214068>. (In Russ.).
 19. SP 2.6.1.2612-10. Basic sanitary rules for radiation safety (OSPORB 99/2010) [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902256355>. (In Russ.).
 20. SP 502.1325800-21. Engineering environmental survey for construction. General regulations for execution of work [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/608706538>. (In Russ.).
 21. MI 2453-2015. The state system of ensuring the uniformity of measurements. Methods of radiation control. General requirements [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200142624>. (In Russ.).
 22. MU 2.1.7.730-99. Hygienic assessment of the soil quality of populated areas [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200003852>. (In Russ.).
 23. Aleksevina M.S., Presnova E.V. Chironomides of tundra lakes. In: Flora and fauna of reservoirs of the European North. Leningrad: Nauka Publ.; 1978, p. 72–74. (In Russ.).
 24. Anufriev V.V., Korobov V.B. Features of coastal ecosystems of the Bolshezemelskaya tundra. Regional environmental issues. 2002;(2):38–48. (In Russ.).
 25. Balushkina E.V. Functional significance of chironomid larvae in continental reservoirs. Tr. Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences. Vol. 142. Leningrad: Nauka Publ.; 1987. (In Russ.).
 26. Baranovskaya V.K. Crustaceans (On the example of the lakes of the Bolshezemelskaya tundra). In: Getsen M.V. (ed.). Flora and fauna of the reservoirs of the European North. Leningrad: Nauka Publ.; 1978, p. 174–158. (In Russ.).
 27. Belyakov V.P., Skvortsov V.V. Macro- and meiobenthos, their products and features of the ecosystem structure of the lakes of the Far North (on the example of lakes of the Bolshezemelskaya tundra). In: Drabkova V.G., Trifonova I.S. (eds.). *Osobennosti struktury ekosistem ozer Krajnego Severa (na primere ozer Bol'shezemel'skoi tundry)*. St. Petersburg: Nauka Publ.; 1994, p. 183–203. (In Russ.).
 28. Vasilenko I. Ya., Buldakova L.A., Radionuclide pollution of the environment and public health. Moscow: Meditsina Publ.; 2004. (In Russ.).
 29. Vinogradov A.P. Average contents of chemical elements in the main types of igneous rocks of the Earth's crust. *Geochemistry International*. 1962;(7):555–571. (In Russ.).
 30. Glazovskaya M.A. Geochemistry of natural and man-made landscapes of the USSR. Moscow: Vysshaya Shkola Publ.; 1988. (In Russ.).
 31. The State report on the state of the environment of the NAO in 2023g. Management of Natural Resources in the NAO [internet]. Nar'yan-Mar; 2024. (In Russ.).
 32. Drabkova V.G., Belyakov V.P., Denisova I.A. and others. Patterns of formation of tundra lake ecosystems and their changes under the influence of anthropogenic impact. In: Features of the ecosystem structure of the lakes of the Far North (On the example of lakes of the Bolshezemelskaya tundra). St. Petersburg: Nauka Publ.; 1994, p.242–248. (In Russ.).
 33. Annual data on the chemical composition of atmospheric precipitation for 1996–2000. (Review of data). Moscow: Meteorological Agency of Roshydromet; 2006. (In Russ.).
 34. Zvereva O.S. Benthos and general issues of the hydrobiology of the Vashutkin lakes. In: Hydrobiological study and fisheries development of lakes of the Far North of the USSR. Moscow: Nauka Publ.; 1966, p. 112–137. (In Russ.).
 35. Kalyakin V.N. Fauna of birds and mammals of the Novaya Zemlya region and assessment of its condition. In: Boyarskii P.V. (ed.). Proceedings of the Arctic Marine Integrated Expedition. Issue III. A new Land. Volume 2. Part II. Studies of the natural environment of Novaya Zemlya. Moscow; 1993, pp. 23–90.
 36. Danilov-Danilyan V.I., Amirkhanov A.M., Pavlov D.S., Sokolov V.E. (ed.), and others. The Red Book of the Russian Federation (animals). Moscow: AST: Astrel; 2001
 37. Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V., Kulyugina E.E. Restoration of vegetation cover at the sites of drilling wells in the Bolshezemelskaya tundra. In: Flora of anthropogenic habitats

- of the North. Moscow: Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences; 1996, pp. 55-79
38. Leshko Yu.V. Mollusks of reservoirs of the eastern part of the Bolshezemelskaya tundra. In: In: Getsen M.V. (ed.). Flora and fauna of the reservoirs of the European North. Leningrad: Nauka Publ.; 1978, p. 60–65. (In Russ.).
 39. Loskutova O.A. Benthos of lake-river systems of the East European tundra. In: Renewable resources of reservoirs of the Bolshezemelskaya tundra. Proceedings of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 169. Syktyvkar; 2002, p. 44–57. (In Russ.).
 40. Loskutova O.A., Fefilova E.B. Hydrobiological characteristics of lakes in the northern part of the Bolshezemelskaya tundra. In: Some approaches to the organization of environmental monitoring in the conditions of the North. Proceedings of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 147. Syktyvkar; 1996. (In Russ.).
 41. Akhabadze D.T., Bryzgalov V.A., Vinokur M.S., et al. Nenets Autonomous Okrug. The current state and prospects of development. St. Petersburg: Eleksis Print Publ.; 2005. (In Russ.).
 42. Andryushin I.A., Bogdan V.V., Zelentsov S.A., Il'kaev R.I., Mikhailov V.N., Tsytkov G.A., Chernyshev A.K. (eds.). Nuclear tests of the USSR. Volume 2. Technologies of nuclear tests of the USSR. Environmental impact. Security measures. Nuclear test sites and sites Sarov; 1997. (In Russ.).
 43. Mikhailova V.N. (ed.). Nuclear tests. Vol. 1. The Arctic nuclear test site. Book 1. Nuclear tests in the Arctic. Moscow: Institute of Strategic Stability; 2004.
 44. Nikulina V.N. Structural and functional characteristics of phytoplankton of different types of lakes. In: Structural and functional organization of freshwater ecosystems of different types. Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. Vol. 279. St. Petersburg: Nauka Publ.; 1999, p. 135–152. (In Russ.).
 45. Koposova A.V., Levanidov N.G., Buzinov R.V., Osinina A.V., Belokorovin E.A., Pukanov S.I. (eds.), et al. The state and environmental protection of the Arkhangelsk region in 2013. Arkhangelsk: Ministry of Natural Resources and Timber Industry of the Arkhangelsk Region; 2014
 46. Sidorov G.P. Fish resources of the Bolshezemelskaya tundra. Leningrad: Nauka Publ.; 1974. (In Russ.).
 47. Silina N.I., Khudolei V.V. Tumour-like anomalies in planktonic oarfishes. Hydrobiological Journal. 1993;29(3):96–99. (In Russ.).
 48. Trifonova I., Belyakov V., Skvortsov V. Trophic state of natural and polluted lakes of the Bolshezemelskaya tundra. A city in the Arctic and the environment. Vorkuta. 1994.
 49. Uspensky S.M. The Living Arctic. Moscow: Mysl' Publ.; 1987. (In Russ.).
 50. Fedorov A.S. Soil resistance to anthropogenic influences. St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg University; 2008. (In Russ.).
 51. Fefilova E.B. The study of the planktonic fauna of tundra lakes. In: Renewable resources of reservoirs of the Bolshezemelskaya tundra. Proceedings of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 169. Syktyvkar; 2002, p. 33–43. (In Russ.).
 52. Shubin Yu.P., Sidorov G.P. Fishery characteristics of some lakes in the Northern part of the Bolshezemelskaya tundra. In: Some approaches to the organization of environmental monitoring in the conditions of the North. Proceedings of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 147. Syktyvkar; 1996, p. 152–160. (In Russ.).

Сведения об авторе

Мартынов Сергей Васильевич — пенсионер, один из ведущих российских специалистов в области регионального почвоведения. В период с 1975 г. по настоящее время проводил полевые исследования с последующей обработкой материалов в Ленинградской, Мурманской, Псковской, Ивановской, Свердловской, Саратовской, Самарской и Оренбургской областях; в Карелии, Ненецком автономном округе, Удмуртии, Мордовии,

Information about the author

Sergey V. Martynov — Retired Researcher, a Leading Russian specialist in the field of regional soil science. In the period from 1975 to the present, he has conducted field research with subsequent processing of materials in the Leningrad, Murmansk, Pskov, Ivanovo, Sverdlovsk, Saratov, Samara and Orenburg Oblasts; in Altai Territory, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Bashkortostan, as well as in the Syrian Arab Republic (for three years). He was the Head of Environmental Protection Department

в Алтайском крае, Казахстане, Киргизии, Башкортостане, а также в Сирийской Арабской Республике (в течение трех лет).

Трудовая деятельность осуществлялась в основном в должностях начальника Управления охраны окружающей среды ООО «Нефтегазгеодезия» и начальника отдела, главного специалиста ООО «ЭкспертГаз».

195176, г. Санкт-Петербург, ул. Крюкова, д. 17, кв. 40 тел. +7 (911) 020-11-02, e-mail: smartynov52@yandex.ru

of Neftegazgeodesia LLC and Head of Department, Chief Specialist of ExpertGaz LLC.

195176, St. Petersburg, Kryukova str., 17, apartment 40 tel. +7 (911) 020-11-02, e-mail: smartynov52@yandex.ru

Вклад автора

Автор подтверждает единоличную ответственность за концепцию и дизайн исследования, сбор и анализ данных, интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Author's contributions

The author confirms his sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 574.2

ББК 20.1

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-82-87>

Эксплуатация полигонов твердых коммунальных отходов в условиях северного климата

Забелина А.В.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, Россия

✉ zabelina-eco@yandex.com

Аннотация. Рассматриваются особенности эксплуатации полигона твердых коммунальных отходов (ТКО) на постэксплуатационном этапе в условиях северного климата. Подчеркивается, что ключевым фактором, обеспечивающим безопасную эксплуатацию полигона, является управление образованием свалочного газа и фильтрата. Увеличение атмосферных осадков приводит к повышению влажности отходов и, как следствие, к образованию метана в разные периоды календарного года. Приведены результаты измерений концентраций метана и расчетов объема фильтрата на исследуемом полигоне ТКО, расположенном на северо-западе России. Сделан вывод о необходимости контроля и управления образованием фильтрата, а также о принятии мер по его очистке для предотвращения экологических и санитарно-гигиенических проблем, связанных с испарением и накоплением фильтрата.

Ключевые слова: полигон, твердые коммунальные отходы (ТКО), жизненный цикл, эксплуатация, свалочный газ, метан, метаногенез, фильтрат

Конфликт интересов: автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Забелина А.В. Эксплуатация полигонов твердых коммунальных отходов в условиях северного климата. *Арктика и инновации*. 2024;2(4):82–87. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-82-87>

Operation of solid municipal waste landfills in northern climates

Alexandra V. Zabelina

ИТМО University, Saint-Petersburg, Russia

✉ zabelina-eco@yandex.com

Abstract. The author considers specific features of operation of solid municipal waste landfills at the post-operation stage in northern climate conditions. It is emphasized that safe operation of landfills requires efficient management of landfill gas and leachate formation. Increased precipitation leads to increased waste moisture content and, as a consequence, to methane generation during different seasons. The author presents the results of measuring methane concentrations and calculating leachate volumes at a landfill located in the north-west of Russia. The conclusion is made about the need to control and manage leachate formation, as well as to take

measures for its treatment to prevent environmental and sanitary-hygienic problems associated with evaporation and accumulation of leachate.

Keywords: landfill, municipal solid waste (MSW), life cycle, operation, landfill gas, methane, methanogenesis, leachate

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

Для цитирования: Zabelina A.V. Operation of solid municipal waste landfills in northern climates. *Arctic and Innovations*. 2024;2(4):82–87. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-82-87>

Введение

Влияние климата на геоэкологические особенности объектов размещения отходов (ОРО) значительно, особенно важно учитывать влажность отходов на одном из этапов жизненного цикла полигона, этапе эксплуатации, близком к завершению. Схема жизненного цикла полигона ТКО представлена на рисунке 1.

Данный этап эксплуатации, с одной стороны, требует соблюдения принципов наилучших доступных технологий (НДТ), с другой — характеризуется значительным негативным воздействием на окружающую среду, в основном в виде выбросов и образования фильтрата.

После размещения и изоляции отходов свалочные массы сначала проходят относительно быстрый (0–2 года) период аэробного разложения, за которым следует длительный период анаэробного разложения (> 10 лет). Процесс образования выбросов от полигона ТКО можно представить в виде последовательности гидролиз → ацидогенез → метаногенез [2].

Несмотря на достаточно широкий спектр составляющих свалочного газа (СГ), образующегося на финальной стадии разложения отходов, основным компонентом СГ является парниковый газ метан (CH₄). Объемы генерирования метана на отдельных этапах эксплуатации объектов размещения отходов различны и зависят от многих факторов: срок службы полигона, морфологический состав отходов, количество и плотность сва-



Рис. 1. Схема жизненного цикла полигона [1]

Fig. 1. Diagram for the life cycle of a landfill [1]

лочных масс, технология размещения отходов, климатические особенности местности, ландшафт, стратегии промежуточной рекультивации и конфигурации объекта. Помимо метана другими значимыми компонентами свалочного газа выступают диоксид углерода, оксиды азота, являющиеся парниковыми газами, а также некоторые виды нормируемых загрязняющих веществ (сероводород, аммиак, бензол и др.), которые не относятся к парниковым газам.

Анаэробный период наступает ориентировочно через два года после размещения отходов и в северных регионах длится до пятидесяти лет, если не применяются технологии, способствующие катализации метаногенеза. При внедрении НДТ возможно сокращение анаэробного процесса до 25 лет от года захоронения отходов.

Применительно к исследуемому объекту показано количественное изменение состава свалочного газа в зависимости от продолжительности периода эксплуатации (рис. 2).

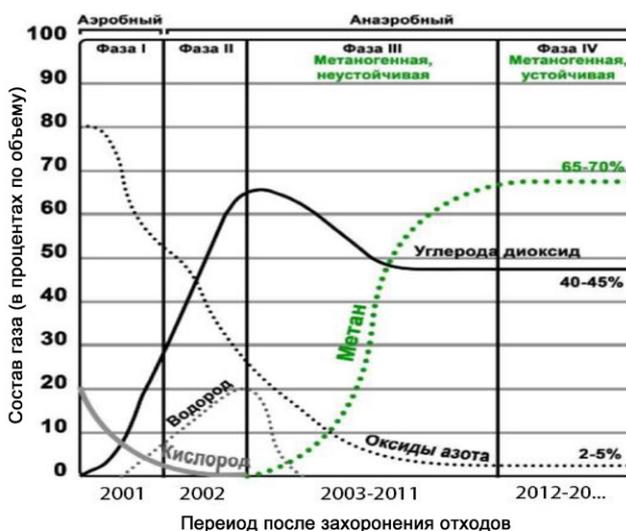


Рис. 2. Изменение состава свалочного газа в зависимости от фаз разложения отходов (цит. по [3], с дополнениями автора)

Fig. 2. Changes in the landfill gas composition depending on waste decomposition phases (cited by [3] with the author's additions)

На этапе, близком к постэксплуатационному, свалочный газ представляет собой смесь различных газов и характеризуется преимущественным содержанием метана в объемной доле более 60 % и диоксида углерода, но также содержит следовые количества других газов, включая водяной пар. Водяной пар образуется при разложении органики в анаэробных условиях. Водяной пар является одним из парниковых газов, способствующих удержанию тепла в атмосфере и влияющих на климатические изменения.

Как показывает ряд исследований, важным лимитирующим фактором образования метана является влажность отходов, на которую влияют количество выпадающих осадков, высота и плотность снежного покрова. Наиболее благоприятные условия для метаногенеза создаются при температуре выше 35 °С внутри тела полигона во влажной среде при относительной влажности отходов 55–80 % [3].

На объектах размещения ТКО потенциал метанообразования может изменяться в диапазоне от 6,2 до 270 м³ на тонну отходов. В зависимости от состава отходов и метеоусловий в регионе расположения ОРО влажность свалочного газа может изменяться в диапазоне 30–50 % [4].

Однако влажность отходов для высоконагруженных полигонов на этапе, близком к завершению эксплуатации, создает определенные техногенные риски, поскольку при высокой влажности создаются неблагоприятные условия для внедрения НДТ по уплотнению тела полигона, что может привести к обвалам. Кроме того, высокая влажность свалочного газа приводит к образованию конденсата и коррозии оборудования при реализации еще одной важной НДТ, а именно: при эксплуатации системы активной дегазации полигона с энергетической утилизацией свалочного газа [5].

В настоящей работе анализируется влияние климатических условий на образование выбросов свалочного газа и фильтрата на объекте размещения отходов.

Особенности полигона ТКО на этапе, близком к постэксплуатационному

Исследуемый объект размещения отходов расположен в северо-западной части Рос-

сийской Федерации и находится на стадии эксплуатации, близкой к завершению. Проектная мощность объекта составляет 11,5 млн тонн отходов, площадь основания объекта — 36 га. Район расположения полигона характеризуется повышенной влажностью с неравномерным выпадением осадков в течение календарного года. Большая часть осадков выпадает в теплые периоды года, месяц наибольшего количества осадков — август, что обуславливает риск механического смещения (обвала) свалочных масс в сентябре–октябре из-за обильного насыщения свалочных масс влагой и нарушения стабильности наличием фильтрата внутри тела полигона.

Снежный покров устанавливается во второй половине ноября, максимальная его величина достигается в январе. Нарушение устойчивого снежного покрова вследствие температурных изменений и усиления влияния солнечной активности начинается в конце февраля с постепенным таянием снега в марте–апреле, что также оказывает влияние на изменение концентраций загрязняющих веществ как в жидкой фазе — фильтрате, так и в выбросах, образующихся и от разложения свалочных масс, и от испарения жидкой фракции из пруда-накопителя, содержащей в своем составе фильтрат, талые и дождевые воды.

Измерение отдельных компонентов свалочного газа является обязательным в соответствии с программой производственного экологического контроля. Измерению подлежат концентрации метана, сероводорода, аммиака, оксида углерода, бензола, тетрахлорметана (углерода четыреххлористого), трихлорметана (хлороформа), хлорбензола и ртути из шпуров в теле полигона. Результаты измерений концентрации метана над отработанным участком полигона (точка 5), на границе земельного участка (точка 4) и на границе санитарно-защитной зоны (точка 3) приведены на рисунке 3. Расположение точки 4 выбрано с учетом преобладающих ветров, характерных для данной территории. Измерения в указанных точках осуществлялись инструментальным методом на высоте 1,5–3,5 м от поверхности земли в соответствии с требованиями РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» и с учетом метеорологических условий.

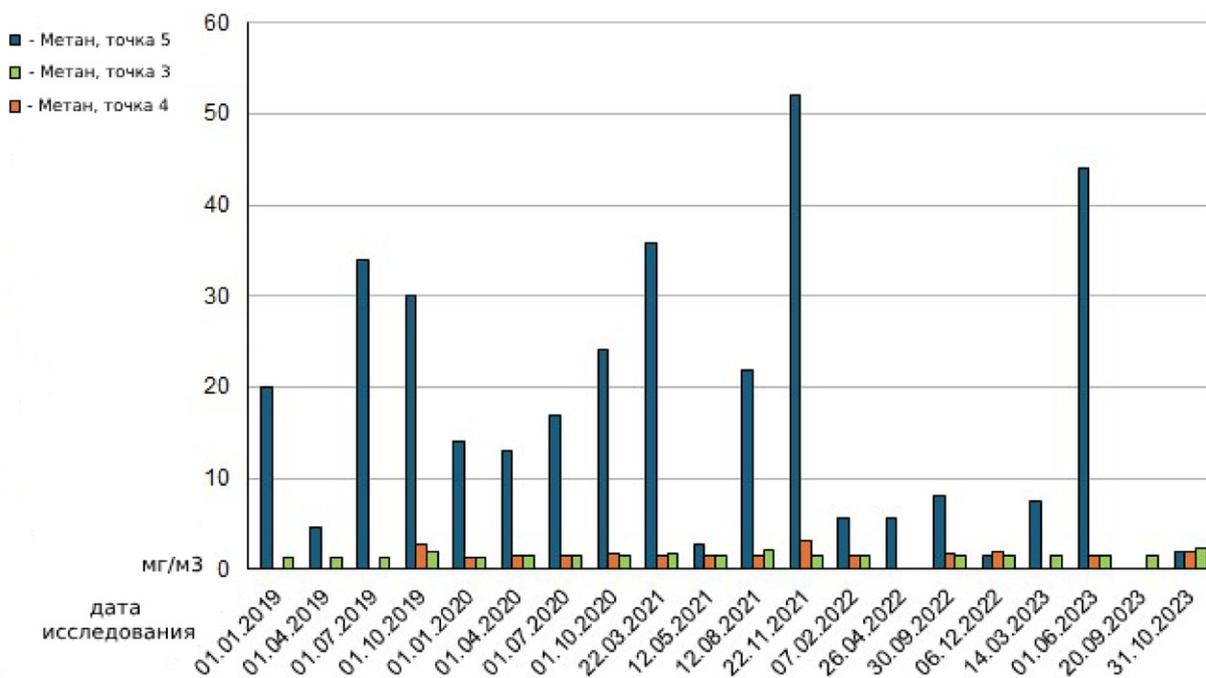


Рис. 3. Концентрации метана на исследуемом объекте в 2019–2023 гг.

Fig. 3. Methane concentrations at the site under study in 2019–2023

Как видно, максимальные концентрации метана наблюдаются над отработанным участком полигона в период интенсивных осадков в конце весеннего и осеннего периодов.

Для расчета образования фильтрата и испарения с поверхности пруда-накопителя предлагается использовать методику, основанную на водном балансе и учитывающую климатические условия и характеристики территории. После сбора данных о природно-климатических характеристиках, таких как температура, влажность и скорость ветра, которые влияют на уровень испарения, расчет испарения воды с поверхности полигона и фильтрата можно выполнить на основе материального баланса по входным и выходным потокам воды:

$$P - E - Q = \Delta S,$$

где P — атмосферные осадки, E — испарение, Q — сток, ΔS — изменение запасов воды в пруду-накопителе.

Атмосферные осадки, испарение с тела полигона и сток можно рассчитать на основе СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05 «Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий». Результаты расчета образования фильтрата на исследуемом объекте приведены в таблице.

Таблица. Результаты расчета образования фильтрата в 2021–2023 гг.

Table. Calculation of leachate generation in 2021–2023

Год	Площадь, м ²	Объем фильтрата, м ³ /год
2021	281 784	14440
2022	314 910	1366
2023	314 910	654

Концентрации загрязняющих веществ в отобранном фильтрате превышают установленные гигиенические нормативы воды по содержанию свинца, никеля, марганца, железа и мышьяка, при этом наибольшее превышение наблюдается по содержанию марганца и железа.

Важно учитывать влияние техногенных факторов, таких как объем фильтрата и его состав, а также особенности конструкции пруда-накопителя, которые могут влиять на испарение. При испарении фильтрата выделяются различные вещества в зависимости от его химического состава и источника: органические кислоты, спирты и другие соединения; неорганические соли — хлориды, сульфаты и карбонаты, растворимые в воде; тяжелые металлы — свинец, кадмий

и ртуть, которые могут выделяться в воздух при испарении. В фильтрате также могут присутствовать бактерии и вирусы, которые могут выживать в жидкой среде.

Заключение

При испарении воды из фильтрата в нем остаются концентрированные растворы веществ, что может привести к загрязнению окружающей среды. Фильтрат опасен для окружающей среды на всех этапах жизненного цикла полигонов. Однако на высоконагруженных полигонах на этапе, близком к постэксплуатационному, фильтрат содержит особенно высокие концентрации вредных веществ, включая тяжелые металлы и органические соединения, превышающие предельно допустимые значения для водоемов. Неочищенный фильтрат при отсутствии должных мер контроля и управления может загрязнять как поверхностные, так и грунтовые воды, что делает их непригодными для использования,

приводит к снижению биоразнообразия и нарушению природных процессов. Неприятные запахи, выделяемые фильтратом, создают дискомфорт для жителей близлежащих территорий, ухудшают качество жизни и негативно влияют на здоровье людей, вызывая респираторные заболевания.

Для обеспечения безопасной эксплуатации полигонов ТКО в условиях северного климата необходимо уделять особое внимание безопасному обращению с фильтратом и оценивать его вклад в общую картину выбросов от полигона ТКО. Наиболее эффективными мерами управления можно считать сбор фильтрата в дренажную систему и отвод на очистные сооружения с последующим использованием очищенного фильтрата для увлажнения отходов в теплый период года. Для поддержания оптимальной влажности отходов необходимо предотвращать попадание атмосферных осадков на поверхность полигонов путем изоляции свалочных масс.

Литература

1. Laner D. The consideration of long-term emissions from landfills within life-cycle assessment. *Waste Management and Research*. 2009;27(5):463–470. <https://doi.org/10.1177/0734242x09102335>
2. Carpentier W., Vigneron V., Mazeas L., Li T. Methanogenic diversity and activity in municipal solid waste landfill leachates. *Antonie van Leeuwenhoek*. 2006;89(3-4):423–434. <https://doi.org/10.1007/s10482-005-9051-9>
3. Вайсман Я.И., Коротаев В.Н., Петров В.Ю., Рудакова Л.В. Управление отходами. Полигонные технологии захоронения твердых бытовых отходов. Рекультивация и постэксплуатационное обслуживание полигона. Пермь: Изд-во ПНИПУ; 2012.
4. Костарев С.Н. Математическая модель управления состоянием полигона твердых бытовых отходов [диссертация]. Пермь; 2003.
5. ИТС НДТ 17-2021. Размещение отходов производства и потребления [интернет]. Режим доступа: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1669&etkstructure_id=1872

References

1. Laner D. The consideration of long-term emissions from landfills within life-cycle assessment. *Waste Management and Research*. 2009;27(5):463–470. <https://doi.org/10.1177/0734242x09102335>
2. Carpentier W., Vigneron V., Mazeas L., Li T. Methanogenic diversity and activity in municipal solid waste landfill leachates. *Antonie van Leeuwenhoek*. 2006;89(3-4):423–434. <https://doi.org/10.1007/s10482-005-9051-9>
3. Vaysman Ya.I., Korotayev V.N., Petrov V.YU., Rudakova L.V. Waste management. Disposal techniques for municipal solid waste landfills. Reclamation and decommission landfill management. Perm': Publishing house Perm National Research Polytechnic University; 2012. (in Russ.).
4. Kostarev S.N. Matematicheskaya model' upravleniya sostoyaniyem poligona tverdykh bytovykh otkhodov [dissertation]. Perm'; 2003. (in Russ.).
5. ITS NDT 17-2021. Production and consumption waste disposal. Available at: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1669&etkstructure_id=1872. (in Russ.).

Сведения об авторе

Забелина Александра Викторовна — преподаватель практики, ФГАОУВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Россия, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А
тел.: +7911619797
e-mail: zabelina-eco@yandex.ru

Information about the author

Alexandra V. Zabelina — practice teacher, ITMO University, Russia, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky ave., 49, A
tel.: +7911619797
e-mail: zabelina-eco@yandex.ru

Вклад автора

Автор подтверждает единоличную ответственность за концепцию и дизайн исследования, сбор и анализ данных, интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Author's contributions

The author confirms her sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

УДК 3+502.52
ББК 6/8 + 26.221
<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-88-105>



Возможно ли существование реликтового примата в условиях Крайнего Севера?

Сапунов В.Б.

ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт»,
Санкт-Петербург, Россия
✉ sapunov@rshu.ru

Аннотация. Статья анализирует и систематизирует сообщения местных жителей, путешественников, исследователей Русского Севера, а также легенды и фольклорные сказания о существовании в этих местах человекоподобного существа. Информация оценивается с позиций фольклористики и теории свидетельских показаний. В полной мере исключить достоверность этих сведений нельзя. Они перекликаются с находками в Якутии следов деятельности доисторического человека. Учитывая низкую антропогенную нагрузку и относительно малую изученность этих мест, полностью опровергать возможность существования животных, мало известных науке, нельзя. Оценена теоретическая возможность существования на Севере и в других регионах планеты высокоразвитого примата, мало доступного для изучения традиционными методами зоологии.

Ключевые слова: приматы, криптобиология, скрытые виды

Конфликт интересов: автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Сапунов В.Б. Возможно ли существование реликтового примата в условиях Крайнего Севера? *Арктика и инновации*. 2024;2(3):88–105. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-88-105>

Is the existence of a relict primate in the Far North possible?

Valentin B. Sapunov

St Petersburg Medical and Social Institute, Saint Petersburg, Russia
✉ sapunov@rshu.ru

Abstract. The author sets out to generalize the existing information about a humanoid creature in the Russian Far North by analyzing the reports of local residents, travelers, and researchers, as well as by studying local legends and folklore tales. The data is evaluated from the perspectives of folklore studies and the theory of testimonial evidence. The reliability of this evidence, which resonates well with the traces of prehistoric human activity found in Yakutia, cannot be fully ruled out. Given the low anthropogenic load and the scarcity of knowledge about these places, the possibility of the existence of animals, which are unknown to science, cannot be refuted. The author evaluates the theoretical possibility of the existence of a highly developed primate in northern and other areas of the planet, which cannot be accessed by conventional methods of zoology.

Keywords: primates, cryptobiology, hidden species

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

For citation: Sapunov V.B. Is the existence of a relict primate in the Far North possible? *Arctic and Innovation*. 2024;2(3):88–105. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-88-105>

Введение

Несмотря на впечатляющие успехи современной биологии и полевой экологии, животный мир нашей планеты изучен неполно. Каждый год открывают и описывают тысячи новых видов. В основном это мелкие беспозвоночные, однако открывают и крупных животных. Так, в 2004 г. индонезийские ученые описали новый вид орангутана [1]. Обнаруживают ископаемые остатки неизвестных прежде видов людей, населявших нашу планету в недалеком по геологическим меркам прошлом. В последние годы был описан человек флоресский (*Homo floresiensis*), живший несколько тысяч лет назад и, возможно, доживший до исторических времен [2, 3]. В этой связи приобретает большой интерес сообщения о встрече с человекоподобным существом исследователей В. Пушкарева [4], О. Шарова [5, 6], легенды, собранные на Крайнем Севере путешественником и писателем Ф. Конюховым [7], рассказы эскимосов о подобных встречах, записанные писателем Ф. Моуэтом [8]. Район Крайнего Севера и Заполярья интересен в плане возможного существования редких и малоизвестных видов. Хотя биологическая продуктивность и лесистость здесь невысока по сравнению с более южными широтами, тем не менее тут обитает большое количество видов крупных млекопитающих, адаптированных к местным условиям, и не все эти виды достаточно изучены. Низкая антропогенная нагрузка позволяет существовать редким и проблематичным видам. В настоящей статье оценивается возможность существования человекоподобного примата на Крайнем Севере с сопоставлением такой возможности для других мест планеты.

Свидетельства из Арктической зоны

Район Крайнего Севера, примыкающий к Ледовитому океану, относительно мало населен. Это естественно, поскольку условия для жизни там тяжелые. Тем не менее там постоянно обитают народы, приспособившиеся к суровому климату, — чукчи, якуты, эскимосы и др. Как и все народы Земли, они наблюдали за природой, оформля-

ли наблюдения в виде фольклора, легенд, преданий — сначала в устной форме, потом письменной. Вот что пишет известный путешественник и писатель Федор Конюхов, проделавший путь вдоль Северного морского пути [7]: «Местные жители рассказывали о “снежном человеке тундры”. По описанию, он достигает двух метров. Уже не раз люди пытались вступить с ним в контакт. Но каждый раз такая затея заканчивалась трагически. Среди ненцев, хантов, селькупов ходит поверье, что загадочное существо живет в двухкилометровых провалах в тундре. Но где они, эти провалы?»

Вот рассказ другого путешественника Олега Шарова, бывшего при жизни другом автора статьи [5, 6]: «В 1989 году был я в экспедиции от Ленгидропроекта на реке Амгуэма в Иультинском районе Чукотки, в Магаданской области. В середине июля из поселка Эгвенкино приехал местный краевед. Он и поведал мне, что в верховьях реки Амгуэмы в 1988 году зимой охотники встретили странное существо, похожее на человека, но только очень большого роста, покрытое светло-серой шерстью. Оно пыталось проникнуть на продовольственный склад, устроенный охотниками. Моя жена Виктория, с которой я работал в экспедиции, стала рассказывать, что слышала какие-то страшные крики из сопки. В конце октября мы с Викой остались одни на метеостанции — наши товарищи уехали в поселок за продуктами. 20 октября я выполнял наблюдения в полутора километрах от метеостанции. Дул сильный ветер с мокрым снегом, видимость была плохая. Я спускался с сопки, выполнив работу, когда впереди, метрах в 20, увидел большую серую шевелящуюся массу. Медведь — мелькнула мысль, но масса медленно выпрямилась, и волосы у меня встали дыбом. Передо мной стояло огромное обезьяноподобное существо с могучими мускулистыми руками, свисающими до колен. Оно посмотрело прямо на меня. Помню сильное чувство ужаса, какую-то беспомощность. Встреча длилась секунд 10–20. За это время я успел хорошо разглядеть существо. Мощное тело его было

покрыто светло-серой длинной шерстью. Она сглаживала атлетическое телосложение, но не скрывала физической силы. Рост его (а это, несомненно, была особь мужского пола) составлял около 2-х метров, но так как существо находилось несколько ниже меня по склону сопки и стояло, сильно сутулясь, то оно могло быть и несколько выше. Особенно запомнилось его полностью обволосенное, с глубоко посаженными глазами лицо. Под глазами волосы. Впечатление усов и бороды, которые полностью закрывали ротовое и носовое отверстия, ушей также не было видно. Голова была округлой формы, посажена на мощный торс без всякого намека на шею. Существо резко повернулось, сутулясь, побежало вниз по склону сопки и скрылось в пелене падающего мокрого снега. Тело мое била дрожь, пришлось опуститься на землю, чтобы немного прийти в себя».

О многочисленных случаях наблюдения загадочного человекоподобного существа на Таймыре сообщал безвременно ушедший исследователь О. Пушкарев [4]. Канадский писатель и путешественник Фарли Моуэт [8] приводит легенду эскимосов севера Канады о «пайя», одноногой волосатой великанше, которая приносит несчастье. След ее похож на человеческий. Насчет одноности мы поговорим ниже.

Можно и нужно относиться к этим свидетельствам со здоровым скепсисом. Но при этом необходимо помнить следующее. Фольклор не всегда содержит правду. Свидетель не всегда точно сообщает виденное. Но совсем на пустом месте сюжет не возникает хотя бы потому, что фантазия людей ограничена. Человек может что-то преувеличить, что-то приуменьшить, собрать реальные детали в нереальных сочетаниях. Но придумать то, что в природе не существует, человек не в состоянии. Какая реальность может стоять за этими сообщениями?

Есть ли объяснение?

Возможность существования на Земле в исторические времена и в наши дни наряду с Человеком разумным еще одного вида человека всегда была предметом жарких дискуссий, особенно в популярной печати и в меньшей степени — в научной. Одновременно эта тема всегда была предметом околонуучных и лженаучных спекуляций. Ди-

скуссия приобрела новое звучание в 21-м веке в связи с открытием и изучением ископаемых остатков двух мелких видов человека — флоресского и денисова [9–12]. И тот и другой вымерли относительно недавно и теоретически могли дожить до исторических времен, породив легенды о лилипутах, троллях и т. п. Существует недоказанное предположение, основанное на анализе фольклора аборигенов, что небольшие популяции человека флоресского могли сохраниться в глубинах Австралийского континента доныне [2, 3]. Автор данного сообщения в 2019 году побывал в предгорьях Гималаев и записал рассказы местных жителей о существовании в лесах Северного Таиланда маленьких волосатых людей. С рассматриваемым вопросом тесно смыкается проблема так называемого снежного человека. В систему научных знаний она была введена в XVIII веке К. Линнеем, опиравшем на основе фольклорных данных вид *Homo troglodytes* L. (человек пещерный) как реальный объект системы природы. Серьезное изучение этой проблемы всегда осложнялось скепсисом со стороны многих ученых и огульным отрицанием возможности существования этого вида, смешением зоологической проблемы с «аномальными явлениями» и мистикой.

Цель настоящей статьи — систематизировать основные данные относительно возможности существования реликтового представителя семейства гоминид в свете последних исследований, находок и теоретических изысканий, преимущественно в отношении северных районов планеты.

Что такое реальность зоологического вида?

Животный (как и растительный) мир планеты до сих пор описан неполно. Количество описанных видов оценивают в пределах 3–5 миллионов. И это составляет лишь малую часть видового разнообразия, которое может достигать 30 000 000 [13] и даже миллиарда [14–16]. Известные виды в своем большинстве описаны поверхностно, хотя описание нередко удовлетворяет высоким требованиям Международного кодекса зоологической номенклатуры [17]. Непрерывно идет не только описание новых, но и переоценка уже описанных [1]. Многие виды, описанные как разные, в действительности оказываются одним и тем же видом. Другие

по мере досконального изучения распадаются на серии. Разумеется, развитие и совершенствование систематики, приводящее к переоценке видов, — неизбежный процесс в науке. Однако не всегда переоценка связана с новыми находками или подключением новых методов исследования. Очень часто она обусловлена отсутствием однозначного определения вида или основ для его признания. Из-за этого возникают споры о реальности многих видов, затягивающиеся порой на столетия. Проблема реальности является ключевой в таком разделе естествознания, как криптозоология, созданная Б. Эвельмансом [18, 19]. Ее задача — изучение редких и проблематичных видов, обнаружение живьем видов, считавшихся вымершими, и видов в не свойственной им экологической нише. До настоящего времени криптозоология развивается в отрыве от традиционных направлений зоологии. В результате огромный научный материал почти не используется в процессе развития науки. Это положение необходимо исправить. Попробуем наметить для этого реальные пути.

Гипотезы о втором виде человека

В фольклоре практически любого народа есть упоминания о диких людях, соединяющих в себе признаки человека и зверя. Логика формирования фольклорных образов хорошо известна [20 и др.]. На совсем пустом месте сюжет не возникает. Фольклорный образ может что-то преувеличить, что-то преуменьшить, собрать реальные элементы в нереальных сочетаниях. Очень крупные объекты при этом преувеличиваются в размерах, очень мелкие — еще больше уменьшаются. Легенды о лилипутах могли быть основаны на наблюдениях людей флоресских, доживших до исторических времен [10]. Легенды о великанах тоже могут иметь какое-то основание. Карл Линней считал возможным ввести представление о диком человеке, опираясь только на фольклорные данные. Первая серьезная научная работа, посвященная возможности существования на Земле второго вида человека, была выполнена русским ученым В.А. Хахловым в 1914 г. и опубликована только в 1959 г. [21]. Согласно гипотезе этого ученого, речь шла о реликтовой форме синантропа (по современной терминологии — *Homo erectus*), сохранившейся в глухих районах Средней Азии до начала XX в. Хахлов предложил для него специаль-

ный термин *Primihomo asiaticus*. Термин распространения не получил.

В 1958 г. в СССР работала комиссия Академии наук по вопросу о снежном человеке под руководством известных ученых К.В. Станюковича и С.В. Обручева. Идейным вдохновителем ее был профессор Б.Ф. Поршневу. Согласно его представлениям, речь шла о реликтовой форме неандертальского человека, находящейся в состоянии экологического отталкивания с человеком мыслящим современным [22]. Эта позиция до недавнего времени являлась основной в отечественной науке [23].

В зарубежной литературе более распространена другая точка зрения. Гигантская и малоизученная ископаемая обезьяна гигантопитек (*Gigantopithecus*) могла в глухих районах Земли дожить до наших дней и дать основу рассказам о диких людях [24]. Но эту позицию трудно считать серьезно аргументированной хотя бы потому, что сам гигантопитек является очень проблематичным ископаемым видом, описанным по ничтожным костным фрагментам. Китайский ученый Чжоу Госинь [25], основываясь на данных о диморфизме диких людей (наличие более крупной и более мелкой форм), предположил, что за рассказами стоят два вида, относящиеся к разным семействам. Первый — гигантопитек, второй — неизвестная крупная обезьяна, относящаяся к семейству *Cercopithecidae*.

Один из самых авторитетных эволюционистов XX в. Э. Майр рассматривал проблему второго вида человека в серии работ. В ранних трудах [26] он однозначно отвергал возможность сосуществования двух видов человека на основе закона Гаузе. В более поздних работах [27] этот закон трактовался им уже как частное правило с множеством исключений (интересно, что в русском переводе монографии Майра глава, где рассматривались собственно проблемы антропогенеза, была опущена).

Таким образом, в целом вопрос о возможности существования на Земле второго вида человека рассматривался многими авторитетными специалистами как вполне правомочный и научный. Однако что может стоять за сообщениями о втором виде, до сих пор не установлено. На сегодня правомочно говорить только о подходе к решению этого вопроса. Эти подходы мы и рассмотрим.

Свидетельские показания

Рассказы, не подкрепленные материальными свидетельствами, в биологии (в отличие от гуманитарных наук) мало котируются. Из-за этого большой объем материала выпадает из рассмотрения. Лишь в последние годы стали формироваться подходы к извлечению истины из свидетельств, даже если они нечетки и противоречивы. Часто с такими задачами сталкиваются криминалисты. Для их нужд математики разработали теорию свидетельских показаний [15, 28, 29]. До конца она не сформировалась, но определенные положения в ней уже стали общепринятыми и применяемыми в обработке информации. Точность человеческого глазомера, как и измерений, выполненных другими органами чувств, суть биологическая характеристика, подлежащая изменчивости. Допустим, речь идет об измерении группой свидетелей количественного параметра изучаемого объекта. Для оценки достоверности информации на оси абсцисс откладывается значение параметра, на оси ординат — функция распределения по совокупности свидетелей. Если свидетели честны и объективны, то график принимает стандартный вид распределения Гаусса:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

где μ — середина распределения, соответствующая истинному значению параметра, σ — среднее квадратичное отклонение, показывающее изменчивость точности глазомера. Если показания в целом остаются правдивыми, но есть субъективная заинтересованность в их завышении или занижении, распределение сохраняет вид гауссоиды, но приобретает асимметричный сдвиг. Если речь идет о согласованной лжи, распределение теряет вид гауссового и приближается к равномерному, или прямоугольному. В случае несогласованной, но заведомой лжи распределение приобретает ломаный характер и не может быть сведено ни к гауссовому, ни к прямоугольному. Величина среднего квадратичного отклонения зависит от квалификации и опыта свидетелей. Известно, что люди с развитым образным видением, например профессиональные художники, дают самые точные результаты как свидетели.

На основании этих соображений была проведена обработка материала свидетелей встреч со снежным человеком. Были исполь-

зованы результаты, полученные в ходе опроса свидетелей во время экспедиций, и данные «Информационных материалов комиссии АН СССР» [21]. Из нескольких тысяч сообщений были отброшены полученные из третьих рук; сообщения о детских формах; содержащие детали, вызывающие сомнение в правдивости показаний; не содержащие информации, пригодной для обработки.

Полный алгоритм обработки изложен в предыдущих публикациях [30]. Достоверными на этой стадии работы были рассмотрены 500 сообщений (хотя общий объем таковых в базах данных намного больше). Аппроксимация распределения по росту была проведена методом χ^2 . Распределение оказалось гауссовым с двумя вершинами (рис. 1).

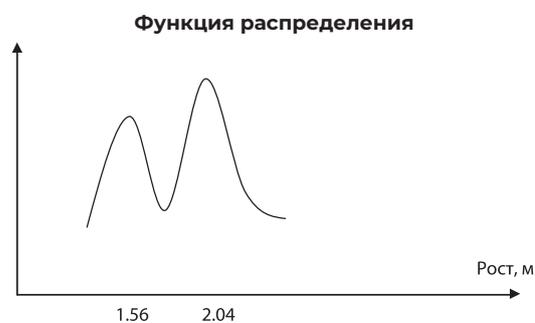


Рис. 1. Распределение наблюдаемых особей по росту на основе свидетельских показаний. По оси абсцисс — рост в метрах.

Координаты первой: середина — 1,56, среднее квадратичное отклонение — 0,15. Координаты второй: середина — 2,04, среднее квадратичное отклонение — 0,24. Общая характеристика распределения: середина — 1,91, среднее квадратичное отклонение — 0,30. Величины приведены в метрах. Для сравнения при том же объеме выборки были оценены по росту студенты Санкт-Петербургского университета. Среднее значение составило 1,66, среднее квадратичное отклонение оказалось намного меньше, учитывая, что рост оценивался не на глаз, — 0,057. Вершина была двойной с учетом полового диморфизма и с некоторым сдвигом влево, учитывая преобладание в вузе девушек. Повышенная изменчивость роста человека пещерного по сравнению с разумным обусловлена тем, что здесь анализируются два компонента изменчивости: по росту объекта и по точности глазомера свидетелей. Наличие двух пиков (малый выражен слабее) скорее всего, касается не половых различий, а наличия двух рас. Об этом свидетельствуют и мате-

риалы «Комиссии Академии наук...» [21]. Половой диморфизм, разумеется, присутствует, но не выявляется при данном исследовании.

Возможность сознательной или бессознательной фальсификации с целью привлечения внимания к проблеме или к себе лично не исключена. Мотивы могут быть разными. Человек образованный должен исходить из других соображений, чем необразованный. Образованный должен неминуемо подлаживать показания под литературные данные. Необразованный человек в своих фантазиях будет опираться на ненаучные источники. Что касается измышлений психически больных субъектов или лиц, находящихся в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, то этот материал не следует специально рассматривать. Любое нарушение работы мозга упрощает миропонимание, не привносит в него новой информации. Такого сорта галлюцинации хорошо изучены наркологами и психиатрами и не содержат значимой информации.

Предположение состояло в следующем. Если свидетельства недостоверны, то на них должен повлиять уровень квалификации свидетеля. Для проверки свидетели были разбиты на 2 группы: имеющие и не имеющие высшего образования. Если образовательный уровень не был известен — материал не рассматривался. Средние величины, изменчивость и закон распределения анализировали отдельно в каждой из групп. Распределение в обоих случаях выявило бимодальность. Средние значения по обеим совокупностям приведены в табл. 1.

Как видно, достоверных различий в показаниях нет. Наиболее вероятный вывод состоит в том, что субъективизм в свидетельских показаниях невелик и в основе их лежит нечто объективно существующее.

В случаях, когда имелись сообщения о первичных и вторичных половых признаках, доля

Таблица 1. Зависимость показаний о росте троглодита от образовательного уровня свидетелей

Table 1. Dependence of testimony about the troglodyte height on the educational level of witnesses

Характеристика / свидетели	С высшим образованием	С начальным образованием
Рост, см	200	195
Среднее квадратичное отклонение	23	25

самцов составляла $56 \pm 2,5$ %. Это близко к естественному соотношению 1:1. Некоторое преобладание самцов может иметь два объяснения:

1. Большая миграционная активность мужских особей, влекущая большую вероятность встреч с ними.
2. Некоторое повышение доли самцов имеет место в изолятах и малочисленных популяциях многих животных [31].

Теперь разберем данные об окраске на основе свидетельских показаний. Приводятся сведения о цветах шерсти (в скобках приведены частоты в процентах). Коричневый (0,62), серый и белый, но не альбинос (0,24), желтовато-коричневый с разными оттенками (0,09) и черный (0,05). Имеется несколько сообщений о формах с сединой, существование которых говорит об естественных возрастных изменениях. Есть свидетельства о формах с белыми пятнами, которые можно трактовать как соматические мутации, частота которых повышена в малых популяциях [6]. В целом частота видимых соматических мутаций составляет около 1 %, что для млекопитающих реально [32]. Показатель разнообразия по окраске:

$$M = (\sum \sqrt{p_i})^2,$$

где p — частота, составляет $3,2 \pm 0,04$ %. Это реально для млекопитающих, хотя анализ данных по другим животным [30], как правило, дает несколько меньшие значения. Причины высокого разнообразия человека пещерного могут крыться в инбредной депрессии. У вымирающих видов, разбитых на мелкие популяции, изменчивость повышается. Надо также учитывать, что совокупность свидетельских показаний имеет дело с особями из нескольких разных популяций, не связанных генетически между собой.

Генетика окрасок млекопитающих была хорошо разработана еще в прошлом веке [32]. Ее основные положения позволяют сделать вывод, что такой набор окрасок у вида млекопитающих реален.

Подытоживая этот раздел, можно сделать следующие выводы.

1. Свидетельства о пещерном человеке внутренне непротиворечивы, и методы теории свидетельских показаний не выявляют явной фальсификации.

2. Свидетельства соответствуют представлениям популяционной генетики и экологии млекопитающих, в частности приматов.

Следы

Хотя следы являются косвенным свидетельством существования животного, тем не менее они традиционно используются в учете животных. Окаменевшие следы ископаемых животных со времен Ж. Кювье используются для восстановления облика обитателей былых биосфер. Следы человека пещерного традиционно рассматривались как признаки его обитания в данном районе. Наиболее полную сводку по этому материалу представил в конце прошлого века А. Козлов [33]. В основу работ был положен анализ полученных автором отпечатков следов во время полевых сезонов, опросных данных и фотографий следов. Всего были проанализированы следы 55 особей из разных мест обитания. Впоследствии эти данные были существенно дополнены исследованием следов американскими специалистами [34]. По мнению этих авторов, типичный след характеризуется следующими признаками: расширенная передняя часть; близкие по размеру пальцы, расположенные основаниями на одной прямой; плоскостопие.

Выводы, которые делают авторы, таковы.

1. Проанализированный материал достаточно убедительно свидетельствует в пользу реальности гоминоидов как биологических объектов, относящихся к приматам.

2. Этот объект нельзя отождествлять с неандертальцем.



Рис. 2. Отпечаток следа, зафиксированный на Тянь-Шане (район Аксу-Джабаглы)

Fig. 2. Footprint identified in the Tien Shan area (Aksu-Dzhabagly)

На рис. 2 приведена фотография отпечатка следа, полученного автором данного сообщения на Тянь-Шане (район Аксу-Джабаглы). Заключение по данному отпечатку таково.

1. Крупные размеры (длина 34 см).
2. Большая ширина в средней части (плоскостопие).
3. Значительное расстояние между большим и указательным пальцем.
4. Большой угол между продольной осью и линией, соединяющей конец большого пальца с концом мизинца (57°).
5. Значительная вдавленность в песчаный грунт (более 1 см).

Указанные особенности могут иметь следующие объяснения.

1. Большие размеры следа и длина шага в 110 см соответствуют человеку ростом 2,2–2,3 м. Среди вида Человек разумный такие особи встречаются крайне редко. Речь идет о более крупном виде.

2. Большие размеры следа средней части могут свидетельствовать о плоскостопии, что соответствует приведенным выше литературным данным. При больших размерах следа и соответствующей ей массе (около 200 кг) особь должна иметь морфологию, обеспечивающую амортизацию при движении с почти плоской стопой. Реальный путь решения такой биомеханической задачи — использование значительного изгиба позвоночника. Отсюда ясно, что существу должна быть характерна сутулая осанка при ходьбе, что и подтверждается свидетельствами и фото- и кино-материалами.

3. Большое расстояние между большим и указательным пальцем — признак, роднящий существо с обезьянами. Можно предположить, что объект носит признаки как человека, так и крупных обезьян.

4. Большой угол между осью стопы и линией, соединяющей большой палец и мизинец, говорит о том, что дистальные пальцы имеют большое значение при ходьбе (для отталкивания от субстрата). Это может иметь место у человекоподобного существа боль-

шой массы, постояннодвигающегося по пересеченной местности.

5. Глубина следа свидетельствует о массе существа, превышающей 200 кг.

Анализ цепочек следов показывает, что ноги идут почти по одной линии (отклонение центра стоп от осевой линии не более 2–3 см, как у манекенщицы на подиуме). Такой характер движения можно считать рациональным, ибо при нем снижается интенсивность колебаний центра тяжести существа. Этим обусловлены легенды об «одноногом», которые формировали люди, видевшие не совсем обычные цепочки следов, но не видевшие сам объект. В случаях, когда следы фиксировались на снегу, видно, что в передней части имеется выброс снега, из чего следует, что носок отрывается от грунта раньше, чем пятка. В целом особенности следов соответствуют законам биомеханики. Поэтому рассматривать их как поддельные нельзя: такая подделка потребовала бы слишком большой квалификации. Можно добавить, что на некоторых отпечатках с глинистой почвы имеется папиллярный узор и следы потовых желез, что практически не подлежит подделке [34]. На некоторых следах имеются генетические аномалии. Так, след, снятый на грунте в Окуловском районе Новгородской области (рис. 3), имеет шестой палец, что соответствует генетической доминантной мутации «полидактилия», описанной у человека и обезьян. В человеческой популяции этот признак встречается 1/180 000. Но в малых инбредных популяциях частоты аномальных форм должны быть повышены [5].



Рис. 3. Отпечаток шестипалого следа. Окуловский район Новгородской области

Fig. 3. Six-toed footprint. Okulovsky district, Novgorod Oblast

Таким образом, все, что известно относительно следов, вписывается в современные представления генетики, морфологии и биомеханики приматов. При заведомой фальсификации такого соответствия быть не может.

Фото-, кино- и видеоматериалы

Объект неоднократно удавалось зафиксировать на фото-, кино- и видеопленку. Но качество фиксации в подавляющем большинстве случаев было низко. Фотографии в основном сделаны с большого расстояния и не позволяют оценить реальность объекта. К тому же в последние годы усовершенствовались методы компьютерной графики, что расширяет возможности фальсификации. Достоверной можно считать только одну киноленту, снятую в Калифорнии 20 октября 1967 г. (то есть в то время, когда компьютерной графики не существовало) [5, 6]. Напомним вкратце ее историю. Фильм был снят исследователем Роджером Паттерсоном в долине Блуф Крик, горный район Северной Калифорнии. В течение полутора минут фиксировалось крупное человекоподобное волосатое существо с признаками женского пола. Анализ киноленты, проведенный в Голливуде, в Университете Британской Колумбии, в Институте физической культуры (Москва) показал, что вероятность подделки мала. На киноленте изображено существо ростом около 2 м, массой 200–300 кг, характер движения которого отличается от человеческого. В частности, наблюдается «плывущая походка», при которой центр тяжести совершает минимальные колебания перпендикулярно оси движения [6]. Это соответствует данным по следам, рассмотренным ранее.

Дополнительная проверка была осуществлена автором на базе лаборатории обработки изображения Государственного оптического института им. С.И. Вавилова. Работа осуществлялась на системе обработки изображения IBAS-2000, программа enhance. В память машины были переведены наиболее наглядные кадры фильма. Обработка осуществлялась в 4 этапа.

1-й шаг. Ввод кадра с дискретизацией 512 × 512, т. е. поле дисплея разбивалось на 254 144 квадратика. Каждый квадратик градуировался по сигналу на 256 уровней.

2-й шаг. Увеличение фрагмента изображения. Объект выводился в середину дисплея, увеличивался. Фон при этом устранился.

3-й шаг. Медианная фильтрация. Смысл операции состоял в сглаживании границ квадратов с целью устранения мозаичности изображения.

4-й шаг. Подчеркивание перепадов яркости и построение изофот — линий, соединяющих участки с равной яркостью.

В результате удалось выявить перепады освещенности на объекте, которые до этого были не видны. Яркость участков тела определяется следующими факторами: расположением Солнца относительно объекта, окраской шерсти, рельефом тела.

Расположение Солнца легко удалось установить по направлению теней. Окраска всего тела, судя по предварительному анализу пленки, была равномерной за исключением лица объекта (более светлого, очевидно, из-за отсутствия шерсти). Таким образом, изофоты в основном отражали истинный рельеф тела. Анализ изофотной структуры изображения велся в сравнении с анатомией человека и высших обезьян. Использовались классические материалы Анатомического атласа человеческого тела [36] и работа Э. Фридмана [36].

Перечислю основные элементы рельефа фигуры, неизвестные ранее, которые удалось выявить при новом способе обработки изображения. Для иллюстрации приведен один из кадров до и после обработки (рис. 4а, б).

На одном из кадров резко выделяется бедро, особо заметно место, где должна находиться двуглавая мышца бедра *Biceps femoris*. В районе плеча выделяется дельтовидная мышца *Deltoides*. Нога постоянно полусогнута, на ней выделяется двуглавая мышца *Biceps femoris* и икроножная *Gastrocnemius*. Бросается в глаза деталь — сильно выдающаяся назад ягодичная мышца *Gluteus maximus*.

Последняя особенность характерна для самок обезьян в период повышенной активности половых гормонов. Интересно, что этот показатель высокой половой рецептивности совпадает с другим: размер молочных



Рис. 4а. Кадр фильма Паттерсона до обработки
Fig. 4a. Frame of Patterson's movie before processing



Рис. 4б. Кадр фильма Паттерсона после обработки
Fig. 4b. Frame of Patterson's movie after processing

желез больше, чем обыкновенно у обезьян. В целом рельеф мышц у существа сильно выражен, что заметно даже под густой шерстью. Схема расположения мышц и других органов соответствует таковой у высокоорганизованных приматов и отражает реальные особенности физиологии.

Несколько замечаний по характеру движения существа. Ноги никогда полностью не распрямляются. Кисти рук имеют большой изгиб внутрь — признак, свойственный человекообразным обезьянам. Размах рук при ходьбе большой. Это роднит существо с человеком мыслящим и отличает от обезьян (речь идет о редких случаях хождения на задних конечностях). На одном из кадров удалось зафиксировать деталь, не замеченную ранее, — размазанную кисть руки. Учитывая общий рост существа (около 2 м), можно рассчитать, что размазаный участок составляет в длину 15–20 см. Именно такое расстояние кисть прошла за время одного кадра (объектив открывался на время кадра 1/32 секунды). Таким образом, скорость движения рук составляла 4,8–6,4 м/сек. У человека среднего роста, идущего со скоростью 6 км/час, кисть руки достигает скорости 2,5 м/сек. Очевидно, существо, изображенное на кинолентке, двигалось со скоростью около 10 км/час и при этом размахивало руками. В целом же скорость движения всего объекта и частей тела с точки зрения биомеханики кажется разумной.

В строении существа можно выделить как человеческие, так и обезьяньи черты. Основные из них систематизированы в табл. 2.

Сочетание в организме черт человека и обезьяны подтверждает предположение о своеобразном систематическом положении существа в семействе гоминид.

Таблица 2. Обезьяньи и человеческие черты существа на пленке 1967 г.

Table 2. Monkey and human features of the creature in the 1967 film

Обезьяньи	Человеческие
Полусогнутые ноги	Прямохождение
Согнутые кисти рук	Большой размер молочных желез
Большой объем и глубокий рельеф мышц	Размахивание руками при движении
Выраженные ягодицы	Относительно длинные ноги

Приведенные выше факты и обстоятельства подтверждают, что фильм не является подделкой. Напомню, что фильм был снят в 1967 г., когда еще не было тех способов анализа изображения, которые применялись при изучении пленки. Подделывать в то время биологические детали, разумные с точки зрения анатомии, физиологии и биомеханики, но не обнаружимые методами того времени, никто бы не стал.

Части тела человека пещерного

Сообщения о нахождении трупов троглодита многочисленны [6, 21 и др.]. Однако из-за отсутствия координации усилий по изучению объекта в большинстве случаев они пропадали тем или иным образом до того, как ими начинали интересоваться квалифицированные специалисты. Реально имеется лишь несколько хорошо изученных фрагментов тела. В Дарвиновском музее (Москва) хранится череп, который, согласно сообщению жителей села Тхина Абхазии, принадлежит гибриду первого поколения между человеком пещерным и человеком мыслящим [37]. Череп был эксгумирован в 1971 г. Краниометрическое изучение проведено М.А. Колодиевой. Для сравнения использовались мужские черепа современной абхазской серии из коллекции Института антропологии МГУ. Выводы были таковы.

1. Череп характеризуется значительным повышением абсолютных размеров при небольших отклонениях в пропорциях по сравнению со средним абхазским типом.
2. Значительно увеличен лицевой отдел черепа по сравнению со средним абхазским типом.
3. Наблюдается своеобразное сочетание современных и архаичных признаков.
4. Сильно увеличен надглазничный рельеф.

М.А. Колодиева заключила, что череп обнаруживает большое своеобразие, дисгармоничность и разбалансированность признаков, крупные размеры лицевого скелета. Окончательного заключения о природе черепа сделано не было.

Автором настоящей сводки была проведена математическая обработка данных краниометрического описания черепа. Основой

для обработки служило представление о виде как совокупности пределов морфологической изменчивости. Пределы эти оцениваются с помощью опубликованного алгоритма [38]. Даже поверхностный анализ показывает, что по росту, весу, степени оволосения человек пещерный выходит далеко за пределы, свойственные человеку мыслящему. Предельный рост его представителей с гормональными нарушениями составляет около 2,5 м, тогда как свидетели (см. выше) сообщают о трехметровом росте человека пещерного. Представители разных видов, как правило, не скрещиваются (хотя исключения из этого правила есть). Свидетельства о половых контактах дикой женщины, матери обладателя изучаемого черепа (по преданию, ее звали Зана), с мужчинами-абхазами вызывают некоторые сомнения, хотя исключить такую возможность нельзя.

При изучении черепа следовало исходить из того, что признаки, наследуемые полигенно, при гибридизации в первом поколении могут иметь промежуточный характер между значениями обоих родителей. Моно- и олигогенные признаки у гибридов по степени выраженности могут соответствовать признаку одного из родителей. Поэтому, если бы удалось найти хоть один краниометрический признак, выходящий за пределы изменчивости вида Человек мыслящий, наверняка можно было бы сказать, что Зана была представителем другого вида.

Было проведено сравнение черепа с абхазской серией, объем выборки — 29 штук. Предполагалось, что количественные признаки, измеренные у серии, распределены по закону, близкому к нормальному. В результате обработки краниометрических параметров были сделаны заключения:

- по многим параметрам есть достоверные различия (выявлены критерием Стьюдента) между изучаемым черепом и среднестатистическим абхазским черепом;
- в строении черепа нет ни одного параметра, который бы выходил за пределы изменчивости, возможные для абхазов и тем более для вида Человек мыслящий.

Наиболее реальное объяснение полученных данных и сущности женщины Заны следующее. Она была представительницей нашего вида с комплексом аномалий: умственная

отсталость (олигофрения), крупные размеры, большая физическая сила и повышенное оволосение. Сочетание этих признаков могло развиваться на почве гормональных отклонений в организме. На репродуктивную функцию эти аномалии не повлияли. К этому следует добавить, что при изучении черепа [37] были выявлены признаки негроидной или эфиопской расы. Дело в том, что небольшое количество потомков эфиопского племени, пришедшего в XVIII веке в эти места, проживает на Кавказе поныне. Возможно, при формировании межрасового гибрида имел место случай гибридного дисгенезиса и появление аномальной девочки.

Можно также добавить, что автор статьи лично общался с потомками Заны (4-е поколение). Никаких внешних аномалий и отклонений по антропологическим показателям от обычных представителей европеоидов у этих людей не обнаруживалось.

Попутно можно заметить, что часть легенд о снежных людях, очевидно, отражает наблюдения патологических форм человека мыслящего с повышенным оволосением. Их существование документально зарегистрировано и вытекает из закона гомологических рядов Н.И. Вавилова. На основании этого же закона можно предполагать наличие у человека пещерного редких безволосых форм, которые в условиях дикой природы должны быстро погибать.

В литературе имеются сведения о нескольких скальпах снежного человека [21]. Мнение экспертов по ним неоднозначно, поэтому специально на этом материале не останавливаюсь. Достоверным материалом можно считать кисть руки из монастыря Пангбоче (Непал) [22]. Изучение проводили проф. Г. Агоино и проф. Ч. Леон (США). Рентгеноскопический, иммунологический и другие методы показали, что кисть имеет возраст около 300 лет и, бесспорно, принадлежит крупному человекоподобному примату, однако не может быть отождествлена ни с одной известной большой обезьяной.

23 мая 1959 г. в Китае в провинции Жуджиянг в предгорьях было убито существо, которые местные жители называли человек-медведь. Кисти и стопы рук удалось сохранить. В начале 80-х годов они были доставлены в Пекинский музей натуральной истории, где были досконально изучены.

Профессор Чжоу Госинь [25], возглавлявший эту работу, применил все имевшиеся в его распоряжении научные методы и пришел к следующим выводам. Части тела относятся к неизвестному виду примата, обладавшего крупными размерами, но меньше человека разумного. Чжоу Госинь считает, что речь идет о неизвестной обезьяне, приспособленной к условиям высокогорья и принадлежащей к семейству мартышкообразных — *Cercopithecidae*. Ученый полагает, что сообщения о «человеке-медведе», диком человеке и т. д. не сводятся к этому виду. Очевидно, за ними скрыт и второй малоизученный вид, скорее всего, относящийся к роду гигантопитек. Самый существенный вывод из работ китайского ученого состоит в том, что существование неизвестных и малоизвестных науке приматов в горах Центральной Азии бесспорно.

За последние десятилетия в руки исследователей (включая автора данной статьи) неоднократно попадали волосы, возможно, относящиеся к рассматриваемому объекту. Места сбора — Ленинградская область, Урал, Горная Шория. Предварительное изучение проводилось электронными сканирующими микроскопами при увеличении до 3100 (рис. 5). Волосы напоминают человеческие, но имеют более грубую структуру.

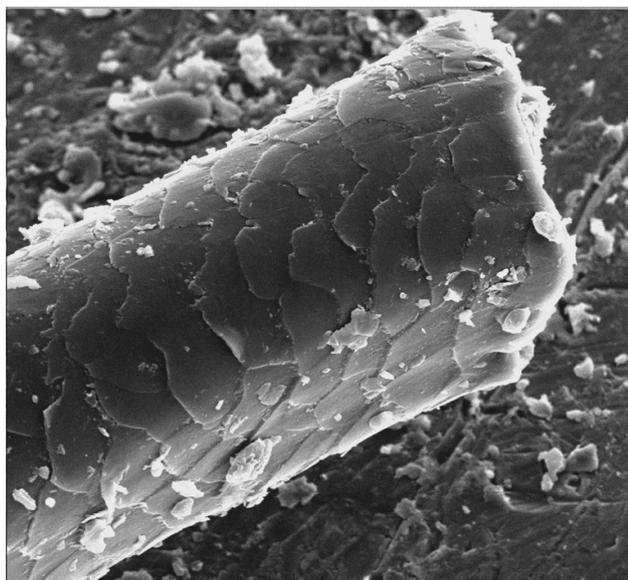


Рис. 5. Волос, предположительно принадлежащий человеку пещерному, под сканирующим электронным микроскопом, увеличение 3100. Сбор в Горной Шории, 2011 г.

Fig. 5. A hair, presumably belonging to a caveman, under a scanning electron microscope, magn. x 3100. Collected in Gornaya Shoria, 2011.

Покрывающие волосы чешуйки сцепляют их, образуя сплошной волосяной покров. Волосы не принадлежат известным биологическим видам средних широт. Более серьезные выводы можно сделать на основании биохимического и молекулярно-генетического анализа.

Убедительными можно считать проведенные в конце прошлого века биохимические исследования Г.В. Синельниковой [39]. Объем материала составил 20 образцов шерсти, предположительно относящихся к человеку пещерному из коллекции Московского общества криптозоологов при Дарвиновском музее. Для сравнения были взяты 127 образцов шерсти 24 видов обезьян и 30 образцов волос человека разумного разной этнической принадлежности. Основа исследования — изучение кератинов волос при помощи изоэлектрического фокусирования в полиакриламидном геле. Изучение волос, предположительно относящихся к виду «человек пещерный» с гор Кавказа и Средней Азии, дали следующие результаты. Общая интенсивность условных фракций и четкость рисунка на всем протяжении фореграмм позволяют считать эти волосы волосами приматов. Ближе всего электрофоретические картины образцов к фореграммам высших приматов, но от человекообразных обезьян их отличает сложный рисунок в области 14-й фракции. В то же время ряд признаков (повышенная интенсивность 5-й условной фракции, иное значение изоэлектрической точки, аномалии рисунка в области 12, 13, 14-й фракции) не позволяют отнести эти образцы к человеческим. На основании этого Г. Синельникова делает осторожный вывод: «Есть основания полагать, что в горах Средней Азии обитает примат, таксономически близкий к человеку и человекообразным обезьянам».

Одним из наиболее корректных методов оценки систематического положения вида считается метод ДНК-гибридизации. Однако трактовка его результатов тоже не всегда однозначна. В отношении ядерной ДНК различия между человеком мыслящим и шимпанзе составляет около 1 %. Формально они могут быть объединены на основании этих данных в один вид, хотя относятся к разным семействам и имеют огромные морфологические различия. В отношении образцов шерсти человека пещерного ситуация

осложняется тем, что на них в большинстве случаев отсутствовала волосяная сумка, без которой выделить ДНК затруднительно, хотя и возможно. Предварительные анализы, проведенные в нескольких лабораториях, позволяют предположить, что ДНК этого объекта отличается от таковой человека разумного менее чем на 1 % и отличия находятся в пределах ошибки эксперимента. Достоверность этих результатов ниже принятой в науке доверительной вероятности в 95 %, поскольку нельзя исключить загрязнение проб клетками самих исследователей. Наиболее полноценные исследования ДНК, предположительно, снежного человека провела исследовательница из США Мельба Кетчум, которые, однако, пока представлены лишь в популярной литературе и интернете [40]. Исследовав несколько десятков проб, ученая пришла к выводу, что митохондриальные ДНК человека и троглодита совпадают. А вот ядерная ДНК человека пещерного состоит из двух частей. Одна принадлежит человеку разумному, другая — неизвестному, но близкому к человеку виду примата, который 150 000 лет назад осуществил гибридизацию с нашими прямыми предками. Трактовка этих предварительных данных на сегодня неоднозначна.

Возможный подход к решению проблемы

Как мы убедились, на сегодня наукой накоплено достаточно материала для признания реальности еще одного вида крупного примата. Во всяком случае, отсутствие этого вида тоже потребует объяснений. При этом необходимо будет объяснить, откуда берется бесчисленное множество свидетельств, материальных находок, связанных с этим существом. Вместе с тем фантастическая неуловимость объекта, отсутствие живых особей, чучел, скелетов в известных собраниях тоже требуют непротиворечивых объяснений. И видимо, здесь необходимо подключить аппарат не только зоологии и полевой экологии, но и других наук, таких как философия, теоретическая физика и другие.

Классическая философия учит, что есть три формы организации материи и, соответственно, три формы движения — неживая, биологическая и социальная [41, 42]. Живое возникает на определенной стадии

развития неживого и имеет высшим уровнем организации биосферу. Социальная организация возникла, по эволюционным меркам, сравнительно недавно в пределах популяций высокоорганизованных приматов рода Человек. Был ли этот ход развития природы безальтернативным? Могла ли реализоваться в ходе биологической эволюции еще одна форма организации материи? Выдающийся ленинградский ученый Н.А. Козырев (1908–1983) посвятил свою жизнь изучению феномена времени и попытке систематизировать знания об этом феномене как физической субстанции. Суть его идей сводится к следующему [43]. Традиционная физика признает существование нескольких полей. Это поля (или одно поле) микромира, т. е. ядерных взаимодействий. Это два поля макромира — электромагнитное и гравитационное. Козырев в своих теоретических выкладках и экспериментах нащупал третье поле — поле времени. Через него может мгновенно и точно передаваться информация в пространстве. Может передаваться информация и во времени — из прошлого или будущего, однако в размытом виде. Чем менее энергетически значимым является событие, чем дальше оно отдалено во времени, тем менее точной становится передаваемая информация. В одной из своих последних работ [43] он писал: «...свойства времени должны иметь особенное значение в биологических процессах... Его течение и свойства связывают весь мир в единое целое и могут осуществлять воздействие друг на друга явлений, между которыми нет прямых материальных связей, что может объяснить факты взаимодействия биологических объектов, находящихся на удалении и изолированных друг от друга».

На уровне науки XXI века можно предположить, что живые системы взаимодействуют с полем времени, приобретая свойства ясновидения, телепатии и способности предсказывать будущее [43, 44]. У людей эта способность выражена слабо. У животных — сильнее. У снежного человека — особенно сильно, что выводит его на качественно новый уровень организации материи, который я предлагаю называть психифизическим.

Как учит философия, новое не отвергает старое, а дополняет. Приобретая социальные

черты, человек не утеряти биологические. Точно так же живые системы не утеряти свойств неживой природы, не перестали подчиняться законам физики. Выход на новый уровень расширяет возможности выживания и приспособления.

Заключение

История науки знала случаи, когда поиски даже несуществующего объекта приводили к позитивным результатам. Так, алхимики много столетий искали философский камень. Не нашли. Однако создали химию, методы и оборудование для лабораторных экспериментов, привели науку к закону сохранения вещества. Есть и поныне в природе и в большинстве наук возможные, но недоказанные объекты. Математики много лет искали доказательство теоремы Ферма. Не нашли. Зато попутно решили множество нужных и решаемых задач, создали целые разделы фундаментальной и прикладной математики. В астрономии есть такое понятие, выведенное на кончике пера, как «черные дыры». Их реальное существование было почти доказано еще несколько десятилетий назад. Но это «почти» сохраняет актуальность доныне и заставляет астрономов вновь и вновь обращать взоры к небесам и делать новые открытия. В истории и археологии функцию стимула поисков выполняет миф об Атлантиде. По-видимому, в каждой науке должен быть свой снежный человек, стимулирующий непрерывный научный поиск. Но дело в том, что снежный человек как биологический объект, скорее всего, существует на самом деле. Вопрос не в том, есть он или нет. Вопрос в том, какова его сущность. Изучая эту сущность, мы приближаемся к пониманию самих себя и фундаментальных законов мироздания.

Что этот объект природы может дать нам практически? Снежный человек, как мы выяснили, совершенная биологическая конструкция. Изучение механизма его движения уже приносит пользу для биомеханики, для разработки рекомендаций спортсменам, как им лучше двигаться в горах и на открытой местности. Изучение его экстрасенсорных свойств может помочь в создании теории этих способностей. Практические направления, которое уже начинает внедряться в жизнь, — разработка методов

поисков потерянных людей, обучение слепых инвалидов ориентироваться в пространстве.

Снежный человек — наш экологический антипод. Соответственно, его присутствие может использоваться в биологической индикации как критерий восстановления естественной природной среды. Наиболее интересна способность снежного человека к проскопии — предсказанию будущего. В какой-то степени эта способность есть у нас. В более сильной мере она присутствует у животных. Вспомним их способность предсказывать катастрофы природного и антропогенного генезиса, заблаговременно покидать опасные территории. У снежного человека это свойство выражено максимально. Причем, скорее всего, эта способность осуществляется через подключение к хроно-информационному полю. Изучение этого поля — путь к предсказанию катастроф и стихийных бедствий, а в более отдаленной перспективе — подключение к новому источнику энергии. И здесь огромную помощь могут оказать исследования проблематичного и не до конца понятого объекта. Даже косвенные данные, полученные при его изучении, могут стимулировать поиск решений многих теоретических и прикладных задач.

Вопрос о реальности человекоподобного примата, обитающего на Крайнем Севере и в других местах планеты, до сих пор не решен. Однако возможность существования этого вида не противоречит современной науке, данным эволюционной теории, генетики, экологии. Крайний Север и приполярные области могут быть перспективными для изучения данного объекта, получения о нем прямых и косвенных свидетельств. Удобство Севера определяется близостью к научным центрам России; большим опытом работы на Севере, накопленным российскими полярниками и исследователями; наличием больших открытых пространств, которые могут сканироваться исследователями непосредственно и с помощью летательных аппаратов, где мало возможностей скрытного существования крупных животных; большим периодом белых ночей, дающим дополнительные возможности круглосуточных наблюдений.

Литература

1. Locke D.P., Hillier L.W., Warren W.C., Worley K.C., Nazareth L.V., Muzny D.M., et. al. Comparative and demographic analysis of orang-uthan genome. *Nature*. 2011;469:529–533. <https://doi.org/10.1038/nature09687>
2. Вонг К. Новый взгляд на хоббитов Индонезии. В мире науки. 2010;(1):24–33.
3. Сапунов В.Б. Человек флоресский и проблема соотношения монизма и дуализма в антропогенезе. В: Дни Петербургской философии-2009. Межд. конф. «Человек познающий, человек созидающий, человек верующий». Секция «Реалистическая антропология о духе, душе и теле». СПб. — Пушкин; 2009, с. 74–76.
4. Чайкин, В. Ужас Ямала! Пропал, охотясь за йети! Владимир Пушкарёв [интернет]. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=yW-FAoihCMI&t=8s>
5. Сапунов В.Б. Тайны снежного человека. Между человеком и зверем. Москва: АСТ — ОСТ; 2007.
6. Sapunow W. Miedzy czlowiekiem a zwierzeciem. Wroclaw: KOS; 2008.
7. Конюхов Ф. Мои путешествия. Москва: Манн — Иванов — Фербер; 2015.
8. Фарли Моуэт. Вперед, мой брат, вперед. Москва: Известия; 1983.
9. Groves C. Walking with hobbits. *Australia science*. 2008;29(2):16–22.
10. Moorwood M.J., Sutikna T., Saptomo E.W., Jatmiko, Hobbs D.R., Westanay H.E., Preface: researches at Liang Bua, Flores, Indonesia. *J. Human Evolution*. 2009;57(5):437–449. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2009.07.003>
11. Агаджанян А.К., Шуньков М.В., Палеолитический человек Денисовой пещеры и зоогеография плейстоценовых млекопитающих северо-западного Алтая. Палеонтологический журнал. 2018;(1):61–85. <https://doi.org/10.7868/soo31031x18010129>
12. Krause J., Fu Q., Good J.M., Viola B., Shunkov M.V., Derevianko A.P., Pääbo S. The complete DNA genome of an unknown hominid from southern Siberia. *Nature*. 2010;464:894–897. <https://doi.org/10.1038/nature08976>
13. May R. Biological diversity: How many species are there? *Nature*. 1986;324(6097):514–515. <https://doi.org/10.1038/324514a0>
14. Сапунов В.Б., Количественный подход к оценке репрезентативности палеонтологической летописи. Изв. АН СССР, сер. Биологическая. 1990;(3):420–426.
15. Сапунов В.Б. Гоминоид: критерий истинности. Терминатор. 1992;(2-3):76–79.
16. Сапунов В.Б. Экологический депозитарий как основа устойчивости биосферы. Общество, среда, развитие. 2010;(1):153–158.
17. International Commission on Zoological Nomenclature. International code of zoological nomenclature, adopted by the xx General Assembly of the International Union of Biological Sciences. London: International Trust for Zoological Nomenclature, in association with British Museum (Natural History), University of California Press; 1985.
18. Эвельманс Б. Следы невиданных зверей. Москва: Вокруг света; 1994.
19. Heuvelmans B. The sources and methods of cryptozoological researches. *Cryptozoology*. 1988;7:1–24.
20. Фрезер Д. Золотая ветвь. Москва: Политиздат; 1986.
21. АН СССР. Информационные материалы комиссии по изучению вопроса о «снежном человеке». Вып. 1–4. Москва; 1958–1959.
22. Поршнева Б.Ф. О начале человеческой истории. Москва: ФЭРИ-В; 2006.
23. Реймерс Н.Ф. Популярный биологический словарь. Москва: Наука; 1991.
24. Джохансон Д., Иди И. Люси: истоки рода человеческого. Москва: Мир; 1984.
25. Zhou Guosing. Morphological analysis of the Julong mountain “manbear” (Wildman) hand and foot specimens. *Cryptozoology*. 1984;3:58–65.
26. Mayr E. Taxonomic categories in fossil hominids. Cold spring Harbor symp quant boil. 1950;15:109–118. <https://doi.org/10.1101/sqb.1950.015.01.013>
27. Майр Э. Популяции, виды и эволюция. Москва: Мир; 1974.
28. Россинский Б.В. Повышение достоверности показаний очевидцев ДТП на основе использования статистических методов. Москва: МВД СССР; 1984.
29. Хлынцов М.Н. Криминалистическая информация и моделирование при расследовании преступлений. Саратов: МВД; 1982.
30. Sapunov V.B. A mathematical analysis of “Snowman” (Wildman) eyewitness reports. *Cryptozoology*. 1988;7:61–65.

31. Геодакян В.А. Эволюционная логика дифференциации полов и долголетие. Природа. 1983;(4):295–314.
32. Животовский Л.А. Показатель внутривидового разнообразия. Журн. Общ. Биол. 1980;41(6):828–836.
33. Козлов А.И. Анализ данных по морфологии реликтовых гоминоидов. Деп. ВИНТИ. — №4802-80. Пермь; 1980.
34. Meldrum D.J. Ichnotaxonomy of giant hominoid tracks in North America. In: Lucas S.G., Spielman J.A., Lockley M.G., editors. Cenozoic vertebrate tracks and traces. New Mexico Museum of natural history bulletin; 2007, pp. 225–231.
35. Анатомический атлас человеческого тела. Т. 1. Москва: Медицина; 1962.
36. Фридман Э.П. Приматы. Москва: Наука; 1979.
37. Бурцев И.Д., Колодиева М.А. Результаты предварительного исследования черепа из с. Тхина Абхазской АССР. Доклады МОИП. Общая биология. Москва: Наука; 1985, с. 21–23.
38. Сапунов В.Б. Количественная оценка пределов внутривидовой изменчивости. Журн. общ. Биол. 1986; 46:790–798.
39. Синельникова Г.В. Снежный человек, похоже, существует. Химия и жизнь. 1992;(5):36–40.
40. Valentin Sapunov. Reports about the conference // Catching up with Bigfoot. Kuzbass (Siberia) and beyond, Moscow — Kemerovo, Cryptologos, 2013, p. 154 — 170.
41. Sapunov V.B. Ecological twin species and some obscure questions of hominidae evolution. Human evolution. 1995;10(10):193–198. <https://doi.org/10.1007/bf02438971>
42. Sapunov V.B. Does 4th form of matter organization exist? The track records. 2005;(156):13–14.
43. Козырев Н.А. Избранные труды. Ленинград: Изд-во Ленинградского университета; 1991.
44. Мотодзи Икея. Землетрясения и животные. От народных примет к науке. Москва: Научный мир; 2008.

References

1. Locke D.P., Hillier L.W., Warren W.C., Worley K.C., Nazareth L.V., Muzny D.M., et. al. Comparative and demographic analysis of orang-utan genome. Nature. 2011;469:529–533. <https://doi.org/10.1038/nature09687>
2. Vong K. New look on Indonesia hobbits. Scientific American. 2010;(1):24–33. (In Russ.).
3. Sapunov V.B., Man of Flores and the problem of the relationship between monism and dualism in anthropogenesis. In: Days of St. Petersburg Philosophy-2009. Int. Conf. “A man who knows, a man who creates, a man who believes.” Section “Realistic anthropology about spirit, soul and body.” St. Petersburg — Pushkin; 2009, p. 74–76. (In Russ.).
4. Chaikin, V. <https://www.youtube.com/watch?v=yW-FAoihCMI&t=8s>. (In Russ.).
5. Sapunov V.B. Enigma of wilman. Moscow: AST — OST Publ.; 2007. (In Russ.).
6. Sapunow W. Miedzy czlowikiem a zwierzeciem. Wroclaw: KOS; 2008.
7. Konyukhov F. My travels. Moscow: Mann — Ivanov — Ferber Publ.; 2015. (In Russ.).
8. Farley Mowat. Go ahead, my brother, go ahead. Moscow: Izvestia Publ.; 1983 (In Russ.).
9. Groves C. Walking with hobbits. Australia science. 2008;29(2):16–22.
10. Moorwood M.J., Sutikna T., Saptomo E.W., Jatmiko, Hobbs D.R., Westanay H.E., Preface: researches at Liang Bua, Flores, Indonesia. J. Human Evolution. 2009;57(5):437–449. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2009.07.003>
11. Agadzhanyan A.K., Shunkov M.V., Paleolithic man of Denisova Cave and zoogeography of Pleistocene mammals of northwestern Altai. Paleontological Journal. 2018;(1):61–85. (In Russ.). <https://doi.org/10.7868/s0031031x18010129>
12. Krause J., Fu Q., Good J.M., Viola B., Shunkov M.V., Derevianko A.P., Pääbo S. The complete DNA genome of an unknown homin from southern Siberia. Nature. 2010;464:894–897. <https://doi.org/10.1038/nature08976>
13. May R. Biological diversity: How many species are there? Nature. 1986;324(6097):514–515. <https://doi.org/10.1038/324514a0>
14. Sapunov V.B. Quantitative approach to assessing the representativeness of the fossil record. Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological Series. 1990;(3):420–426. (In Russ.).
15. Sapunov V.B. Hominoid: criterion of truth. Terminator. 1992;(2-3):76–79. (In Russ.).

16. Sapunov V.B. Ecological depository as the basis for the sustainability of the biosphere // Society, Environment, Development. 2010;(1):153–158. (In Russ.).
17. International Commission on Zoological Nomenclature. International code of zoological nomenclature, adopted by the xx General Assembly of the International Union of Biological Sciences. London: International Trust for Zoological Nomenclature, in association with British Museum (Natural History), University of California Press; 1985.
18. Heuvelmans B. Traces of unseen animals. Moscow: Vokrug sveta Publ.; 1994. (In Russ.).
19. Heuvelmans B. The sources and methods of cryptozoological researches. Cryptozoology. 1988;7:1–24.
20. Fraser D. Golden branch. Moscow: Politizdat Publ.; 1986. (In Russ.).
21. Academy of Sciences of the USSR. Information materials of the commission to study the issue of the “Bigfoot”. Vol. 1–4. Moscow: USSR Academy of Sciences; 1958. (In Russ.).
22. Porshnev B.F. About the beginning of human history. Moscow: FARY-V Publ.; 2006. (In Russ.).
23. Reimers N.F. Popular biological dictionary. Moscow: Nuka Publ.; 1991. (In Russ.).
24. Johanson D., Eady I. Lucy: the origins of the human race. Moscow: Mir Publ.; 1984. (In Russ.).
25. Zhou Guosing. Morphological analysis of the Julong mountain “manbear” (Wildman) hand and foot specimens. Cryptozoology. 1984; 3:58–65.
26. Mayr E. Taxonomic categories in fossil hominids. Cold spring Harbor symp quant boil. 1950; 15:109–118. <https://doi.org/10.1101/sqb.1950.015.01.013>
27. Mayr E. Populations, species and evolution. Moscow: Mir Publ.; 1974. (In Russ.).
28. Rossinsky B.V. Increasing the reliability of eyewitness testimony of road accidents based on the use of statistical methods. Moscow: Ministry of Internal Affairs of the USSR; 1984. (In Russ.).
29. Khlyntsov M.N. Forensic information and modeling in crime investigation. Saratov: Ministry of Internal Affairs; 1982. (In Russ.).
30. Sapunov V.B. A mathematical analysis of “Snowman” (Wildman) eyewitness reports. Cryptozoology. 1988; 7:61–65.
31. Geodakyan V.A. Evolutionary logic of sex differentiation and longevity. Priroda. 1983;(4):295–314. (In Russ.).
32. Zhivotovsky L.A. Indicator of intrapopulation diversity. Zhurnal Obshchei Biologii = Journal of General Biology. 1980;41(6):828–836. (In Russ.).
33. Kozlov A.I. Analysis of data on the morphology of relict hominoids. Dep. VINITI. - No. 4802-80. Perm; 1980. (In Russ.).
34. Meldrum D.J. Ichnotaxonomy of giant hominoid tracks in North America. In: Lucas S.G., Spielman J.A., Lockley M.G., editors. Cenozoic vertebrate tracks and traces. New Mexico Museum on natural history bulletin; 2007, pp. 225–231.
35. Anatomical atlas of the human body. Vol. 1. Moscow: Meditsina Publ.; 1962. (in Russian).
36. Friedman E.P. Primates. Moscow: Nauka Publ.; 1979. (in Russian).
37. Burtsev I.D., Kolodieva M.A. Results of a preliminary study of the skull from the village. Tkhina of the Abkhaz Autonomous Soviet Socialist Republic. Reports of MOIP. General Biology. Moscow: Nauka Publ.; 1985, p. 21–23. (in Russian).
38. Sapunov V.B. Quantitative assessment of the limits of intraspecific variability. Zhurnal Obshchei Biologii = Journal of General Biology. 1986;46:790–798.
39. Sinelnikova G.V. Bigfoot seems to exist. Khimiya i zhizn' [Chemistry and life]. 1992;(5):36–37. (in Russian).
40. Valentin Sapunov. Reports about the conference // Catching up with Bigfoot. Kuzbass (Siberia) and beyond, Moscow — Kemerovo, Cryptologos, 2013, p. 154 — 170.
41. Sapunov V.B. Ecological twin species and some obscure questions of hominidae evolution. Human evolution. 1995;10(10):193–198. <https://doi.org/10.1007/bfo2438971>
42. Sapunov V.B. Does 4th form of matter organization exist? The track records. 2005;(156):13–14.
43. Kozyrev N.A. Selected works. Leningrad: Leningrad University Publishing House; 1991. (in Russian).
44. Motoji Ikea. Earthquakes and animals. From folk signs to science. Moscow: Nauchnyi mir Publ.; 2008. (in Russian).

Сведения об авторе

Сапунов Валентин Борисович — доктор биологических наук, академик Петровской академии наук и искусств, почетный член Европейского союза наук о Земле, консультант Московского государственного университета, профессор ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт» Россия, 193112, Санкт-Петербург, Кондратьевский пр., 72
ORCID: 0000-0002-6100-5088
ID WoS: 4545-2021
тел.: +7 (911) 925-40-31
e-mail: sapunov@rshu.ru

Information about the author

Valentin B. Sapunov — Dr. Sci. (Biology), Member of Peter Academy of Sciences and Arts, Emeritus Member of European Geosciences Union, Consultant of Moscow State University, Professor of Medical and Social Institute. 72 Kondratyevsky avenue, St. Petersburg, 193112, Russia
ORCID: 0000-0002-6100-5088
ID WoS: 4545-2021
tel.: +7 (911) 925-40-31
e-mail: sapunov@rshu.ru

Вклад автора

Автор подтверждает единоличную ответственность за концепцию и дизайн исследования, сбор и анализ данных, интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Authors' contributions

The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 574.34

ББК 28.680.43

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-106-124>



Изучение межгодовой изменчивости численности популяций млекопитающих в Нижне-Свирском заповеднике методом зимнего маршрутного учета

Асоскова А.Е.¹✉, Скворцов В.В.²

¹ ГБНОУ «Балтийский берег», городская станция юных туристов, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», Санкт-Петербург, Россия

✉ asoskova.oo@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена результатам изучения методом зимнего маршрутного учета (ЗМУ) особенностей динамики численности популяций млекопитающих на территории Нижне-Свирского заповедника с 2014 по 2024 год на основе как собственных наблюдений, так и архивных данных. В работе проанализировано влияние на численность популяций млекопитающих таких факторов, как глубина снежного покрова и урожайность еловых и сосновых шишек. Было показано, что слабый снежный покров благоприятствовал поддержанию высокой численности популяций кабанов, а более мощный был более выгоден хищникам (волкам). Выявлено, что благоприятные погодные условия для урожая еловых и сосновых шишек положительно сказались как на травоядных, так и на хищниках. В динамике взаимоотношений между хищниками и их жертвами наблюдаются регулярные взаимосвязанные колебания численности популяций.

Ключевые слова: млекопитающие, зимний маршрутный учёт, Нижне-Свирский заповедник

Конфликт интересов: авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Асоскова А.Е., Скворцов В.В. Изучение межгодовой изменчивости численности популяций млекопитающих в Нижне-Свирском заповеднике методом зимнего маршрутного учета. *Арктика и инновации*. 2024;2(3):106–124. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-106-124>

Inter-annual variability of mammal populations in the Nizhnesvirsky Nature Reserve by winter route sensing

Alexandra E. Asoskova¹✉, Vladimir V. Skvortsov²

¹ Baltiysky Bereg, City Station of Young Tourists, St. Petersburg, Russia

² Herzen Russian State Pedagogical University (Herzen University), St. Petersburg, Russia

✉ asoskova.oo@gmail.com

Abstract. This article presents the results of a research study into the dynamics of mammal populations in the Nizhnesvirsky Nature Reserve during the 2014–2024 period. The research was conducted using the authors' field observations and archival data. The influence of a number of factors, i.e., snow cover depth and spruce and pine cone yield, on the mammal populations in the area under study is analyzed. A weak snow cover was shown to be favorable for maintaining high numbers of wild boar populations, while a thicker snow cover was more favorable for predators (wolves). The weather conditions favorable for harvest of spruce and pine cones was found to have a positive effect on both herbivores and predators. In the dynamics of relationships between predators and their prey, regular interrelated fluctuations in population numbers are observed.

Keywords: mammals, winter route sensing, Nizhnesvirsky Nature Reserve

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Asoskova A.E., Skvortsov V.V. Inter-annual variability of mammal populations in the Nizhnesvirsky Nature Reserve by winter route sensing. *Arctic and Innovation*. 2024;2(3):106–124. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-106-124>

Нижне-Свирский государственный природный заповедник, расположенный в Лодейнопольском районе Ленинградской области, является частью водно-болотных угодий международного значения и граничит с Карелией [1].

Общая площадь заповедника составляет около 42 000 гектаров, 5000 из них расположены вдоль побережья Ладожского водохранилища. Климат здесь умеренно континентальный.

Круглогодичные атлантические циклоны, вызванные преобладающим юго-западным ветром, обеспечивают непредсказуемую погоду, частые осадки, затяжные зимние оттепели и летние похолодания с дождями. Средняя температура в январе составляет -10°C , а в июне — $+17^{\circ}\text{C}$; максимальная температура: $+34^{\circ}\text{C}$; абсолютная самая низкая температура: -48°C . В год выпадает 700–850 мм осадков, в основном зимой. Толщина снежного покрова в среднем составляет 70–80 см, он стабилен (сохраняется с ноября по апрель) в течение 127–157 дней в году. Почва может промерзнуть до глубины 0,5 метра [2–7].

Рельеф заповедника преимущественно равнинный. Когда тысячи лет назад Ладожское озеро отступило, оно сместило береговую линию, в результате чего границы Нижне-Свирского заповедника сместились и возник грядовой рельеф: вдоль побережья протянулось двадцать береговых валов, расположенных на расстоянии десятков, а то и сотен метров друг от друга и идущих параллельно друг другу. Затем старые бе-

реговые валы покрылись растительностью, а углубления между ними превратились в болота. Абсолютные высоты рельефа колеблются от 22 до 24 метров над уровнем моря, при этом максимальная высота составляет 30,7 метра.

Ландшафт заповедника формируют речные долины, приозерные низменности, сосновые, еловые и березовые леса, а также обширные болота.

Преобладающие хвойные леса с обилием шишек привлекает белок. На них, в свою очередь, охотятся куницы. Также встречаются заяц-беляк, выдра, соболь, норка, бобр, ласка, ондатра. Из крупных хищников обычны волк, кабан, лисица, рысь, енотовидная собака, бурый медведь. Всего на территории особо охраняемой природной территории (ООПТ) зафиксировано 355 видов позвоночных животных [8, 9].

Природа заповедника носит следы антропогенных воздействий. Река Свирь служила линией фронта во время военных конфликтов 1930-х и 1940-х гг. До сих пор на территории ООПТ сохранились остатки траншей, противотанковых рвов, блиндажей, насыпей военных дорог, мостов и ограждений из колючей проволоки.

На территории заповедника сохранились древние поселения коренного народа Приладожья — вепсов.

Экосистема заповедной территории изменилась в результате лесозаготовок и сбора диких ягод и грибов. Несмотря на это,

благодаря усилиям сотрудников заповедника и волонтеров ведется работа по восстановлению и охране природы, чтобы сохранить ее богатство и разнообразие.

Заповедник был создан 11 июня 1980 г. в целях обеспечения защиты путей пролета, мест концентрации и регулярных стоянок водоплавающих, околородных птиц и сухопутных мигрантов. С тех пор работниками заповедника ведется мониторинг численности популяций позвоночных животных, прежде всего птиц и млекопитающих.

Метод зимнего маршрутного учета (ЗМУ) является одним из лучших для определения численности млекопитающих и их плотности населения зимой. На особо охраняемых природных территориях это важный компонент научных исследований, который позволяет отслеживать динамику популяции каждого вида.

Данные учета численности зверей и птиц методом ЗМУ используются не только для мониторинга численности популяций в пределах различных ООПТ нашей страны, но и при определении квот добычи соответствующих видов охотничьих ресурсов, норм допустимой добычи охотничьих ресурсов и норм пропускной способности охотничьих угодий, при принятии решения о регулировании численности охотничьих ресурсов, осуществлении анализа состояния популяций охотничьих ресурсов. В целом метод зимнего маршрутного учета играет ключевую роль в оценке состояния фауны, позволяет учитывать изменения в популяциях различных видов животных и принимать необходимые меры по сохранению биоразнообразия.

Зимний маршрутный учет (ЗМУ) является одним из основных способов мониторинга популяций диких животных, особенно в условиях недоступности некоторых территорий в другие времена года [10]. Анализ данных, полученных при проведении зимнего маршрутного учета, позволяет определить динамику численности и распределения видов, выявить факторы, влияющие на их состояние, и предоставляет информацию для принятия решений по охране и управлению дикой природой. Важно использовать результаты анализа для разработки эффективных мер по сохранению

и управлению популяциями диких животных, чтобы обеспечить их выживание и сохранение биоразнообразия.

Главной целью проведенного исследования явилось проанализировать динамику численности и плотности населения млекопитающих в Нижне-Свирском заповеднике. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проведение исследования методом ЗМУ на территории Нижне-Свирского заповедника; анализ информации по ЗМУ с 2014 по 2020 год в архиве Нижне-Свирского заповедника; статистическая и графическая обработка материалов; выявление влияния внешних факторов на численность популяций; выявление зависимости численности популяции хищника от численности популяции жертвы; выявление основных тенденций межгодовой изменчивости численности популяций млекопитающих в Нижне-Свирском заповеднике.

Методы исследования

ЗМУ представляет собой полевые работы по подсчету на учетном маршруте следов зверей на снегу и визуальной регистрации птиц на территориях с устойчивым снежным покровом. ЗМУ проводится в Нижне-Свирском заповеднике ежегодно в период с 1 января по 28 (29) февраля.

ЗМУ предусматривает проведение работ в три этапа.

1. Планирование учетных маршрутов и подготовка схем исследуемых территорий с отмеченными на них учетными маршрутами (проводится до начала полевых работ).
2. Проведение полевых работ.
3. Определение численности учитываемых видов зверей и птиц (проводится после завершения полевых работ).

Полевые работы на учетных маршрутах осуществляются в течение всего запланированного периода в дни с хорошими погодными условиями и при наличии снежного покрова. В случае плохой погоды, такой как метель, снегопад, сильный ветер или обильный наст, когда следы зверей стираются или их вид сложно определить, работы на учетных маршрутах не проводятся.

Перед началом полевых работ осуществляется планирование учетных маршрутов и подготовка схемы исследуемой территории: определяется площадь каждой категории среды обитания; категории среды обитания объединяются в кластеры «лес», «поле», «болото».

В категорию «лес» включаются площади лесов, молодняков, кустарников, пойменных комплексов, а также преобразованных и поврежденных участков леса.

В категорию «поле» входят площади различных сред обитания, таких как лугово-степные комплексы, сельскохозяйственные угодья, пойменные комплексы, береговые комплексы, лесотундры, альпийские луга, участки с нарушенным почвенным покровом и внутренние водоемы.

В категорию «болото» входит площадь болот.

Площадь исследуемой территории определяется как сумма площадей категорий «лес», «поле», «болото», имеющих на данной исследуемой территории.

Для территории площадью от 8 000 до 30 000 га включительно минимальная требуемая общая протяженность учетных маршрутов в исследуемом районе должна составлять 80 км. Кроме того, должно быть как минимум 4 учетных маршрута, чтобы достичь запланированной общей протяженности учетных маршрутов. Протяженность учетных маршрутов для территории площадью от 30 000 до 50 000 гектаров включительно должна быть не менее 100 км и должно быть как минимум 7 учетных маршрутов.

Учетные маршруты располагаются равномерно и в различных направлениях на карте исследуемой территории при условии соблюдения следующих критериев:

- учетные маршруты могут быть заданы любым способом (прямолинейным, ломаным, замкнутым);
- отрезки расчетного маршрута не должны пересекаться;
- расстояние между параллельными отрезками одного и того же расчетного маршрута должно составлять не менее 1 км

(если планируется ломаная, замкнутая форма расчетного маршрута);

- углы между последовательно соединенными отрезками расчетного маршрута должны составлять не менее 70 градусов;
- расстояние между соседними учетными маршрутами или их частями должно быть не менее 1 км друг от друга. Допускается сближение соседних учетных маршрутов на расстояние менее 1 км, если они расходятся из одной точки или сходятся в одной точке. Также учетные маршруты могут сближаться между собой на протяжении всей длины или в отдельных точках на расстоянии менее 1 км, если полевые работы на этих маршрутах планируется проводить в разные дни;
- учетные маршруты или их отрезки в идеале не должны планироваться и проходить по опушкам, водотокам, оврагам, а также вдоль них на расстоянии ближе 100 метров; вдоль линейных объектов шириной более 10 метров (просеки, дороги, железные дороги, линии электропередачи), а также вдоль них на расстоянии ближе 100 метров;
- на исследуемой территории (за исключением исследуемой территории, расположенной в горной местности) с площадью свыше 30 тыс. га до 50 тыс. га включительно, а также в горной местности с площадью свыше 30 тыс. га и более повторное проведение полевых работ (затирка и учет следов) может осуществляться на выборочных учетных маршрутах. При этом день учета следов при предыдущем прохождении маршрута может использоваться как затирка для повторного проведения учета следов на следующий день.

Общая длина учетных маршрутов после их предварительного прохождения должна быть не меньше минимально необходимой общей длины учетных маршрутов.

Территория Нижне-Свирского заповедника занимает 42 тыс. гектаров, около половины из них занимают леса (21 тыс. км²), остальные земли представляют верховые, переходные и низовые болота. Категория «поле» выражена слабо. Одним из основных требований методики является равномерность распределения маршрутов.

Проведение полевых работ на учетных маршрутах

Полевые работы на учетном маршруте проводятся в два дня.

В первый день следы и тропы зверей засыпаются снегом или нарушается целостность следа зверей (веткой, палкой, лыжей и т. п.) таким образом, чтобы во второй день можно было определить вновь появившиеся следы зверей.

Во второй день учетный маршрут проходит в том же направлении, что и при затирке. Интервал между затиркой и учетом следов на всем протяжении учетного маршрута должен укладываться в суточный (24 часа). Допускается уменьшение суточного интервала между затиркой и учетом следов на учетном маршруте до 20 часов или его увеличение до 28 часов.

Если во время затирки возникли неблагоприятные погодные условия и не прекратились после ее завершения или эти же условия возникли во время учета следов, то полевые работы на данном маршруте прекращаются и проводятся заново после установления благоприятных для их проведения погодных условий.

При затирке отмечается каждая встреча птиц (группы птиц), их вид, количество, расстояние по прямой от учетчика до центра группы птиц или до одиночной птицы в соответствующей категории «лес», «поле», «болото», где они были встречены.

Дополнительно могут отмечаться пересечения следов волка, рыси, россомахи и других редких видов зверей с указанием их количества и примерной давности (в днях) оставленного следа.

При проведении учета следов осуществляется подсчет пересечений следами учитываемого вида зверей учетного маршрута и встреч учитываемого вида птиц (групп птиц) и их количества.

При встрече на учетном маршруте при проведении учета следов пересечений следов нескольких зверей учитываемого вида, прошедших одной тропой, необходимо пройти по тропе до места, где звери разошлись, и определить точное их количество.

Если при учете следов установлено, что зверь (лисица, волк, рысь, россомаха), подойдя к учетному маршруту и не пересекая его, повернул обратно, то такой подход отмечается как одно пересечение учетного маршрута.

Расчет численности зверей на исследуемой территории

Численность учитываемого вида зверей в соответствующей категории «лес», категории «поле», категории «болото» рассчитывается по формуле:

$$N = D \times Q,$$

где N — численность учитываемого вида зверей,

D — плотность населения учитываемого вида зверей,

Q — площадь территории.

Плотность населения учитываемого вида зверей рассчитывается по формуле:

$$D = A \times K,$$

где D — плотность населения учитываемого вида зверей,

A — показатель учета учитываемого вида,

K — пересчетный коэффициент для учитываемого вида зверей.

Показатель учета учитываемого вида зверей рассчитывается по формуле:

$$A = X/L \times 10,$$

где A — показатель учета учитываемого вида,

X — количество пересечений следов учитываемого вида зверей,

L — длина всех частей учетных маршрутов.

Округление в расчетных показателях плотности населения учитываемого вида зверей производится до 2 знаков после запятой, площадей по категориям «лес», «поле», «болото» и общей площади указанных категорий — до 3 знаков после запятой, длин учетных маршрутов — до 1 знака после запятой, показателей учета — до 2 знаков после запятой.

Округление расчетных показателей численности учитываемого вида зверей производится по правилам математического округления до целого значения числа.

Результаты

В целях получения необходимых данных для проведения расчетов и дальнейшего изучения межгодовой изменчивости численности популяций млекопитающих в Нижне-Свирском заповеднике в течение 3 лет (2022–2024 гг.) осуществлялся ЗМУ,

а также анализировались архивные данные за 2014–2020 гг [11].

Ниже указаны результаты подсчета следов, расчета численности популяций и плотности населения за 2022 (таблица 1), 2023 (таблица 2), 2024 (таблица 3) годы.

Таблица 1. Численность популяций и плотность населения до данным ЗМУ 2022 года

Table 1. Population numbers and densities according to the 2022 winter route sensing data

Вид	Общая длина учетных маршрутов, км	Общая площадь территории, га	Кол-во пересечений следов	Показатель учета учитываемого вида	Пересчетный коэффициент	Плотность населения, на 1000 га	Численность учитываемого вида
Лось	166	42 000	41	2,46	0,54	1,33	56
Кабан	166	42 000	7	0,42	0,48	0,2	8
Волк	166	42 000	8	0,48	0,11	0,05	2
Енотовидная собака	166	42 000	21	1,26	0,30	0,38	16
Рысь	166	42 000	4	0,24	0,2	0,05	2
Куница лесная	166	42 000	36	2,16	0,50	1,08	45
Горностай	166	42 000	3	0,18	1,20	0,18	9
Заяц-беляк	166	42 000	164	9,88	1,16	11,46	481
Белка	166	42 000	62	3,72	4,50	16,74	703
Лисица	166	42 000	26	1,57	0,29	0,46	19
Лесной хорь	166	42 000	4	0,24	0,78	0,19	8

Расчеты к таблице 1:

Лось

$$A = 41/166 \times 10 = 2,46$$

$$D = 2,46 \times 0,54 = 1,33$$

$$N = 1,33 \times 42 = 56$$

Рысь

$$A = 4/166 \times 10 = 0,24$$

$$D = 0,24 \times 0,2 = 0,05$$

$$N = 0,05 \times 42 = 2$$

Белка

$$A = 62/166 \times 10 = 3,72$$

$$D = 3,72 \times 4,5 = 16,74$$

$$N = 16,74 \times 42 = 703$$

Кабан

$$A = 7/166 \times 10 = 0,42$$

$$D = 0,42 \times 0,48 = 0,20$$

$$N = 0,20 \times 42 = 8$$

Куница лесная

$$A = 36/166 \times 10 = 2,16$$

$$D = 2,16 \times 0,5 = 1,08$$

$$N = 1,08 \times 42 = 45$$

Лисица

$$A = 26/166 \times 10 = 1,57$$

$$D = 1,57 \times 0,29 = 0,46$$

$$N = 0,46 \times 42 = 19$$

Волк

$$A = 8/166 \times 10 = 0,48$$

$$D = 0,48 \times 0,11 = 0,05$$

$$N = 0,05 \times 42 = 2$$

Горностай

$$A = 3/166 \times 10 = 0,18$$

$$D = 0,18 \times 1,2 = 0,22$$

$$N = 0,22 \times 42 = 9$$

Лесной хорь

$$A = 4/166 \times 10 = 0,24$$

$$D = 0,24 \times 0,78 = 0,19$$

$$N = 0,19 \times 42 = 8$$

Енотовидная собака

$$A = 21/166 \times 10 = 1,26$$

$$D = 1,26 \times 0,3 = 0,38$$

$$N = 0,38 \times 42 = 16$$

Заяц-беляк

$$A = 164/166 \times 10 = 9,88$$

$$D = 9,88 \times 1,16 = 11,46$$

$$N = 11,46 \times 42 = 481$$

Таблица 2. Численность популяций и плотность населения до данным ЗМУ 2023 года

Table 2. Population numbers and densities according to the 2023 winter route sensing data

Вид	Общая длина учетных маршрутов, км	Общая площадь территории, га	Кол-во пересечений следов	Показатель учета учитываемого вида	Пересчетный коэффициент	Плотность населения на 1000 га	Численность учитываемого вида
Лось	166	42 000	70	4,22	0,54	2,27	96
Кабан	166	42 000	4	0,24	0,48	0,12	5
Волк	166	42 000	15	0,90	0,11	0,09	4
Енотовидная собака	166	42 000	21	1,26	0,30	0,38	16
Рысь	166	42 000	2	0,12	0,2	0,02	1
Куница лесная	166	42 000	44	2,65	0,50	1,33	56
Горностай	166	42 000	5	0,3	1,20	0,36	15
Заяц-беляк	166	42 000	141	8,49	1,16	9,85	414
Белка	166	42 000	32	1,92	4,50	8,64	363
Лисица	166	42 000	8	0,48	0,29	0,14	6

Расчеты к таблице 2:

Лось

$$A = 70/166 \times 10 = 4,22$$

$$D = 4,21 \times 0,54 = 2,27$$

$$N = 2,27 \times 42 = 96$$

Кабан

$$A = 4/166 \times 10 = 0,24$$

$$D = 0,24 \times 0,48 = 0,12$$

$$N = 0,12 \times 42 = 5$$

Волк

$$A = 15/166 \times 10 = 0,90$$

$$D = 0,90 \times 0,11 = 0,09$$

$$N = 0,09 \times 42 = 4$$

Енотовидная собака

$$A = 21/166 \times 10 = 1,26$$

$$D = 1,26 \times 0,3 = 0,38$$

$$N = 0,38 \times 42 = 16$$

Рысь

$$A = 2/166 \times 10 = 0,12$$

$$D = 0,12 \times 0,2 = 0,02$$

$$N = 0,02 \times 42 = 1$$

Куница лесная

$$A = 44/166 \times 10 = 2,65$$

$$D = 2,65 \times 0,5 = 1,33$$

$$N = 1,33 \times 42 = 56$$

Горностай

$$A = 5/166 \times 10 = 0,30$$

$$D = 0,30 \times 1,2 = 0,36$$

$$N = 0,36 \times 42 = 15$$

Заяц-беляк

$$A = 141/166 \times 10 = 8,49$$

$$D = 8,49 \times 1,16 = 9,85$$

$$N = 9,85 \times 42 = 481$$

Белка

$$A = 32/166 \times 10 = 1,92$$

$$D = 1,92 \times 4,5 = 8,64$$

$$N = 8,64 \times 42 = 363$$

Лисица

$$A = 8/166 \times 10 = 0,48$$

$$D = 0,48 \times 0,29 = 0,14$$

$$N = 0,46 \times 42 = 6$$

Таблица 3. Численность популяций и плотность населения до данным ЗМУ 2024 года

Table 3. Population numbers and densities according to the 2024 winter route sensing data

Вид	Общая длина учетных маршрутов, км	Общая площадь территории, га	Кол-во пересечений следов	Показатель учета учитываемого вида	Пересчетный коэффициент	Плотность населения на 1000 га	Численность учитываемого вида
Лось	166	42 000	38	2,28	0,54	1,24	52
Кабан	166	42 000	11	0,66	0,48	0,32	13
Волк	166	42 000	54	3,25	0,11	0,36	15
Енотовидная собака	166	42 000	25	1,5	0,30	0,45	19
Рысь	166	42 000	12	0,72	0,20	0,14	6
Куница лесная	166	42 000	89	5,36	0,50	2,68	113
Горноста́й	166	42 000	5	0,30	1,20	0,36	15
Заяц-беляк	166	42 000	167	10,06	1,16	11,71	492
Белка	166	42 000	28	1,67	4,50	7,59	319
Лисица	166	42 000	38	2,29	0,29	0,68	28

Расчеты к таблице 3:

Лось

$$A = 38/166 \times 10 = 2,28$$

$$D = 2,28 \times 0,54 = 1,24$$

$$N = 1,24 \times 42 = 52$$

Куница лесная

$$A = 89/166 \times 10 = 5,36$$

$$D = 5,36 \times 0,5 = 2,68$$

$$N = 2,68 \times 42 = 113$$

Кабан

$$A = 11/166 \times 10 = 0,66$$

$$D = 0,66 \times 0,48 = 0,32$$

$$N = 0,32 \times 42 = 13$$

Горноста́й

$$A = 5/166 \times 10 = 0,30$$

$$D = 0,30 \times 1,2 = 0,36$$

$$N = 0,36 \times 42 = 15$$

Волк

$$A = 54/166 \times 10 = 3,25$$

$$D = 3,25 \times 0,11 = 0,36$$

$$N = 0,36 \times 42 = 15$$

Заяц-беляк

$$A = 167/166 \times 10 = 10,12$$

$$D = 10,12 \times 1,16 = 11,73$$

$$N = 11,73 \times 42 = 492$$

Енотовидная собака

$$A = 25/166 \times 10 = 1,50$$

$$D = 1,50 \times 0,3 = 0,45$$

$$N = 0,45 \times 42 = 19$$

Белка

$$A = 28/166 \times 10 = 1,67$$

$$D = 1,67 \times 4,5 = 7,59$$

$$N = 7,59 \times 42 = 319$$

Рысь

$$A = 12/166 \times 10 = 0,72$$

$$D = 0,72 \times 0,2 = 0,14$$

$$N = 0,14 \times 42 = 6$$

Лисица

$$A = 38/166 \times 10 = 2,29$$

$$D = 2,29 \times 0,29 = 0,66$$

$$N = 0,66 \times 42 = 28$$

Для анализа динамики изменения численности животных в Нижне-Свирском заповеднике потребовались данные за последние 11 лет. Поэтому мы собрали информацию с 2014 по 2020 год и объединили ее с результатами исследований одного из авторов за 2022, 2023 и 2024 годы в одну таблицу (таблица 4). К сожалению, данных за 2021 год у нас нет. Этот анализ поможет нам понять тенденции в изменении численности различных

видов животных в заповеднике и выявить возможные факторы, влияющие на их популяцию.

Используя имеющиеся данные о численности каждого вида, возможно также рассчитать плотность населения для каждого вида. Для этого необходимо разделить численность популяции на площадь территории заповедника, которая составляет 42 000 гектаров. Этот параметр позволит

Таблица 4. Сводная таблица численности населения по годам (с 2014 по 2024 г.)

Table 4. Aggregated table of populations by years (from 2014 to 2024)

Вид / год	Численность										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Лось	26	75	71	64	101	50	49		56	96	52
Кабан	22	34	3	45	1	0	22		8	5	13
Волк	1	7	7	3	7	7	3		2	4	15
Енотовидная собака	0	0	0	0	0	0	0		16	16	19
Рысь	0	4	4	3	1	1	3		2	1	6
Куница лесная	3	11	11	11	28	28	21		45	56	113
Горноста́й	2	7	7	3	4	0	11		9	15	15
Заяц-беляк	52	112	108	95	108	168	139		481	414	492
Белка	64	387	370	50	183	151	133		703	363	319
Лисица	6	19	19	11	8	11	3		19	6	28
Лесной хорек	0	0	0	0	0	0	0		8	0	0

Таблица 5. Сводная таблица плотности населения по годам (с 2014 г по 2024 г.)

Table 5. Aggregated table of population density by years (from 2014 to 2024)

Вид / год	Плотность населения на 1000 га										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Лось	0,62	1,79	1,69	1,52	2,40	1,19	1,17		1,33	2,27	1,24
Кабан	0,52	0,81	0,07	1,07	0,02	0,00	0,52		0,20	0,12	0,32
Волк	0,02	0,17	0,17	0,07	0,17	0,17	0,07		0,05	0,09	0,36
Енотовидная собака	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,38	0,38	0,45
Рысь	0,00	0,10	0,10	0,07	0,02	0,02	0,07		0,05	0,02	0,14
Куница лесная	0,07	0,26	0,26	0,26	0,67	0,67	0,50		1,08	1,33	2,68
Горноста́й	0,05	0,17	0,17	0,07	0,10	0,00	0,26		0,18	0,36	0,36
Заяц-беляк	1,24	2,67	2,57	2,26	2,57	4,00	3,31		11,46	9,85	11,71
Белка	1,52	9,21	8,81	1,19	4,36	3,60	3,17		16,74	8,64	7,59
Лисица	0,14	0,45	0,45	0,26	0,19	0,26	0,07		0,46	0,14	0,68
Лесной хорек	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,19	0,00	0,00

более детально оценить, как распределены животные в заповеднике и какова их плотность на данной территории.

В условиях благоприятных факторов популяции животных могут переживать быстрый рост численности, что иногда приводит к ситуации популяционного взрыва. Биотический потенциал — это совокупность всех факторов, способствующих увеличению численности популяции. Этот потенциал может быть достаточно высок для различных видов, однако вероятность достижения предела численности в естественных условиях невелика из-за действия лимитирующих факторов. Лимитирующие факторы, препятствующие росту численности популяции, образуют сопротивление среды. Состояние равновесия между биотическим потенциалом и сопротивлением среды, обеспечивающее стабильность численности популяции, называется гомеостазом, или динамическим равновесием. Нарушение этого равновесия может привести к колебаниям численности популяции, то есть к ее изменениям.

Популяция не может увеличиваться бесконечно. Лишь теоретически она способна к неограниченному росту численности. Это связано с тем, что наличие неограниченного доступа к ресурсам, пространству и другим условиям жизни является иллюзорным в реальном мире. Резкое увеличение численности популяции ведет к усилению конкуренции за ресурсы, ухудшению условий обитания, а также повышению уровня внешних угроз, таких как хищники или заболевания. В результате начинают действовать факторы, ограничивающие рост популяции и препятствующие ее неограниченному размножению. Поэтому уравновешенное состояние между ростом популяции и доступными ресурсами является важным аспектом для сохранения стабильности в природных экосистемах.

Согласно исследованиям Х.Г. Андресварты и Л.К. Бирча, опубликованным в 1954 году, концепция «теории лимитов популяционной численности» утверждает, что естественные популяции ограничиваются истощением их пищевых ресурсов и подходящих условий для размножения, а также недостаточной доступностью этих ресурсов и слишком коротким периодом ускоренного роста [12]. В дополнение к этой теории К. Фредерикс в 1937 году предложил теорию биоценотической регуляции чи-

сленности популяций, которая утверждает, что увеличение численности популяции контролируется комплексом абиотических и биотических факторов окружающей среды [13]. Эти теории в совокупности подчеркивают важность внешних условий и ресурсов для поддержания и регулирования численности популяций в природе.

Подводя итог, лимитирующими факторами следует признать:

1. достаточные запасы пищи и ее недостаток;
2. конкуренцию нескольких популяций из-за одной экологической ниши;
3. взаимоотношения между популяциями хищника и жертвы;
4. внешние (абиотические) условия среды.

В дополнение к влиянию экологических факторов в процессе регулирования численности популяций также участвуют внутренние механизмы саморегуляции. Например, при уменьшении доступного пространства и снижении запасов пищи у животных снижается их плодовитость, повышается смертность на ранних стадиях развития, а также задерживается наступление половой зрелости. В случае чрезмерного увеличения численности популяции млекопитающие начинают мигрировать на новые территории в поисках подходящих условий для жизни и размножения.

Резкие непериодические колебания численности могут возникать вследствие природных катастроф.

В не нарушенных деятельностью человека природных сообществах редко происходит неудержимый рост численности, истощение ресурсов и гибель популяций.

Организмы размножаются более интенсивно при меньшей плотности популяции и менее интенсивно — при большей плотности, что является результатом действия механизмов внутренней регуляции численности. При низкой плотности популяции увеличивается доступность ресурсов, что стимулирует рост численности и увеличение плодовитости особей. Однако когда плотность популяции возрастает, ресурсы становятся ограниченными, что приводит к конкуренции за пищу, убежище и другие жизненно важные факторы среды. В результате плодовитость снижается, а смертность может

возрастать, что приводит к стабилизации или даже уменьшению численности популяции. Таким образом, популяции стремятся к динамическому равновесию, регулируемому как внешними, так и внутренними факторами.

У каждой популяции наблюдаются колебания численности, однако в среднем они сохраняют стабильность. Эти колебания будут продолжаться до тех пор, пока не произойдет какое-либо внешнее воздействие, которое изменит численность популяции. В результате такого воздействия популяция перейдет в новое устойчивое состояние, адаптируясь к изменившимся условиям среды. Однако даже после адаптации колебания численности могут продолжаться, но теперь уже в рамках нового среднего значения, пока не возникнет следующее внешнее воздействие или изменение окружающей среды.

Так, например, в 2021 и 2022 годах был зафиксирован особо крупный урожай еловых и сосновых шишек, произошел популяционный взрыв, и численность популяций белки и зайца стремительно возросла (рис. 1), однако в 2023 г. мы можем увидеть резкое

сокращение численности. Это объясняется тем, что 2023 год уже не был таким урожайным, и пищевых ресурсов для поддержания численности популяций стало недостаточно, животные начали расселяться на соседние территории с подходящими условиями для жизни, а также увеличилась смертность. Благодаря урожайным 2021 и 2022 годам численность данных популяций сейчас переживает переход в новое устойчивое состояние.

Вслед за ростом численности популяции жертвы всегда идет рост численности популяции хищника. По данным таблицы 4, численность куницы, основным рационом питания которой являются белки, после 2022 года сильно возросла и продолжает расти (рис. 2).

В динамике взаимоотношений между хищниками и их жертвами наблюдаются регулярные колебания численности. Сначала популяция жертвы растет, увеличивая свою плотность, что приводит к более частым встречам хищников с потенциальной добычей. В результате хищники тратят меньше усилий на поиск пищи, что способствует росту их собственной численности. По мере увеличения популяции хищников



Рис. 1. Изменение численности популяций белки и зайца-беляка

Fig. 1. Changes in the number of squirrel and Arctic hare populations

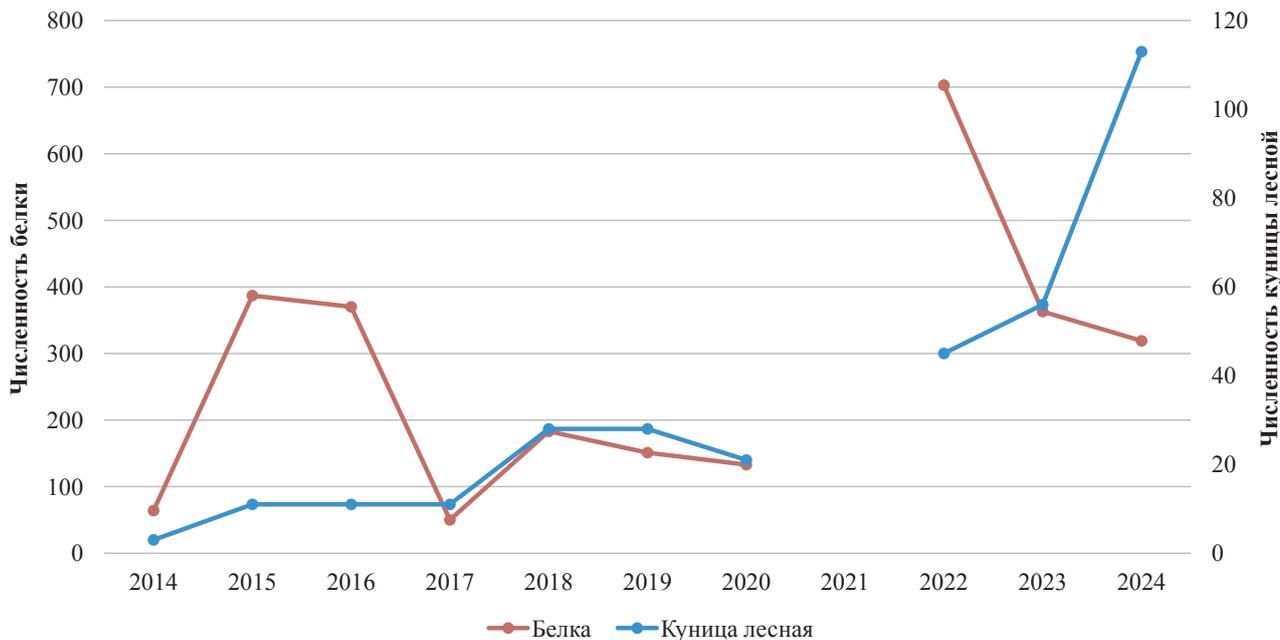


Рис. 2. Зависимость численности популяции куницы от численности популяции белки

Fig. 2. Dependence of marten population size on squirrel population size

их плотность населения также растет, однако пищевые ресурсы истощаются, так как жертвам становится все сложнее избегать хищников. В итоге это приводит к снижению численности популяции жертвы, что, в свою очередь, сказывается на численности популяции хищника. Таким образом, взаимодействие между хищниками и жертвами демонстрирует циклический характер колебаний их численности.

Рассмотрим несколько графиков зависимости численности популяции хищника от численности популяции жертвы.

При анализе диаграммы видно, что увеличение количества волков происходит с незначительной задержкой относительно увеличения числа кабанов, а максимальные значения популяций оказываются расположенными в противовес друг другу.

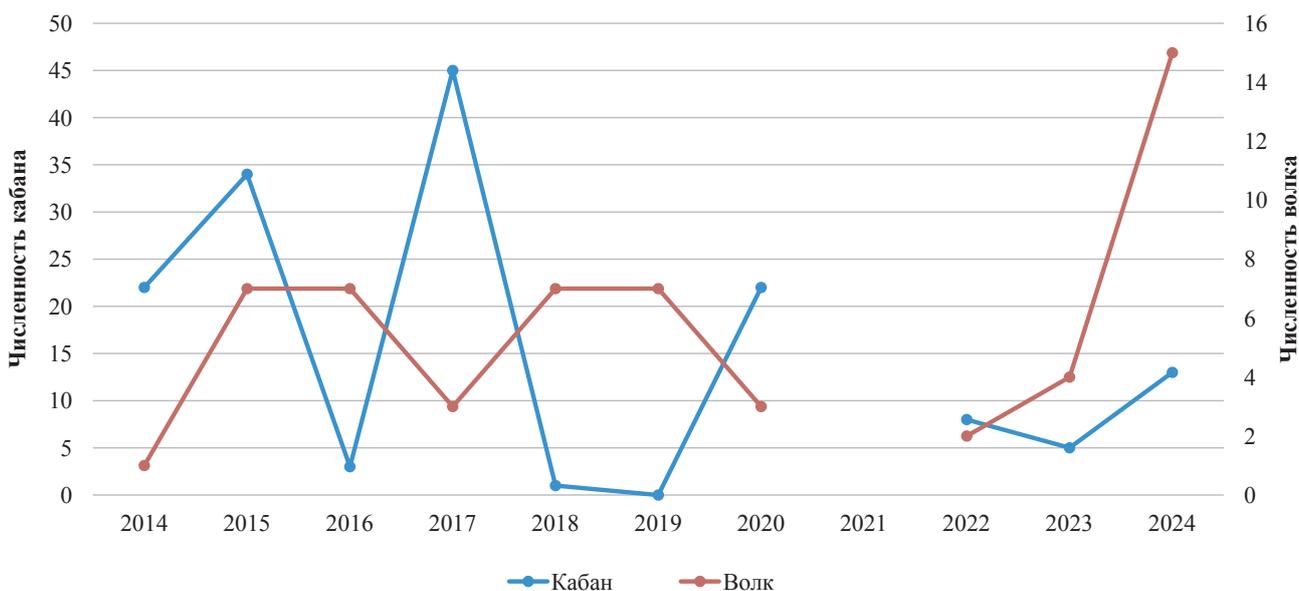


Рис. 3. Зависимость численности популяции волка от численности популяции кабана

Fig. 3. Dependence of wolf population size on wild boar population size

На рис. 4 и 5 мы также можем наблюдать, что графики численности хищников отражают тенденции графиков численности их жертв, но с некоторой временной задержкой. Это является результатом взаимодействия между хищниками и их добычей, где рост популяции

жертвы стимулирует увеличение популяции хищника, а последующее сокращение численности жертвы приводит к уменьшению численности хищников. Этот цикл может повторяться неоднократно, создавая колебания численности популяций хищников и жертв.



Рис. 4. Зависимость численности популяции рыси от численности популяции лося

Fig. 4. Dependence of lynx population size on moose population size

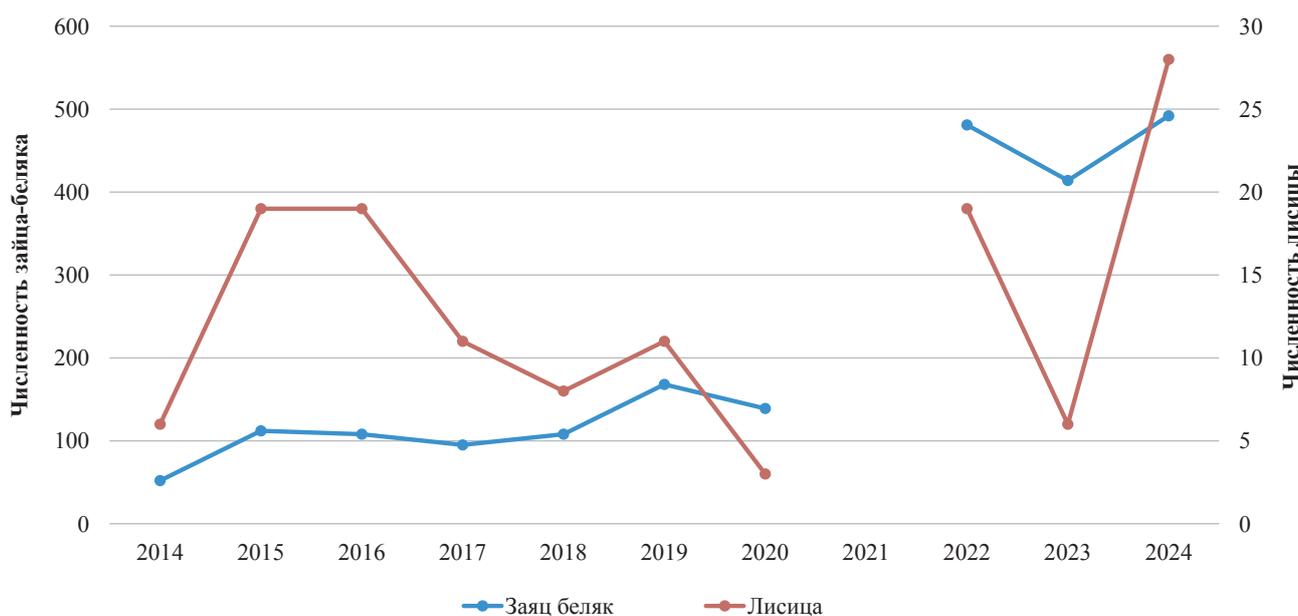


Рис. 5. Зависимость численности популяции лисицы от численности популяции зайца-беляка

Fig. 5. Dependence of fox population size on Arctic hare population size

В дополнение к взаимодействию хищников и жертв численность популяций обеих групп также подвержена влиянию других экологических факторов. Например, в зимний сезон глубина снежного покрова играет значительную роль в регулировании численности. Глубокий снег может затруднить передвижение и охоту для хищников, а также ограничить доступ жертв к пищевым ресурсам, что в итоге может привести к снижению численности обеих популяций.

Просмотрев архив погоды на гидрометеостанции Лодейное Поле с 2014 по 2024 год, один из авторов рассчитал среднюю глубину снежного покрова за каждый год (таблица 6).

Сопоставив данные по численности популяций с данными средней глубины снежного покрова, можно рассмотреть следующие зависимости (рис. 6, 7 и 8).

Посмотрев на график, можно заметить, что максимальные значения численности популяции кабанов совпадают с годами, когда глубина снежного покрова была минимальной. Кабан имеет массивное тело

в сравнении с короткими лапами, и ему тяжело ходить по глубокому снегу, поэтому кабанам проще добывать пищу и скрываться от хищников на поверхности с неглубоким снежным покровом.

Таблица 6. Среднее и максимальное значение глубины снежного покрова за каждый год (с 2014 по 2024 г.)

Table 6. Average and maximum snow depth for each year (from 2014 to 2024)

Год	Максимальная глубина снежного покрова, см	Среднее значение глубины снега за год, см
2014	36	7,3
2015	76	29,9
2016	41	21,4
2017	61	25
2018	54	27,6
2019	80	41,5
2020	23	7,3
2021	62	33,8
2022	98	52,6
2023	83	34,1
2024	74	45,5

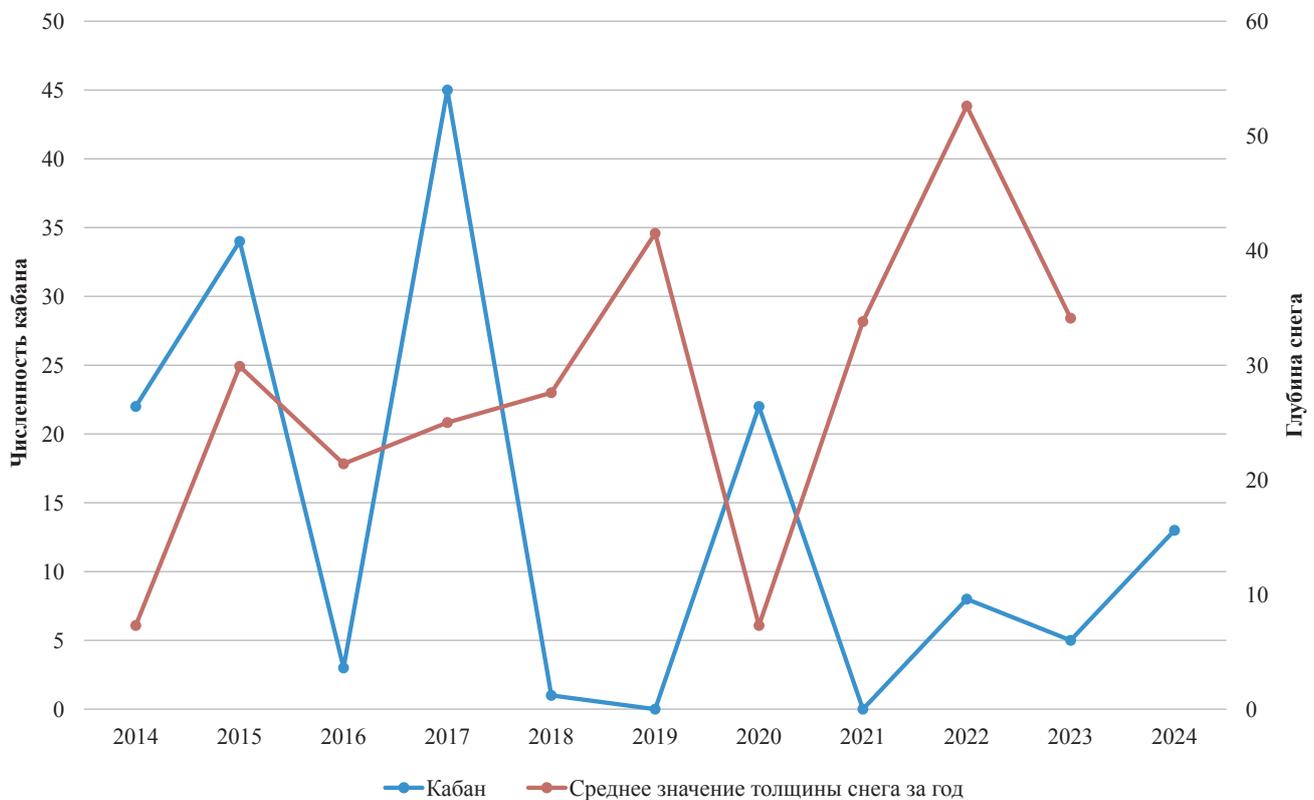


Рис. 6. Зависимость численности популяции кабана от глубины снежного покрова

Fig. 6. Dependence of wild boar population size on snow cover depth

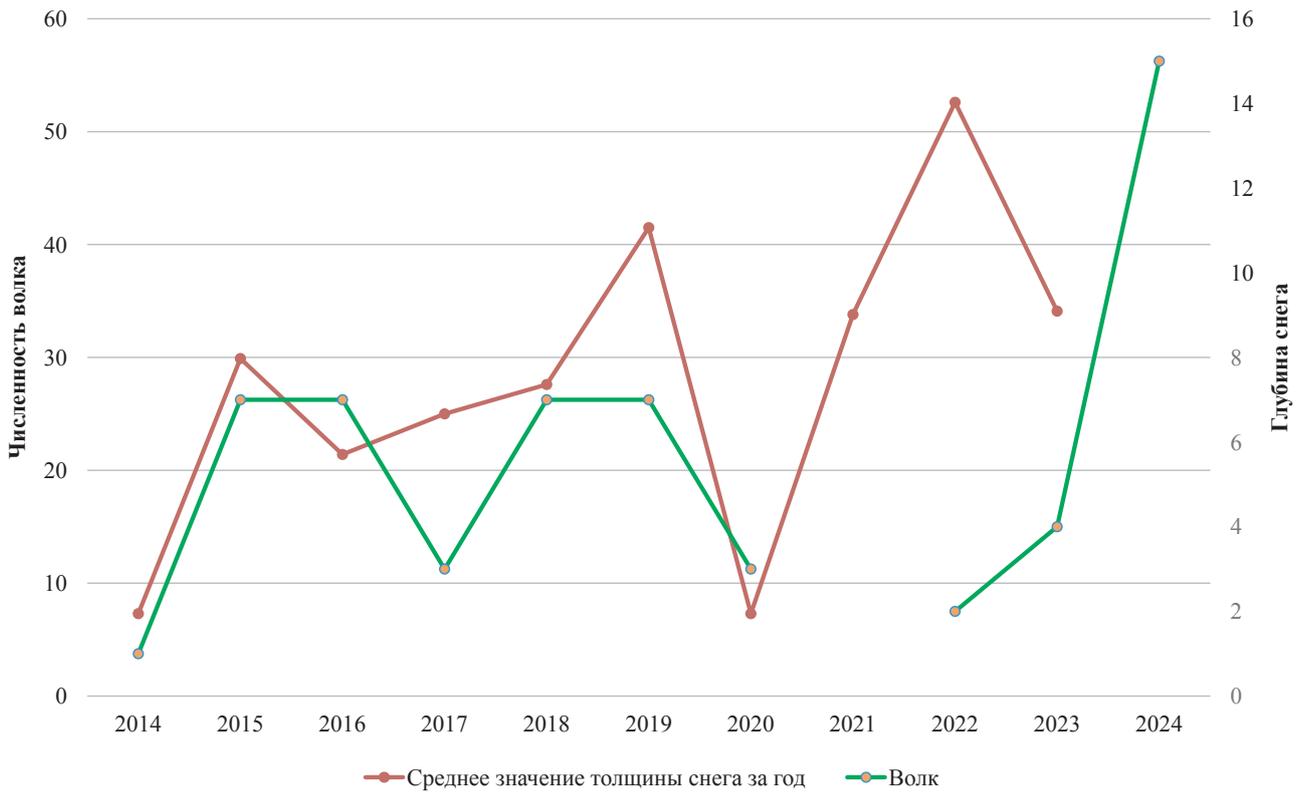


Рис. 7. Зависимость численности популяции волка от глубины снежного покрова

Fig. 7. Dependence of wolf population size on snow cover depth

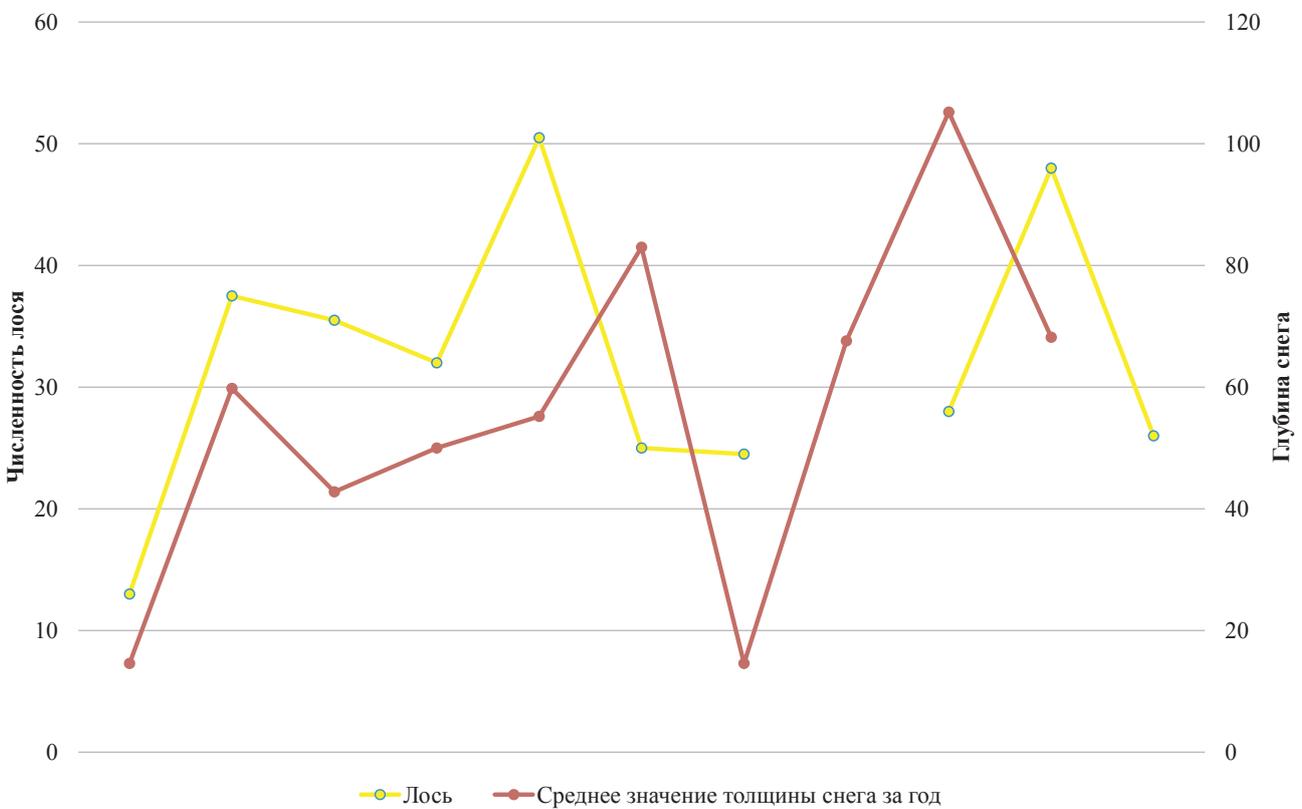


Рис. 8. Зависимость численности популяции волка от глубины снежного покрова

Fig. 8. Dependence of wolf population size on snow cover depth

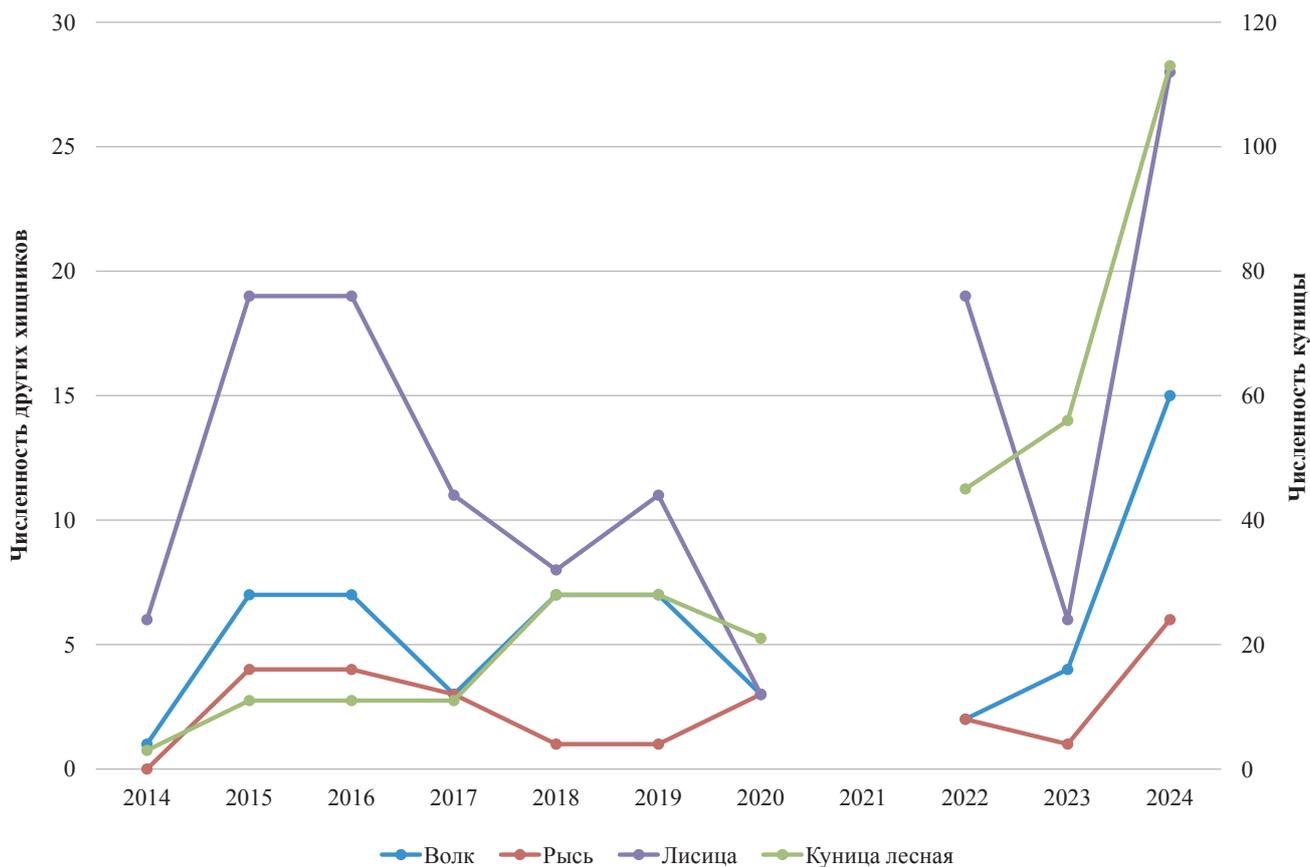


Рис. 9. Динамика численности популяций волка, рыси, куницы лесной и лисицы с 2014 по 2024 год

Fig. 9. Population dynamics of wolf, lynx, forest marten, and fox from 2014 to 2024

Волку тоже тяжело передвигаться в глубоком снегу, соответственно и догнать жертву становится труднее, однако при анализе графика видно, что численность популяции волка увеличивается в те периоды, когда глубина снежного покрова также возрастает, и уменьшается при снижении глубины снега. Это может быть связано с тем, что волк, обладая более длинными лапами и большей ловкостью, имеет преимущество в глубоком снегу по сравнению с кабаном, что облегчает ему добычу пищи и удержание популяции на стабильном уровне.

Несмотря на то что лось является одной из жертв волка, его популяция демонстрирует рост при увеличении глубины снежного покрова. Это может быть связано с тем, что лось обладает крупным телосложением и длинными ногами, что позволяет ему передвигаться даже в глубоком снегу быстрее, чем хищник. Кроме того, в отличие от кабана, лось в зимний период питается корой и ветвями деревьев, что делает его доступ к пищевым ресурсам независимым от глубины снежного покрова.

Далее составим график по всем вышеприведенным хищникам (рис. 9).

Анализируя графики, можно отметить, что популяции хищников демонстрируют очень похожие тенденции, поскольку их пики и спады численности совпадают. Это можно объяснить практически идентичной кормовой базой и одинаковыми условиями среды, от которой они зависят.

Закключение

В результате исследования методом ЗМУ были рассмотрены особенности динамики численности популяций млекопитающих на территории Нижне-Свирского заповедника с 2014 по 2024 год. Выявлены некоторые закономерности между численностью хищников и жертв. По полученным данным можно сделать выводы о влиянии погодных условий на численность популяций млекопитающих.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что численность популяций

каждого из видов имеет постоянные периодические колебания. В первую очередь это зависит от погодных условий и урожайности, а также естественных процессов жизни млекопитающих. На каждом отдельном виде те или иные изменения погодных условий отражаются по-разному. Для кого-то увеличение глубины снежного покрова будет преимуществом, а для кого-то — наоборот. В то же время благоприятные погодные условия для урожая еловых и сосновых шишек положительно сказались как на травоядных, так и на хищниках.

В период с 2014 по 2024 год численность популяций колебалась, но в целом оставалась на стабильном уровне. После урожайных лет 2021–2022 численность жертв возросла, что привело к увеличению численности хищников. Несмотря на последующее снижение численности, она оставалась выше, чем до урожайных годов. Пока рано делать окончательные выводы, однако можно предположить, что изменения в доступности и объеме

пищи могут привести к новому устойчивому состоянию популяций. Дальнейшие наблюдения позволят подтвердить или опровергнуть эту теорию.

По результатам работы получены следующие выводы.

1. На численность популяции влияет комплекс различных факторов, которые взаимосвязаны друг с другом и не могут рассматриваться отдельно.
2. Численность популяции хищников напрямую зависит от численности популяции жертвы, и изменения в численности одного вида приводят к соответствующим колебаниям в численности другого вида, что является естественным процессом.
3. При значительных изменениях во внешней среде, таких как погодные условия, количество осадков, уровень урожайности численность популяций может быстро изменяться.

Литература

1. ФГБУ «Нижне-Свирский государственный природный заповедник» [интернет]. Режим доступа: <https://www.n-svirsky.ru/o-nas/index.php>
2. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Нижне-Свирский Государственный Природный Заповедник. Летопись природы. Кн. 33. Лодейное Поле; 2015.
3. Приложение № 1 к приказу ФГБУ «ФНИЦ Охота» от 14 ноября 2022 года № 74. Методика учета численности охотничьих ресурсов методом зимнего маршрутного учета [интернет]. Режим доступа: https://fauna.lenobl.ru/media/uploads/userfiles/2022/11/17/%D0%97%D0%9C%D0%A3_%D0%BE%D1%82_14.11.2022_74_17776406_v1.PDF
4. Летопись погоды в Лодейном Поле. Погода и климат [интернет]. Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/22913.htm>
5. Архив погоды в Лодейном Поле [интернет]. Режим доступа: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Лодейном_Поле
6. Архив погоды в Лодейном Поле. World-Weather [интернет]. Режим доступа: https://world-weather.ru/archive/russia/lodeynoye_pole/
7. Глава XVII ЗК РФ. Земли особо охраняемых территорий и объектов (действующая редакция). Кодексы и законы [интернет]. Режим доступа: <https://www.zakonrf.info/zk/gl17/>
8. Ковалев В.А., Кудашкин С.И., Олигер Т.И. Кадастр позвоночных животных Нижне-Свирского заповедника (Аннотированные списки видов). СПб.; 1996.
9. Труды Нижне-Свирского государственного природного заповедника. Вып. 1. СПб.; 2006.
10. Арискина В.А., Арискина О.В., Арискин В.А. Зимний маршрутный учёт. В: Биологическое разнообразие и устойчивость лесных и урбоэкосистем. Материалы науч.-практ. конф., Ялта, 12–15 сент. 2019 г. Ялта: Ариал; 2019, с. 155–159.
11. Олигер Т.И. Летопись природы: Редкие виды. Позвоночные животные. Научные исследования в заповедниках и национальных парках Российской Федерации (2015–2021 гг.). Вып. 5. Симферополь: Бизнес-Информ; 2022, с. 205–206.

12. Andrewartha H. G. and L. C. Birch. The Distribution and Abundance of Animals. Univ. of Chicago Press, Chicago, 1954. xv + 782 pp.
13. Friederichs, Karl. Ökologie als Wissenschaft von der Natur: oder biologische Raumforschung. Leipzig, 1937. 132 pp.

References

1. Federal State Budgetary Institution «Nizhne-Svirsky State Nature Reserve» [internet]. Available at: <https://www.n-svirsky.ru/o-nas/index.php>. (In Russ.).
2. The Ministry of Natural Resources of the Russian Federation. Nizhne-Svirsky State Nature Reserve. The Chronicle of nature. Book 33. Lodeinoe Pole; 2015. (In Russ.).
3. Appendix No. 1 to the order of the Federal State Budgetary Institution “FNITS Okhota” dated November 14, 2022 No. 74. The methodology of accounting for the number of hunting resources by the method of winter route accounting [internet]. Available at: https://fauna.lenobl.ru/media/uploads/userfiles/2022/11/17/%D0%97%D0%9C%D0%A3_%D0%BE%D1%82_14.11.2022_74_17776406_v1.PDF. (In Russ.).
4. Chronicle of the weather in Lodeynoye Pole. Weather and climat [internet]. Available at: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/22913.htm>. (In Russ.).
5. Weather archive in Lodeynoye Pole [internet]. Available at: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Лодейном_Поле. (In Russ.).
6. Weather archive in Lodeynoye Pole. World-Weather [internet]. Available at: https://world-weather.ru/archive/russia/lodeynoye_pole/. (In Russ.).
7. Chapter XVII of the CC RF. Lands of specially protected territories and objects (current version). Codes and laws [internet]. Available at: <https://www.zakonrf.info/zk/g17/>. (In Russ.).
8. Kovalev V.A., Kudashkin S.I., Oliger T.I. Inventory of vertebrate animals of the Nizhne-Svirsky Reserve (Annotated lists of species). Saint Petersburg; 1996. (In Russ.).
9. Proceedings of the Nizhne-Svirsky State Nature Reserve. Issue 1. Saint Petersburg; 2006. (In Russ.).
10. Ariskina V.A., Ariskina O.V., Ariskin V.A. Winter route accounting. In: Biological diversity and sustainability of forest and urban ecosystems. Materials of the scientific and practical conference, Yalta, September 12-15. 2019 Yalta: Arial Publ.; 2019, p. 155–159. (In Russ.).
11. Oliger T.I. The Chronicle of nature: Rare species. Vertebrates. Scientific research in nature reserves and national parks of the Russian Federation (2015-2021). Issue 5. Simferopol: Business Inform Publ; 2022, p. 205–206. (In Russ.).
12. Andrewartha H. G. and L. C. Birch. The Distribution and Abundance of Animals. Univ. of Chicago Press, Chicago, 1954. xv + 782 pp.
13. Friederichs, Karl. Ökologie als Wissenschaft von der Natur: oder biologische Raumforschung. Leipzig, 1937. 132 pp.

Сведения об авторах

Асоскова Александра Евгеньевна — преподаватель ГБНОУ «Балтийский берег» Городская станция юных туристов, 191119, Санкт-Петербург, ул. Черняховского, д.49, лит. А
тел.: +7 (981) 845-46-26
e-mail: asoskova.oo@gmail.com

Скворцов Владимир Валентинович — д.б.н., профессор кафедры ботаники и экологии ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», Санкт-Петербург, Россия,
ORCID 0000-0001-6140-8542

Information about the authors

Alexandra E. Asoskova — Teacher, Baltiysky Bereg, City Station of Young Tourists, 191119, St. Petersburg, Chernyakhovskogo str. 49, Lit. A.
tel.: +7 (981) 845-46-26
e-mail: asoskova.oo@gmail.com

Vladimir V. Skvortsov — Dr. Sci. (Biol.), Prof., Department of Botany and Ecology, Herzen Russian State Pedagogical University (Herzen University), St. Petersburg, Russia
ORCID 0000-0001-6140-8542
ID Web of Science AAG-5732-2019

ID Web of Science AAG-5732-2019
ID Scopus 7101863670
ID РИНЦ, SPIN-код 66826/9235-5947
тел.: +7 (911) 144-90-78
e-mail: vlad_skvortsov@mail.ru

ID Scopus 7101863670
ID RINTs, SPIN-код 66826/9235-5947
тел.: +7 (911) 144-90-78
e-mail: vlad_skvortsov@mail.ru

Вклад авторов

Асоскова Александра Евгеньевна — существенный вклад в разработку концепции или дизайна работы, сбор, анализ, интерпретация полученных данных, написание статьи;

Скворцов Владимир Валентинович — редактирование с целью повышения ее научной значимости, окончательная доработка версии работы.

Author contribution statement

Alexandra E. Asoskova — substantial contribution to the concept and design of the work; collecting, analyzing, and interpreting data; manuscript writing;
Vladimir V. Skvortsov — editing of the manuscript with introduction of valuable scientific content; preparation of the manuscript for publication.

УДК 94(47).084.8

ББК 63.3(2)622

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-125-130>



«Союзные (Северные) конвои и ленд-лиз 1941–1945 гг.»: открытие выставки в Российском государственном гидрометеорологическом университете

Соломонов В.П.¹✉, Данилевская В.А.²

¹ Фонд сохранения исторической памяти «Международный Центр Северных конвоев», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», Санкт-Петербург, Россия
✉ 9520777@mail.ru

Аннотация. 24 сентября 2024 г. В Российском государственном гидрометеорологическом университете (РГГМУ, Санкт-Петербург) открылась выставка «Союзные (Северные) конвои и ленд-лиз 1941–1945 гг.». На выставке представлены уникальные предметы из Фонда «Международный центр Северных конвоев»: документы, награды, дневники, фотографии, предметы быта моряков, предметы поставок по ленд-лизу, семейные реликвии ветеранов Северных конвоев. Впервые выставлены картины российских и зарубежных художников, посвященные Северным конвоям Великой Отечественной войны.

Ключевые слова: Северные конвои 1941–1945 гг., ленд-лиз 1941–1945 гг., Фонд «МЦСК», выставка «Союзные северные конвои и ленд-лиз 1941–1945 гг.», Российский государственный гидрометеорологический университет

Конфликт интересов: авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Соломонов В.П., Данилевская В.А. Союзные (Северные) конвои и ленд-лиз 1941–1945 гг.: открытие выставки в Российском государственном гидрометеорологическом университете. *Арктика и инновации*. 2024;2(4):125–130. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-125-130>

Allied (Northern) Convoys and Lend-Lease 1941–1945: Exhibition Opening at the Russian State Hydrometeorological University

Vladimir P. Solomonov✉, Varvara A. Danilevskaya

“The Northern Convoys International Centre” Foundation, St. Petersburg, Russia

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia

✉ 9520777@mail.ru

Abstract. On September 24, 2024, the Russian State Hydrometeorological University (RSHMU, St. Petersburg, Russia) opened the exhibition entitled “Allied (Northern) Convoys and Lend-Lease 1941–1945”. The exhibition presents unique artefacts provided by the “Northern Convoys International Center” Foundation, including documents, awards, diaries, photographs, sailors’ everyday items, items of lend-lease supplies, family relics of the Northern Convoys veterans. Paintings by Russian and foreign artists dedicated to the Northern Convoys of the Great Patriotic War and World War II are exhibited for the first time.

Keywords: Northern allied convoys 1941–1945, lend-lease 1941–1945, Northern Convoys International Center, foundation, Allied (Northern) Convoys and Lend-Lease 1941–1945 exhibition

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Solomonov V.P., Danilevskaya V.A. Allied (Northern) Convoys and Lend-Lease 1941–1945: Exhibition Opening at the Russian State Hydrometeorological University. *Arctic and Innovation*. 2024;2(4):125–130. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-125-130>

История Северных конвоев, которыми в Россию (Советский Союз) доставлялись поставки союзнических государств в Мурманскую и Архангельскую области, — это важная, интересная и героическая страница Великой Отечественной и Второй мировой войн, реальный исторический пример того, как народы мира могут консолидироваться во имя достижения победы над общим врагом.

Самыми быстрыми, но одновременно и самыми опасными маршрутами конвоев были маршруты доставки помощи для Советского Союза через Северную Атлантику, Баренцево и Белое моря в обход оккупированной нацистской Германией Норвегии (рис. 1). В целом объем грузов, полученных Северным морским путем, составил 22,6 % от всех поставок союзников по ленд-лизу.

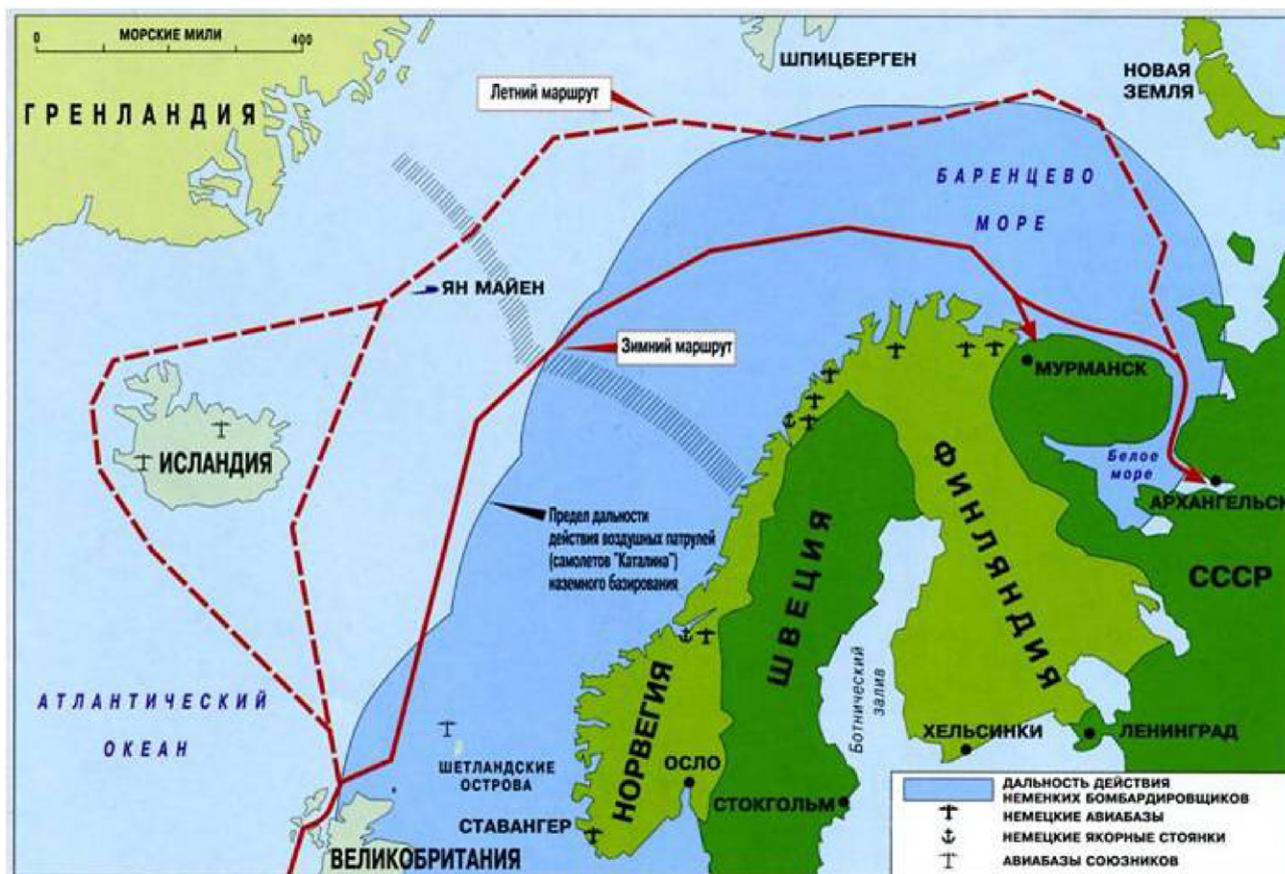


Рис. 1. Маршруты Северных морских конвоев 1941–1945 гг.

Fig. 1. Routes of 1941–1945 Northern Sea convoys



Рис. 2. Корабли охранения первого конвоя стран-союзников «Дервиш» (автор Royal Navy official photographer, Ware, C J (Lt); источник https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Royal_Navy_during_the_Second_World_War_A10306.jpg)

Fig. 2. Ships guarding the first Arctic convoy "Dervish" by the Western Allies (by Royal Navy official photographer, Ware, C J (Lt); source https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Royal_Navy_during_the_Second_World_War_A10306.jpg)

Проводка судов маршрутами Северных конвоев, куда входила и часть Северного морского пути, осуществлялась в основном грузовыми судами союзников, прежде всего США, Великобритании и Канады. За четыре военных года по маршруту, связывавшему порты Мурманск и Архангельск с Исландией и Британскими островами, в составе 75 союзных конвоев были проведены 1548 судов под флагами 11 государств. Их охранением занимался 441 боевой корабль. В охране Северных конвоев со стороны союзников участвовали корабли Великобритании, США, Канады, Норвегии, Польши и Свободной Франции. Всего в советские порты прибыло 40 конвоев. При этом на военные поставки отводилось только 9 % всего тоннажа судов конвоя, а более 90 % составляло промышленное оборудование, продовольствие, металлы и нефтепродукты. Продовольствие занимало четверть всего тоннажа.

Первый конвой под названием «Дервиш» отплыл из Исландии 21 августа 1941 г. и при-

был в Архангельск через 10 дней без потерь. Конвой был относительно небольшим и состоял всего из шести торговых судов. Конвой охраняли три минных тральщика, три эсминца и три противолодочных траулера (рис. 2). В дальнейшем численность судов конвоя могла достигать 35 грузовых судов и 5–16 эскортных военных кораблей-авианосцев, крейсеров, эсминцев и тральщиков. С сентября 1942 г. конвои выходили из залива Лох Ю в Шотландии (Великобритания). С воздуха конвой прикрывала палубная эскадрилья из 40 истребителей-бомбардировщиков Королевских ВВС «Уайлдкэт» и торпедоносцев-бомбардировщиков «Суордфиш». В прибрежных советских водах конвой встречали эсминцы Северного флота «Урицкий» и «Куйбышев». Маршрут конвоев пролегал в 300 км от оккупированной Норвегии и был особенно опасен из-за прохождения вблизи баз немецкой авиации, подводного и надводного флота, а также из-за преобладающей в этих водах плохой погоды. Обычно конвой проходил 1600 км за 10 дней при средней скорости в 20 км/ч.

Арктические конвои отвлекали значительные силы Германии от других театров боевых действий на море. Рейды британских эсминцев у берегов Норвегии заставили немецкое командование предположить, что британцы планируют вторгнуться в Норвегию. Это вместе с очевидной необходимостью остановить арктические конвои в СССР заставило Германию передислоцировать тяжелые надводные немецкие корабли, включая линкор «Тирпиц», в Норвегию.

После неудачной попытки перехватить конвой PQ17 в марте 1943 г. и рейда на Шпицберген в сентябре 1943 г. линкор «Тирпиц» провел большую часть Второй мировой войны в норвежских фьордах, где подвергался постоянным атакам самолетов союзников, пока наконец не был потоплен во фьорде Тромсё 11 ноября 1944 г. Королевскими ВВС. Другие корабли германского флота были вытеснены из норвежских портов или потоплены превосходящими силами противника (например, «Шарнхорст»).

4 декабря 2018 г. в Санкт-Петербурге открылся Международный центр Северных конвоев (МЦСК). Центр создан с благородной и важ-

ной миссией — сохранить и приумножить память об уникальной странице в истории Второй мировой и Великой Отечественной войн — Северных (Арктических) конвоях 1941–1945 гг. Основопологающими целями Международного центра являются увековечение памяти участников конвоев и выражение признательности ветеранам войны за вклад в Победу над нацизмом, оказание помощи ветеранам и их семьям, патриотическое воспитание молодежи, пропаганда мира между народами всех стран и объединение всех людей и организаций, чья деятельность посвящена Северным конвоям.

24 сентября 2024 г. во 2-м («океанологическом») корпусе ФГОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет» прошла торжественная церемония открытия выставки «Союзные (Северные) конвои и ленд-лиз 1941–1945 гг.», организованной Фондом «МЦСК» совместно с руководством РГГМУ (рис. 3).

Приветственное слово в адрес выставки произнес присутствовавший на мероприятии ректор РГГМУ Валерий Леонидович Михеев. Благодарственное письмо руководству



Рис. 3. Открытие выставки «Союзные (Северные) конвои и ленд-лиз 1941–1945 гг. в РГГМУ (фотография Фонда «МЦСК»)

Fig. 3. Opening of the exhibition “Allied (Northern) Convoys and Lend-Lease 1941–1945” at the Russian State Hydrometeorological University (RSHMU, St. Petersburg, Russia). The photo was provided by the “Northern Convoys International Centre” Foundation



Рис. 4. Участники церемонии перерезания ленточки: доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, ветеран ВОВ М.А. Спиридонов, руководитель представительства Архангельской области в Санкт-Петербурге Н.А. Кадашова, ректор Российского государственного гидрометеорологического университета В.Л. Михеев (фотография Комитета Санкт-Петербурга по делам Арктики; источник: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/arkt/news/286425/>)

Fig. 4. Participants of the ribbon-cutting ceremony: M.A. Spiridonov, Dr. Sci. (Geol.-Mineral.), Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, WWII veteran; N.A. Kadashova, Head of the Representative Office of the Arkhangelsk Region in St. Petersburg; V.L. Mikheev, Rector of the Russian State Hydrometeorological University. (photo by the St. Petersburg Committee on Arctic Affairs, <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/arkt/news/286425/>)

Фонда «МЦСК» было вручено от Комитета Санкт-Петербурга по делам Арктики. Кроме того, о сотрудничестве с Фондом «МЦСК» и опыте реализации совместных проектов гостям выставки рассказали сотрудники кафедры международных гуманитарных связей СПбГУ Наталья Михайловна Боголюбова и Юлия Владимовна Николаева. О плодотворном сотрудничестве и планах по углублению совместной работы над сохранением памяти о Северных конвоях говорил и представитель Северного морского музея г. Архангельска Василий Николаевич Абрамовский, вручивший руководству фонда благодарность от Министерства культуры Архангельской области.

В торжественной церемонии перерезания ленточки участвовали ректор РГГМУ Валерий Леонидович Михеев, руководитель представительства Архангельской области в Санкт-Петербурге Наталья Александровна Кадашова и доктор геолого-минералогических наук, академик РАН Михаил Алексан-

дрович Спиридонов (рис. 4). Участие Михаила Александровича в мероприятии стало особенно важным событием, ведь в детском возрасте в военные годы он принимал участие в боевых операциях на Ладожском озере на сторожевом катере «Морской охотник», где служил юнгой. Необходимо отметить, что академик РАН Спиридонов в течение длительного времени сотрудничает с РГГМУ, читая студентам лекции во время зимних «ледовых» практик.

Для своего экспонирования на новом месте выставка, фактически созданная в 2023 г., была дополнена картинами современных художников, показывающими события Северных конвоев и отражающими суровый мир Арктики и российского Севера. Художник-маринист Игорь Кравцов, также присутствовавший на мероприятии, рассказал гостям о своих картинах, запечатленных на них образах и о событиях из истории конвойных операций, послуживших основой для создания произведений.

Выставка «Союзные (Северные) конвои и ленд-лиз 1941–1945 гг.» представлена по адресу: Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д. 3 (ФГОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»).

Сведения об авторах

Соломонов Владимир Петрович — директор Фонда сохранения исторической памяти «Международный Центр Северных конвоев», г. Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д. 3
e-mail: 9520777@mail.ru

Данилевская Варвара Андреевна — старший преподаватель ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7
e-mail: north.convoys.centre@mail.ru

Information about the authors

Vladimir P. Solomonov — Director of the Foundation for Preservation of Historical Memory “Northern Convoys International Center”, 3, Metallistov prospect, St. Petersburg, Russia
e-mail: 9520777@mail.ru

Varvara A. Danilevskaya — Senior Lecturer, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 5/7, Dvinskaya ul., St. Petersburg, Russia
e-mail: north.convoys.centre@mail.ru

Вклад авторов

Соломонов Владимир Петрович — разработка концепции и дизайна статьи, подбор исторической информации, подготовка текстового материала;
Данилевская Варвара Андреевна – подготовка иллюстративного материала, подготовка текстового материала, подготовка статьи к публикации.

Author contribution statement

Vladimir P. Solomonov – concept development, article design, collection of historical data, manuscript writing;
Varvara A. Danilevskaya – illustrative material preparation, manuscript preparation for publication.