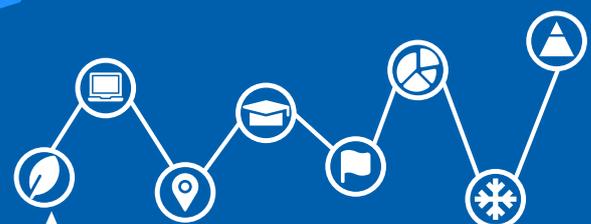


ISSN:3034-1434

Том / Vol. **1**  
№ / No. **1**  
2 0 2 3



# 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 1 / № 1 / 2023

Scientific Journal

# “Arctic and Innovations”

Vol. 1 / No. 1 / 2023



ФГАОУ ВО «МАУ»  
FSAEI HE "MAU"



Том **1**  
№ **1**  
2 0 2 3

#### 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](mailto:arcainnov@mauniver.ru)

#### Выход в свет

15 декабря 2023

#### Копирайт

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», оформление, 2023

#### 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. Sc. (Geography), professor, Russian State Hydrometeorological University (Saint Petersburg, Russian Federation)

### Deputy editor-in-chief

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

### Editorial board

**Ahmad Alaa Ali**, PhD in Geography, environmental expert at the General Ahmad Alaa Ali – PhD (Geoecology), expert of environmental sector 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. Sc. (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, St. Petersburg State University (Saint Petersburg, Russian Federation)

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

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

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

**Stanislav A. Ogorodov**, Dr. Sc. (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. **1**  
# **1**  
2 0 2 3

### 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](mailto:arcainnov@mauniver.ru)

### The publication

15 December 2023

### Copyright

Murmansk Arctic University, layout, 2023

### 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 Приветственное слово председателя Попечительского совета
- 7 Приветственное слово и. о. ректора ФГАОУ ВО «МАУ»
- 8 Методология оценки эффективности научных инновационных исследований арктической направленности  
*Гогоберидзе Г.Г., Румянцева Е.А., Лазарева И.М., Скалабан Е.В., Усова Е.А.*
- 18 Первый российский опыт применения процедур морского пространственного планирования в российской части Баренцева моря  
*Корнеев О.Ю.*
- 32 Количественные методы морского пространственного планирования (экологический аспект) в условиях Крайнего Севера и Арктики  
*Жигульский В.А., Шуйский В.Ф., Чебыкина Е.Ю.*
- 41 Технологии использования цифровых аэромобильных киберфизических платформ в Арктике  
*Бенгерт А.А., Винокур М.В., Ежов Д.А., Биденко С.И.*
- 51 Экологический мониторинг континентального шельфа арктических морей России: выбор критериев, оценка и перспективы  
*Алексеев Д.К.*
- 59 Некоторые особенности термохалинных процессов в прибрежной зоне арктических морей  
*Лукьянов С.В., Карсаков А.Л., Аверкиев А.С., Татаренко Ю.А., Смирнов Ю.Ю.*
- 69 Изменение климатических условий в районе Обской губы  
*Акселевич В.И., Мазуров Г.И.*
- 78 Характеристика морского мусора на высокоширотных островах российской Арктики в современных условиях  
*Валеева Т.А., Мандрыка О.Н.*

Welcome speech by the Chairman of the Board of Trustees	6
Welcome speech by the Acting Rector of the FSAEI HE “MAU”	7
Methodology for assessing the effectiveness of Arctic-oriented innovative scientific research <i>Gogoberidze G.G., Rumiantseva E.A., Lazareva I.M., Skalaban E.V., Usova E.A.</i>	8
First Russian experience of implementing marine spatial planning procedures in the Russian part of the Barents Sea <i>Korneev O.Yu.</i>	18
Quantitative methods of marine spatial planning (environmental aspect) in the Far North and the Arctic zone <i>Zhigulsky V.A., Shuisky V.F., Chebykina E.Yu.</i>	32
Arctic digital airmobile cyberphysical platforms technologies <i>Bengert A.A., Vinokur M.V., Yezhov D.A., Bidenko S.I.</i>	41
Ecological monitoring of the Russian continental shelf of Arctic seas: criterion selection, assessment, and prospects <i>Alexeev D.K.</i>	51
Some features of thermohaline processes in the coastal zone of Arctic seas <i>Lukyanov S.V., Karsakov A.L., Averkiev A.S., Tatarenko Yu.A., Smirnov Yu.Yu.</i>	60
Changes in climatic conditions in the Gulf of Ob region <i>Akselevich V.I., Mazurov G.I.</i>	69
Characteristics of marine litter on Russian High Arctic islands under modern conditions <i>Valeeva T.A., Mandryka O.N.</i>	78

## Приветственное слово председателя Попечительского совета

### **Уважаемые читатели, авторы, редакционная коллегия научного журнала «Арктика и инновации»!**

Создание в Мурманском арктическом университете научного журнала «Арктика и инновации» является важным событием в научной жизни вуза. Проблемы устойчивого инновационного развития такого сложного и стратегически важнейшего региона России, как ее Арктическая зона, постоянно находятся в центре внимания органов государственной власти, институтов гражданского общества и научного сообщества. Это обуславливает необходимость создания эффективной системы не только подготовки высококвалифицированных кадров для различных сфер арктической деятельности, но и повышения качества инновационных разработок для нужд региона и проживающего в нем населения.

Информатизация и цифровизация, ставшие неотъемлемыми элементами государственной политики Российской Федерации, требуют кардинальной интенсификации системы информирования научной общественности и представителей хозяйствующих субъектов Арктики о результатах инновационной деятельности в ключевых областях арктического природопользования. Выражаю надежду, что новый научный журнал «Арктика и инновации» ведущего арктического вуза предоставит такую возможность широкому кругу читателей. Появление новых научных периодических изданий, выпускаемых образовательными организациями России, это хорошая традиция, которая способствует развитию научного потенциала, повышению качества и количества фундаментальных и прикладных научных исследований по различным отраслям науки, выполняемых в интересах государства.

От имени всего Попечительского совета Мурманского арктического университета поздравляю вас с созданием научного журнала «Арктика и инновации». Мы обязательно будем принимать активное участие в его формировании и наполнении и уверены, что журнал, издаваемый университетом, войдет в число ведущих научных периодических изданий и будет востребован широким кругом ученых, специалистов и практиков, работающих в нашей Российской Арктике.

*Т.А. Кусайко,*

депутат Государственной думы Федерального собрания  
Российской Федерации VIII созыва,

председатель Попечительского совета  
Мурманского арктического университета

## Приветственное слово и. о. ректора ФГАОУ ВО «МАУ»

### **Глубокоуважаемые коллеги, читатели и авторы!**

Перед вами первый номер нового научного журнала «Арктика и инновации», который начинает выпускать наш Мурманский арктический университет (МАУ) — крупнейший вуз Кольского полуострова, расположенный за полярным кругом. Он имеет уникальное прошлое, гордится настоящим, с уверенностью смотрит в будущее.

Главной целью университета всегда была и остается подготовка высококвалифицированных и конкурентоспособных профессионалов, знающих и любящих свое дело, умеющих принимать компетентные решения в суровых арктических условиях. Миссия МАУ состоит в развитии Арктики через генерацию новых знаний и технологий, создании условий для привлечения и реализации талантливой молодежи и ученых, в обеспечении инновационного развития и повышении качества жизни населения Арктической зоны Российской Федерации. Научная и инновационная работа университета направлена на развитие фундаментальных и прикладных исследований, создание наукоемкой продукции, удовлетворение потребностей современного производства и общества. Практические результаты научных исследований и разработок университета по самому широкому спектру инновационных технологий находят широкое применение в регионе и в России.

Издание научного журнала позволит существенно расширить научный спектр деятельности университета, найти новые направления сотрудничества с другими научно-образовательными организациями в стране и в мире, открыть возможности для внедрения результатов исследований, проводимых ведущими учеными и специалистами арктической направленности. В журнале будут публиковаться научные статьи по инновационной деятельности во всех сферах обеспечения устойчивого развития арктических территорий и комфортного проживания человека на них. При этом приоритет отдается комплексному, мультидисциплинарному взгляду на процессы, протекающие в Арктическом регионе, в самых разнообразных его аспектах: технических, географических, экономических, социологических, образовательных.

Не секрет, что в современном мире решающую роль играют профессионалы — люди, обладающие знаниями и преданные своему делу. Уверена, что наш научный журнал «Арктика и инновации» сможет стать той платформой, на которой соберутся настоящие профессионалы — авторы и читатели, что откроет широкие возможности для устойчивого развития Арктики и комфортного проживания людей.

И. о. ректора

*Шадрина Ирина Михайловна,*

доктор педагогических наук, доцент,

почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации

УДК 001.38 + 001.893

ББК 65.497.2

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-8-17>



## Методология оценки эффективности научных инновационных исследований арктической направленности

Гогоберидзе Г.Г. ✉, Румянцева Е.А., Лазарева И.М.,  
Скалабан Е.В., Усова Е.А.

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», Мурманск,  
Россия

✉ [gogoberidze.gg@yandex.ru](mailto:gogoberidze.gg@yandex.ru)

**Аннотация.** В работе рассматриваются различные подходы к оценке эффективности научных инновационных исследований и инструментарий проведения анализа. Выделены основные принципы и этапы проведения анализа эффективности научно-исследовательских проектов, на основе чего предложена методология оценки эффективности научно-исследовательских проектов арктической направленности. Методология предложена для четырех основных типов исследовательской деятельности, включая фундаментальные исследования, поисковые исследования, прикладные исследования и опытно-конструкторские работы. Указано, что оценку эффективности научной деятельности организаций возможно проводить на основе совокупных показателей, но принимая во внимание тип организации, реализующей научные проекты арктической направленности.

**Ключевые слова:** научно-исследовательский проект, инновационные исследования, анализ, оценка эффективности, арктическая направленность.

**Конфликт интересов:** авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Гогоберидзе Г.Г., Румянцева Е.А., Лазарева И.М., Скалабан Е.В., Усова Е.А. Методология оценки эффективности научных инновационных исследований арктической направленности. *Арктика и инновации*. 2023;1(1):8–17. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-8-17>

## Methodology for assessing the effectiveness of Arctic-oriented innovative scientific research

Gogoberidze G.G. ✉, Rumiantseva E.A., Lazareva I.M.,  
Skalaban E.V., Usova E.A.

Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia

✉ [gogoberidze.gg@yandex.ru](mailto:gogoberidze.gg@yandex.ru)

**Abstract.** The article examines various approaches to assessing the effectiveness of innovative scientific research and analysis tools. The main principles and stages in the effectiveness analysis of research projects are identified, which served as a basis for the methodology designed to assess the effectiveness of Arctic-oriented research projects. The methodology is proposed for four main types of research activities, including basic research,

exploratory research, applied research, and development work. It is indicated that it is possible to assess the effectiveness of scientific activities conducted by organizations using aggregate indices while taking into account the type of organization implementing Arctic-oriented scientific projects.

**Keywords:** research project, innovative research, analysis, effectiveness assessment, Arctic-oriented

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

**For citation:** Gogoberidze G.G., Rumiantseva E.A., Lazareva I.M., Skalaban E.V., Usova E.A. Methodology for assessing the effectiveness of Arctic-oriented innovative scientific research. *Arctic and Innovations*. 2023;1(1):8–17. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-8-17>

## Оценка эффективности научной деятельности: понятие и возможности

Вопрос оценки эффективности научных исследований является одним из важных в методологии оценки научной деятельности. В проведении таких оценок прежде всего заинтересован заказчик исследований, которому необходимо знать, насколько быстро окупятся вложения в проведение научно-исследовательской работы прикладного либо фундаментального характера. Зачастую желательно оценить получаемую выгоду от реализуемого проекта еще до его начала, т.к. таким образом заказчик имеет возможность определить целесообразность проведения исследования и внедрения созданной инновационной технологии или продукции.

В целом эффект от внедрения научно-исследовательских результатов работы можно представить как их совокупность научного, экономического и социального характера в результате внедрения. В свою очередь, эффективность проведенного исследования является характеристикой реализации научно-исследовательской работы, которая определяется как отношение профицита от внедрения (то есть эффекта научного инновационного исследования) к затратам на выполнение работы и ее внедрение.

Понятия эффекта и эффективности реализации научно-исследовательской работы следует отличать от понятия продуктивности научного исследования. Так, при оценке продуктивности научного исследования социально-экономический эффект не учитывается от внедрения результатов научно-исследовательской работы в практику. В то же время продуктивность научно-исследовательской работы — это количество научной продукции (научной информации),

полученное научным работником или организацией за определенный промежуток времени. Именно поэтому внедрению результатов инновационной деятельности в практику предшествует проведение оценки эффекта и эффективности научно-исследовательской работы. Существует целая система оценок эффективности научных исследований [1, 2]. В эту систему кроме непосредственно оценок эффективности научно-исследовательской работы входят также оценки эффективности работы научных сотрудников и научных организаций.

При этом не стоит забывать, что в целом оценка выгод и затрат научно-исследовательской деятельности является базой для принятия управленческих решений, дающей возможность ответить на следующие вопросы:

- каков может быть результат реализации научно-исследовательской работы и пути его достижения?
- каковы источники формирования общих затрат, их стоимость и возможность оптимизации?
- кто является потребителем инновационных результатов реализованной научно-исследовательской работы?
- какой эффект от реализации научно-исследовательской работы выявлен в процессе сравнения ее выгод и затрат и определения ценности?
- каковы пути и возможности получения дополнительных доходов от реализации проекта, снижения или экономии запланированных затрат на реализацию?

Ответы на вопросы выглядят следующим образом.

1. Оценка результатов выполнения научно-исследовательской работы должна основываться на определении эффективности достижения ее главной цели, отраженной в заданных перед началом реализации

проекта целевых индикаторах, а также в степени достижения основных задач проекта.

2. Разработка критериев оценки эффективности результатов научно-исследовательской работы основывается на анализе ее цели и задач, для каждого проекта она разрабатывается индивидуально, в зависимости от направленности научно-исследовательской работы.

3. Для экспертной оценки ожидаемой эффективности реализации научно-технического проекта и востребованности полученных инновационных результатов должна быть разработана система критериев социальной, экономической и государственной значимости. Такая система включает несколько групп критериев, специфичных для той или иной научно-исследовательской работы и программы, в рамках которой проект реализовался. Вместе с тем имеются несколько групп критериев, учитывающих основополагающие принципы, цель и задачи программы, которые используются при оценке абсолютного большинства научно-исследовательских работ.

4. К числу факторов анализа результатов, полученных в ходе реализации научно-исследовательской работы в рамках какой-либо крупной программы, относятся следующие:

- вклад результата в решение основных задач программы;
- вклад результата в решение социальных проблем;
- востребованность результата;
- практическая реализуемость результата;
- готовность потребителей к освоению результата.

5. Для повышения обоснованности экспертной оценки каждый результат независимо оценивается несколькими (не менее чем двумя) экспертами. Эксперт изучает представленный ему объект экспертизы, оценивает уровень инновационности полученного научно-исследовательского результата по критериям, приведенным в экспертной анкете, а также дает свое письменное агрегированное заключение о значимости результата, которое служит основой для подготовки обобщенного экспертного заключения. Обобщив и проанализировав все полученные по основным критериям характеристики, можно полу-

чить сводную (итоговую) оценку эффективности результатов научно-исследовательских проектов и программ.

Также существует вербальный анализ полученных результатов научно-исследовательской работы — подход в теории и практике многокритериальной оценки и сравнения альтернатив, который разрабатывается в течение многих лет в Институте системного анализа РАН и успешно применяется при решении различных практических задач. Особенностью этих задач является описание рассматриваемых объектов (вариантов, альтернатив) при помощи многих признаков, наличие среди признаков как количественных, так и качественных факторов, причем последние играют в процессе оценки не меньшую роль, чем первые. Групповой вербальный анализ решений с применением аппарата теории множеств предлагается в качестве инструментария для анализа многокритериальной оценки научно-технических результатов [3–6].

Также не стоит забывать, что в условиях рыночной экономики решающее значение имеет принятие обоснованных и оперативных управленческих решений, что невозможно без качественного информационного обеспечения. Важнейшей составляющей механизма формирования и раскрытия полезной экономической информации об ограниченных ресурсах хозяйствующего субъекта является инвестиционный анализ, который позволяет не только выявить закономерности и связи между экономическими явлениями и процессами инвестиционного характера и на этой базе спрогнозировать их возможные последствия и динамику, но и оценить результаты и риски самой инвестиционной деятельности. В условиях быстро меняющейся рыночной среды на первый план выходят глубокие знания теории инвестиционного анализа, его методологии, практических методик, что позволяет приспособиться к изменениям как во внешней, так и во внутренней среде хозяйственной деятельности организации и обеспечивает обоснование принятия качественных управленческих решений в целях задействования всех резервов развития научного потенциала организации, роста количества успешно выполненных проектов и приумножения доходов предприятия [7, 8].

## Инструментарий анализа эффективности реализации научно-исследовательских проектов

Результаты анализа опыта развитых стран в части использования организационных структур и интеграционных форм взаимодействия науки и бизнеса для стимулирования инновационной деятельности применительно к региональному уровню социально-экономических преобразований показывают отдельные возможности их использования с учетом реалий современной российской экономики и создания условий для интеграции научных учреждений и производственных предприятий в целях развития инновационной деятельности в российских регионах [9]. При этом в самом общем смысле можно утверждать, что затраты на научные исследования эффективны тогда, когда они порождают накопление научно-технических знаний, образовательного и культурного потенциала общества и в итоге обеспечивают экономический рост [10, 11]. Однако количественная оценка макроэкономической эффективности затрат на науку до сих пор сталкивается с рядом методологических и технических (последние обусловлены в первую очередь отсутствием необходимых статистических данных) проблем. В то же время корректная оценка эффективности затрат на научные исследования позволит решить проблему эффективного распределения общественных ресурсов, в том числе на научные исследования и инновации, что актуально не только для России, но и для остальных развитых стран. Признанные авторитеты в этой сфере, в частности Э. Денисон, Э. Мэнсфилд, Р. Солоу, Дж. Эрроу, единогласны в том, что полная оценка эффективности науки в целом (фундаментальные исследования, прикладные исследования, разработки) путем сопоставления затрат и результатов не приводит к корректному результату прежде всего потому, что достижения фундаментальных исследований не всегда поддаются стоимостной оценке, так как любой научный труд обусловлен частично трудом современников, а частично использованием того, что создано предшественниками [12].

Стоит обратить внимание, что инструментальный анализ эффективности реализации научно-исследовательских проектов может

также основываться на показателях оценки инвестиционных проектов, но с учетом специфики разработки и реализации проектов по его этапам. Тогда при проведении анализа научно-исследовательских работ стоит придерживаться следующих принципов [13]:

- учет расчетного времени, рассмотрение всего жизненного цикла научно-исследовательского проекта;
- моделирование ресурсного обеспечения научно-исследовательского проекта по всем стадиям его жизненного цикла;
- анализ рынка научно-исследовательских проектов, сравнение условий разных возможностей вариаций реализации проектов;
- учет фактора времени в оценке параметров внешнего экономического окружения;
- учет влияния научно-исследовательского проекта по экономическим, социальным и экологическим аспектам;
- учет многоэтапности анализа эффективности по всем стадиям жизненного цикла научно-исследовательского проекта и корректировка на каждой стадии его реализации, обоснование размера расходов, технико-экономическое обоснование, мониторинг, анализ и уточнение показателей;
- учет влияния инфляции, анализ неопределенности и риска, обоснование и поиск путей предотвращения рисков.

В результате анализ эффективности научно-исследовательских проектов можно разделить на следующие этапы.

1. Проведение экспертами оценки значимости проекта для народно-хозяйственных и глобальных проектов, его применимости, возможностей научно-исследовательского проекта. Для менее глобальных проектов оценка осуществляется лишь по коммерческой эффективности реализации научно-исследовательских проектов, разрабатываются критерии отбора к принятию научно-исследовательских проектов.

2. Оценка научно-технических аспектов проекта, его важности, новизны, вероятности завершения проекта.

3. Расчет основных экономических показателей научно-исследовательского проекта для оценки эффективности инвестирования в него.

4. Оценка социальной значимости проекта.

5. Определение и оценка классификационных признаков расходов по научно-исследовательскому проекту, а также определение дополнительных выгод и затрат при реализации проекта.

6. Количественная оценка эффективности реализации проекта по всем анализируемым показателям.

7. Оценка результативности освоенного объема при реализации проекта.

8. Принятие решения о реализации или нерентабельности реализации проекта.

## Методология оценки эффективности научно-исследовательских проектов арктической направленности

Доказано, что эффективность является одним из важных критериев для оценки качества любой профессиональной деятельности, в том числе и научной. В общем случае эффективность определяется как соотношение между использованными ресурсами и достигнутым результатом. Единицей научной деятельности можно считать проект, имеющий тематическую направленность. Тогда оценка эффективности научных исследований будет определяться через понятия ресурсов и результатов реализации такого проекта.

Главной проблемой измерения эффективности в научно-исследовательской деятельности является тот факт, что в большинстве случаев научно-исследовательская деятельность не направлена напрямую на получение экономического эффекта, особенно если речь идет о результатах фундаментальной науки. Другая объективная проблема оценки эффективности инвестиций в науку носит больше технический характер и заключается в нехватке статистических ресурсов. Неполнота статистических данных значительно ограничивает возможности анализа научно-технической деятельности и затрудняет проведение оценки проектной деятельности.

Также методика оценки эффективности научных исследований и их результатов напрямую связана с типом проводимых

исследований. Для проектов арктической направленности, как и для иных научных проектов, можно выделить 4 основных типа научно-исследовательской деятельности:

- фундаментальные исследования;
- поисковые исследования;
- прикладные исследования;
- опытно-конструкторские работы.

Результаты фундаментальных и поисковых исследований, как правило, не подлежат коммерциализации, а нацелены на признание через публикацию в научных изданиях. Кроме того, результаты этих исследований могут иметь неопределенный временной характер взаимосвязи с прикладными научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами. Разрыв между фундаментальным и поисковым исследованием и непосредственно технологической инновацией, основанной на результатах фундаментальных исследований, может составлять от нескольких месяцев до десятков лет. Таким образом, чисто экономический эффект результатов фундаментальных исследований зачастую рассчитать не удается и может быть дан лишь качественный прогноз экономической рациональности тематики исследований, достижение которой возможно в будущем. Оценка эффективности фундаментальных исследований базируется в основном на качественных показателях, характеризующих обоснованность и новизну результатов исследования, широту их применения в различных областях деятельности человека, а также возможность проведения на их основе прикладных исследований. Важным показателем является также индекс цитируемости публикаций, выполненных по результатам исследования.

Напротив, по прикладным исследованиям и опытно-конструкторским работам помимо научного и технического возможно выявление экономического эффекта и результативности.

В целом можно выделить следующие основные методы оценки эффективности реализации научных проектов:

- наукометрический (библиометрический) метод, сущность которого основывается на показателях публикационной активности;
- финансово-экономический метод, сущность которого основывается на расчете

экономических показателей результативности проекта;

- экспертный метод, сущность которого основывается на экспертной оценке результативности проекта на основе разработанной системы критериев.

Необходимо также принять во внимание, что ресурсы (Р) для научного проекта складываются из двух основных составляющих:

- объем выделенного на реализацию проекта финансирования,
- количество научных сотрудников.

Второй ресурсный показатель в денежной интерпретации выражается как объем заработной платы на период реализации проекта, выплаченный научным сотрудникам дополнительно к объему финансирования проекта.

Для **наукометрического (библиометрического) метода** главными критериями оценки становятся продукты научной деятельности (ПНД), включая публикации и их цитирование, а также результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в результате реализации проекта в виде количественного показателя. В этом случае эффективность реализации проекта будет рассчитываться по формуле (1):

$$\text{Эф}_1 = \frac{P}{\sum(\text{ПНД}_i * \omega_i)}, \quad (1)$$

где Р — объем затрачиваемых ресурсов, млн руб.,

ПНД<sub>і</sub> — і-й продукт научной деятельности,

ω<sub>і</sub> — весовой коэффициент, учитывающий значимость продукта научной деятельности (например, квартиль журнала, вид РИД и т.п.).

Эффективность в данном случае будет интерпретироваться как объем финансирования на единицу результата научных исследований арктической направленности.

В качестве возможного варианта, принимая вариабельность весового коэффициента ω<sub>і</sub> в пределах от 0 до 1, можно предложить следующие значения ω<sub>і</sub> в зависимости от значимости результата научной деятельности:

- число публикаций в научных журналах Q1–Q2, индексируемых в ведущих международных базах научного цитирования, значение ω<sub>і</sub> = 1,0;
- число публикаций в научных журналах Q3–Q4, индексируемых в ведущих международных базах научного цитирования, или входящих в перечень RSCI, или входящих в ядро базы данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), значение ω<sub>і</sub> = 0,7;
- число публикаций в научных журналах, включенных в перечень ВАК, значение ω<sub>і</sub> = 0,5;
- число публикаций в научных журналах, входящих в базу данных РИНЦ, значение ω<sub>і</sub> = 0,1;
- количество рецензируемых монографий, значение ω<sub>і</sub> = 0,5;
- число ноу-хау, значение ω<sub>і</sub> = 0,9;
- число полученных патентов, топологий интегральных схем, значение ω<sub>і</sub> = 0,7;
- число полученных свидетельств для баз данных / программ для ЭВМ, значение ω<sub>і</sub> = 0,3;
- число защищенных докторских диссертаций по теме научного исследования, значение ω<sub>і</sub> = 1,0;
- число защищенных кандидатских диссертаций по теме научного исследования, значение ω<sub>і</sub> = 0,7.

Для **финансово-экономического метода** можно выделить два основных подхода:

- непосредственный доход организации (ДО) от выполнения научно-исследовательских и технологических проектов арктической направленности, например финансовая результативность от внедрения и использования РИД, инновационной технологии и т.п. В этом случае эффективность будет рассчитываться по формуле (2):

$$\text{Эф}_2 = \frac{\text{ДО}}{P} \quad (2)$$

и интерпретироваться как степень возврата от финансовых вложений в научные исследования арктической направленности;

- отложенный доход (ОД) от выполнения научно-исследовательских и технологических проектов арктической направленности, например доход от запуска промышленной серии инновационного продукта, от внедрения инновационной технологии

в промышленный процесс, выделенного финансирования на продолжение научных исследований (в частности, на продолжение и развитие фундаментального исследования) и т.п. В этом случае эффективность будет рассчитываться по формуле (3):

$$\text{Эф}_3 = \frac{\sum \text{ОД}_i}{P}, \quad (3)$$

где  $\text{ОД}_i$  —  $i$ -й вид отложенного дохода.

Эффективность такого вида будет интерпретироваться как величина дохода от вложенной единицы финансирования в научные исследования арктической направленности. Необходимо отметить, что данный вид эффективности может носить прогностический характер.

Для **экспертного метода** оценки эффективности реализации научно-технического проекта должна быть разработана система критериев социальной, экономической и государственной значимости результатов научно-технической деятельности, полученных при выполнении программы. Такая система включает несколько групп критериев, специфичных для той или иной программы и соответствующих проекту. Вместе с тем имеется несколько групп критериев, учитывающих основополагающие принципы, цели и задачи программы, которые используются при оценке абсолютного большинства научно-исследовательских проектов.

- степень достижения заложенных перед началом реализации проекта результатов его реализации;
- вклад результата в решение основных задач программы;
- вклад результата в решение социальных проблем;
- востребованность результата;
- практическая реализуемость результата;
- готовность потребителей к освоению результата.

Эффективность в этом случае будет рассчитываться по формуле (4):

$$\text{Эф}_4 = \sum (K_i * \omega_i), \quad (4)$$

где  $K_i$  —  $i$ -й коэффициент значимости результата;

$\omega_i$  — весовой коэффициент, учитывающий значимость критерия оценки эффективности реализации проекта.

В качестве возможного варианта, принимая вариабельность весового коэффициента  $\omega_i$  в пределах от 0 до 1, можно предложить следующие значения комбинаций коэффициента значимости результата  $K_i$  и весового коэффициента  $\omega_i$ , в зависимости от значимости результата научной деятельности:

- актуальность научных исследований для достижения целей укрепления национальной безопасности АЗРФ, значение  $K_i$  от 0 (тематика не актуальна для АЗРФ) до 1 (тематика является приоритетной для достижения целей укрепления национальной безопасности АЗРФ), значение весового коэффициента  $\omega_i = 0,5$ ;
- соответствие результатов мировому уровню, значение  $K_i$  от 0 (результаты ниже мирового уровня) до 1 (результаты превышают мировой уровень и являются определяющими для достижения целей укрепления национальной безопасности АЗРФ), значение весового коэффициента  $\omega_i = 0,7$ ;
- степень достижения заложенных перед началом реализации проекта результатов его реализации, значение  $K_i$  от 0 (ни один из заявленных результатов не достигнут) до 1 (все заявленные результаты достигнуты в полном объеме), значение весового коэффициента  $\omega_i = 1,0$ ;
- вклад результатов проекта в решение социально-экономических проблем АЗРФ, значение  $K_i$  от 0 (вклад отсутствует) до 1 (результаты проекта внесут значительный вклад), значение весового коэффициента  $\omega_i = 0,5$ ;
- практическая реализуемость результата, значение  $K_i$  от 0 (практическая реализуемость отсутствует) до 1 (высокая степень практической реализуемости), значение весового коэффициента  $\omega_i = 0,8$ ;
- востребованность результата, значение  $K_i$  от 0 (не востребован) до 1 (высокая степень востребованности), значение весового коэффициента  $\omega_i = 0,9$ ;
- результаты внедрены в практику деятельности хозяйствующего субъекта АЗРФ, значение  $K_i$  от 0 (никакие результаты не внедрены) до 1 (все практикоориентированные результаты проекта внедрены в деятельность хозяйствующего субъекта), значение весового коэффициента  $\omega_i = 1,0$ .

Для повышения обоснованности экспертной оценки каждый результат независимо оценивается несколькими (не менее

чем двумя) экспертами. Эксперт изучает представленный ему объект экспертизы, оценивает полученный научно-технический результат по критериям, приведенным в экспертной анкете, а также дает свое письменное агрегированное заключение о значимости результата, которое служит основой для подготовки обобщенного экспертного заключения. Обобщив и проанализировав все полученные по основным критериям характеристики, можно получить сводную (итоговую) оценку эффективности результатов научно-технических проектов и программ, как средневзвешенное значение оценок, полученных от всех экспертов.

В целом, исходя из типизации самих исследований и методов оценки их эффективности можно указать, что:

- оценку эффективности реализации фундаментальных исследований удобнее производить по показателям Эф\_1 и Эф\_4, но при необходимости можно также воспользоваться оценкой Эф\_3;
- оценку эффективности реализации поисковых исследований удобнее производить по показателям Эф\_3 и Эф\_4, но при необходимости можно также воспользоваться оценкой Эф\_1;
- оценку эффективности реализации прикладных исследований удобнее производить по показателям Эф\_2 и Эф\_4, но при необходимости можно также воспользоваться оценкой Эф\_3;
- оценку эффективности реализации опытно-конструкторских работ удобнее производить по показателю Эф\_3, при необходимости можно также воспользоваться оценкой Эф\_4.

Оценку эффективности научной деятельности организаций возможно проводить на основе совокупных показателей, но принимая во внимание тип организации, реализующей научные проекты арктической направленности. Можно выделить три основных типа организаций:

- научные организации, которые имеют в своем составе значительный, доходящий до 100, процент научных работников к общей численности работников организации. Данный тип организаций в основном реализует фундаментальные, поисковые и прикладные проекты;
- научно-образовательные организации (университеты), которые имеют в основ-

ном профессорско-преподавательский состав, который также может быть задействован в процессе реализации научных проектов, и невысокий процент научных работников к общей численности работников организации. Данный тип организаций в основном реализует поисковые и прикладные проекты;

- коммерческие организации, которые зачастую не имеют научных структурных подразделения и научных работников. Данный тип организаций в основном реализует прикладные проекты и опытно-конструкторские работы.

Предполагается, что исходными данными для предлагаемой методики является информация, размещаемая в Единой государственной информационной системе учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКР), а также данные мониторинга развития науки и технологий в Арктической зоне, проводимого Минобрнауки России.

## Заключение

В результате проведенного исследования предложена методология оценки эффективности реализации научных исследований арктической направленности. Данная методика может быть предложена для внедрения в практику деятельности федеральных и региональных органов власти для оценки эффективности реализации подведомственными научными и научно-образовательными организациями научно-исследовательских проектов в зависимости от направленности и вида научно-исследовательской работы.

При этом для проведения корректных оценок эффективности реализации научно-исследовательского проекта необходимо рекомендовать всем федеральным и региональным органам власти, подведомственные учреждения которых проводят научно-исследовательскую и научно-технологическую деятельность в Арктической зоне Российской Федерации, включить необходимые для проведения оценки эффективности реализации научных исследований арктической направленности параметры в перечень обязательных для предоставления в качестве отчетных, в частности в Единую государственную

информационную систему учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР). Кроме того, ЕГИСУ НИОКТР важно включить необходимые для проведения оценки эффективности реализации научных исследований арктической направленности параметры в перечень обязательных для предоставления при заполнении отчетных форм по реализации проекта.

### Благодарности

Исследование выполнено в рамках реализации проекта государственного задания Минобрнауки России, паспорт проекта №4296-23, и инициативной НИОКТР № 122061400032-7.

### Acknowledgments

The study was conducted under the project of the Ministry of Science and High Education of Russia (project passport No. 4296-23) and independent research and development project No. 122061400032-7.

## Список литературы

1. Основы научных исследований и организация научно-исследовательской деятельности [интернет]. Режим доступа: <https://intellect.icu/category/BASES-OF-SCIENTIFIC-RESEARCH-and-organization-of-research-activities>
2. Асаул А.Н., Рыбнов Е.И., Щербина Г.Ф., Асаул М.А. Анализ научно-технических данных и результатов исследований. Москва: Юрайт; 2023.
3. Рассел Д.А. Управление высокотехнологическими программами и проектами. Москва: ДМК Пресс, Компания АйТи; 2006.
4. Рошин А.В. Методический подход к оценке эффективности результатов научно-технических программ. Экономический анализ: теория и практика. 2013;(21):10–18.
5. Фалько С.Г. Управление нововведениями на высокотехнологичных предприятиях. Москва: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана; 2007.
6. Лебедев Г.С., Крылов О.Б., Леляков А.И., Миронов Ю.Г., Ткаченко В.В. Интегральная оценка эффективности научно-исследовательских работ в научных учреждениях Минздрава России. Современные наукоемкие технологии. 2019;(1):69–75.
7. Асаул А.Н., Биба В.В., Скрыльник А.С., Чевганова В.Я. Инвестиционный анализ. Москва: Проспект; 2016.
8. Дерман Д.О. Теоретические подходы к обоснованию необходимости регулирующего воздействия государства в сфере инновационной деятельности. Научное обозрение. Экономические науки. 2015;(1):136–145.
9. Ларин С.Н., Жилиякова Е.В. Организационные структуры и интеграционные формы науки и бизнеса как фактор стимулирования инновационной деятельности на региональном уровне. Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012;(19):17–28.
10. Овчаров О.А. Актуальные проблемы современных научных исследований: методология, экономика, статистика: сборник статей. Москва: Директ-Медиа; 2013.
11. Шумский В.И., Андреева И.Л., Гуров А.Н., Абрамова И.Ю. Оценка эффективности внедрения результатов научной деятельности сотрудников МОНИКИ в работу здравоохранения Московской области. Альманах клинической медицины. 2009;(21):71–76.
12. Федотов А.В., Васецкая Н.О. Оценка макроэкономической эффективности научных исследований в России. Университетское управление: практика и анализ. 2013;(3):61–67.
13. Яковлева А.Ф. Об основных подходах к оценке результативности научных исследований в России. В: Рубцов А.В., сост. Измерение философии. Об основаниях и критериях оценки результативности философских и социогуманитарных исследований. Москва: ИФРАН; 2012, с. 144–156.

## References

1. Basics of scientific research and organization of research activities [internet]. Available at: <https://intellect.icu/category/BASES-OF-SCIENTIFIC-RESEARCH-and-organization-of-research-activities>. (In Russ.)
2. Asaul A.N., Rybnov E.I., Shcherbina G.F., Asaul M.A. Analysis of scientific and technical data and research results. Moscow: Yurait Publ.; 2023 (In Russ.)
3. Rassel D.A. Management of high-tech programs and projects. Moscow: DMK Press, IT-Company; 2006. (In Russ.)
4. Rostchin A.V. Methodological approach to evaluating the effectiveness of the results of scientific and technical programs. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic analysis: theory and practice*. 2013;(21):10–18. (In Russ.)
5. Falko S.G. Innovation management at high-tech enterprises. Moscow: N.E. Bauman MSTU Publ.; 2007. (In Russ.)
6. Lebedev G.S., Krylov O.B., Lelyakov A.I., Mirinov Yu.G., Tkachenko V.V. Efficiency Integral Assessment of Research Works in Research Institutions of the Ministry of Public Health of Russia. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii = Modern high technologies*. 2019;(1):69–75. (In Russ.)
7. Asaul A.N., Biba V.V., Skrylnik A.S., Chevganova V.Ya. Investment analysis. Moscow: Prospect Publ.; 2016. (In Russ.)
8. Derman D.O. Theoretical Approaches to the Substantiation of the Need of the Control Action of State in the Sphere of the Innovation Activity. *Nauchnoe obozrenie. Ekonomicheskie nauki = Scientific Review. Economic Sciences*. 2015;(1):136–145. (In Russ.)
9. Larin S.N., Zhilyakova E.V. Organizational structures and integration forms of science and business as a factor of stimulating innovation activity at the regional level. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*. 2012;(19):17–28. (In Russ.)
10. Ovcharov O.A. Actual problems of modern scientific research: methodology, economics, statistics. Moscow: Direct-Media Publ.; 2013. (In Russ.)
11. Shumsky V.I., Andreyeva I.L., Gurov A.N., Abramova I.Yu. Assessment of Efficiency of Moniki Staff Research Results Introduction Into Medical Practice of Moscow Regional Public Health Institutions. *Al'manakh klinicheskoi meditsiny = Almanac of Clinical Medicine*. 2009;(21):71–76. (In Russ.)
12. Fedotov A.V., Vasetskaya N.O. The assessment of macroeconomic effectiveness of scientific investigations in Russia. *University Management: Practice and Analysis*. 2013;(3): 61–67. (In Russ.)
13. Yakovleva A.F. Ob osnovnykh podkhodakh k otsenke rezul'tativnosti nauchnykh issledovaniy v Rossii. In: Rubtsov A.V., compiler. *The dimension of philosophy. On the basics and criteria for evaluating the effectiveness of philosophical and socio-humanitarian research*. Moscow: IFRAN; 2012, p. 144–156. (In Russ.)

УДК 55:577.4.  
ББК 28.088  
<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-18-31>



# Первый российский опыт применения процедур морского пространственного планирования в российской части Баренцева моря

**Корнеев О.Ю.**

Морской корпус Петра Великого Военно-научного центра ВМФ,  
Санкт-Петербург, Россия  
✉ [olegkorneev@yandex.ru](mailto:olegkorneev@yandex.ru)

**Аннотация.** Процедура «морское пространственное планирование» (МПП) широко применяется в приморских странах всего мира. Основой МПП является учет всех видов текущей и запланированной хозяйственной деятельности на море и оценка их влияние на все биотические и абиотические компоненты экосистемы. В 2013–2015 гг. в России впервые под эгидой Министерства природных ресурсов и экологии был реализован пилотный проект по реализации МПП в российской части Баренцева моря для выполнения поручения Президента РФ. В результате выполнения проекта были выработан перечень экологических ограничений и предложений для каждого вида хозяйственной деятельности в Баренцевом море. На основе данных предложений Правительством РФ была разработана дорожная карта по внедрению процедуры МПП в РФ на 2015–2018 гг. и доклад Президенту РФ.

**Ключевые слова:** морское пространственное планирование, Баренцево море, морская среда, экосистема, судоходство, порты, минеральные ресурсы, рыболовство, туризм, интегральная оценка, техногенное воздействие, управление, мониторинг, Морской пространственный план

**Конфликт интересов:** авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Корнеев О.Ю. Первый российский опыт применения процедур морского пространственного планирования в российской части Баренцева моря. *Арктика и инновации*. 2023;1(1):18–31. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-18-31>

## First Russian experience of implementing marine spatial planning procedures in the Russian part of the Barents Sea

**Korneev O.Yu.**

Peter the Great Naval Corps — Saint Petersburg Naval Institute,  
Saint Petersburg, Russia  
✉ [olegkorneev@yandex.ru](mailto:olegkorneev@yandex.ru)

**Abstract.** Marine spatial planning is widely used in coastal countries across the world. This approach is based on taking into account all current and planned marine economic activities and assessing their impact on all biotic and abiotic components of the ecosystem. In 2013–2015, a pilot project involving the implementation of marine spatial planning in the Russian part of the Barents Sea was completed in Russia for the first time under the auspices of the Ministry of Natural Resources and Environment to comply with the order of the President of the Russian Federation. The project yielded a list of environmental restrictions and proposals for each type of economic activity in the Barents Sea. These proposals were used by the Government of the Russian Federation to develop a roadmap to implementing marine spatial planning in the Russian Federation in 2015–2018 and prepare a report for the President of the Russian Federation.

**Keywords:** marine spatial planning, Barents Sea, marine environment, ecosystem, navigation, ports, mineral resources, fishery, tourism, integral estimation, anthropogenic impact, management, monitoring, marine spatial plan

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

**For citation:** Korneev O.Yu First Russian experience of implementing marine spatial planning procedures in the Russian part of the Barents Sea. *Arctic and Innovations*. 2023;1(1):18–31. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-18-31>

В «Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года» (2010) предусмотрено развитие такого подхода к регулированию хозяйственной деятельности на море, как «комплексное управление морским природопользованием». В качестве одного из инструментов для реализации указанного подхода было предложено «использование и развитие инструментария морского пространственного планирования» (МПП).

Тем не менее необходимо констатировать, что в настоящее время в России отсутствуют национальные документы по проведению процедуры МПП. В то же время за рубежом наряду с национальными документами по имплементации МПП страны учитывают положения международного документа «Руководство по МПП» Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО ООН («A Step-by-Step Approach toward Ecosystem-based Management», 2009 и его обновленная версия 2014 г. (IOC Evaluating Marine Spatial Plans. Manuals and Guides, N°. 70, ICAM Dossier N°. 8, 2014)). Согласно данным документам основной целью МПП является достижение оптимального уровня развития морского природопользования в акватории при сохранении благополучного уровня биоразнообразия экосистемы.

Президент РФ В.В. Путин 29.06.2014 г. подписал Перечень поручений Правительству РФ по итогам проведенного 05.06.2014 г. в Санкт-Петербурге Совещания по вопросам безопасного освоения Арктики. В пункте 3в

этого Перечня было указано «Разработать пилотный проект комплексного управления природопользованием в арктических морях и реализовать его в российской части Баренцева моря» к февралю 2015 г.

Ресурсный потенциал морей Арктики, и в том числе Баренцева моря, является востребованным для решения многих задач социально-экономического развития страны. Так, например, интенсивность и объем морских грузоперевозок по Северному морскому пути (СМП) постоянно увеличивается, и в 2021 г. объем составил уже 34,85 млн т, что по сравнению с самым развитым этапом советского периода в 1987 г. (7 млн т) составляет превышение почти в 5 раз [1]! Однако согласно федеральному проекту «Развитие Северного морского пути», входящему в Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период 2024 г., разработанному согласно Указу Президента России от 7.05.2018, развитие СМП продолжится, и уже к 2024 г. предполагается выйти на 80 млн т, а к 2030 г. — на 110 млн т! При этом глава Росатома на Восточном экономическом форуме в 2021 г. объявил, что к 2035 г. объем грузоперевозок должен достичь 250 млн т!

Таким образом, нагрузка на морские экосистемы Баренцева моря в транспортных коридорах по сравнению с 2021 г. возрастает почти в 8 раз, а относительно советского 1987 г. — в 35 раз! Все это, безусловно, скажется на состоянии всех элементов

экосистемы: как биотических (живых: фитопланктон, зоопланктон, бентос, рыбы, морские млекопитающие, птицы, инвазийные организмы), так и абиотических (неживых: вода, дно, воздух, изменения климата).

На арктическом шельфе к настоящему времени выявлены крупные месторождения углеводородов, а в Печорском море на нефтяном месторождении Приразломное уже с декабря 2013 г. идет добыча нефти, которую с морской стационарной ледостойкой платформы круглогодично отгружают на танкеры для перевозки.

Кроме этого, в Баренцевом море активно осуществляется промышленное рыболовство, являющееся важным компонентом продовольственной безопасности России. Также в Баренцевом море активно проводятся учения Военно-Морского флота и осуществляется круизный туризм.

Таким образом, в настоящее время для применения процедуры МПП для планирования развития хозяйственной деятельности в арктических морях и, в частности, в российской части Баренцева моря, имеются правовые и экологические основания. Однако для реализации поручения Президента РФ 2014 г. в России отсутствовали отечественные нормативно-методические документы по процедуре проведения МПП.

Реализуя положения Стратегии развития морской деятельности РФ и во исполнение п. 3в Перечня поручений Президента РФ, Министерство природных ресурсов и экологии (Минприроды) в 2013–2015 гг. организовало выполнение научно-исследовательской работы (НИР), в рамках которой впервые в России был разработан Пилотный проект морского пространственного планирования в российской части акватории Баренцева моря (Государственный контракт с ОАО «Севморгео» № РГ-10-23/240, закончен в 2015 г.) в целях обеспечения экосистемного подхода при планировании хозяйственного использования данного моря (автор статьи являлся научным и организационным руководителем данной НИР).

Научные исследования по применению процедуры МПП в Баренцевом море проходили в рамках двухсторонних контактов с Норвегией: в контексте работы Морской

группы Смешанной российско-норвежской комиссии по охране окружающей среды, осуществляющей свою деятельность под эгидами природоохранных министерств двух стран [2]. В Норвегии с 2006 г. на государственном уровне реализуются планы по управлению ресурсами отдельных районов Баренцева моря. С учетом этого опыт соседей был детально рассмотрен.

Кроме АО «Севморгео» — разработчика и координатора в команду разработчиков Пилотного проекта также входили: ФГБУ «Арктический и антарктический НИИ» (СПб); ФГУП «Полярный институт рыбного хозяйства и океанографии» (Мурманск); ФГБУ «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга»; Мурманский морской биологический институт РАН; ФГБУ «ВНИИ Экология» (Москва) и Всемирный фонд дикой природы в России (Мурманск и Москва).

Для достижения поставленной цели в проекте решались следующие задачи:

- анализ существующих международных и отечественных документов в области морского пространственного планирования и планов по управлению морскими ресурсами;
- формулировка цели и задач морского пространственного планирования в российской части Баренцева моря;
- временной горизонт планирования (10 лет);
- оценка текущего состояния экосистемы (абиотических и биотических компонент), оценка ожидаемых изменений климата и их влияние на будущее состояние морской экосистемы Баренцева моря в целом;
- оценка текущего и будущего состояния развития основных отраслей народного хозяйства в российской части Баренцева моря на основе анализа действующих утвержденных соответствующих государственных и отраслевых документов;
- пространственное цифровое картографирование текущего и будущего состояния параметров экосистемы и зон развития отраслей народного хозяйства;
- выявление пространственных зон конфликтов между отраслями народного хозяйства на текущем уровне и в будущем;
- выявление пространственных зон конфликтов между интегральной оценкой биоразнообразия экосистемы и зонами развития отраслей народного хозяйства на текущий момент и в будущем;

- разработка пространственного (комплексного) Плана управления ресурсами в российской части Баренцева моря на основе учета сформулированных предложений по регулированию развития отраслей народного хозяйства на основе учета установленных текущих и будущих экологических угроз при запланированном уровне техногенной нагрузки (законодательные и управленческие);
- разработка предложений по мониторингу хода выполнения Плана управления и его последующей адаптации к изменяющимся условиям в ходе его реализации.
- Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2020 года (2014 г.);
- Стратегии развития Мурманской и Архангельской областей, включая Ненецкий автономный округ, до 2020 года и на период до 2025 года (2013 г.);
- Программа ОАО «Газпром» по освоению ресурсов углеводородов на шельфе Российской Федерации до 2030 года (2011 г.);
- официальные документы и сайты частных компаний: ОАО «Совкомфлот», ОАО «Роснефть».

Структура отчета НИР по разработке пилотного проекта приведена в приложении 1.

Основными методами работ были:

- анализ натуральных данных о состоянии экосистемы российской части Баренцева моря и данных о развитии отраслей народного хозяйства, приведенных в соответствующих стратегических документах по их развитию;
- проведение процедуры МПП с учетом положений Руководства Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО по морскому пространственному планированию и опыта Норвегии.

Для оценки текущего и планируемого в будущем уровня техногенной нагрузки на экосистему российской части Баренцева моря были проанализированы следующие программные стратегические документы по развитию отраслей народного хозяйства применительно к региону Баренцева моря:

- Государственная программа «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (Правительство РФ, Минприрода, 2014);
- Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. (Минэнерго, 2009);
- Транспортная стратегия РФ до 2030 г. (с изменениями от 2014 г.);
- Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 г. (ФГУП «Росморпорт», 2011);
- Схема территориального планирования Российской Федерации в области федерального транспорта (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 марта 2013 г. № 384-р);
- Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса РФ на период 2020 г. (Росрыболовство, 2010);

С учетом юрисдикции Российской Федерации на акватории Баренцева моря пространственные границы МПП включают национальные воды, содержащие в себе воды территориального моря и воды исключительной экономической зоны, а также основные техногенные объекты на побережье, такие как порты и населенные пункты.

Этап определения временных границ был также разделен на два подэтапа:

- определение базового года или периода для оценки текущих экологических и экономических условий;
- определение временного горизонта планирования (года или периода).

Базовым периодом в данном проекте МПП определен интервал 2012–2014 гг., т.к. по нему имеется последняя современная информация как о состоянии экосистемы российской части Баренцева моря, так и о техногенной нагрузке на нее.

Временным горизонтом планирования определен период 2020–2030 гг., что определяется временными горизонтами стратегического планирования развития отраслей народного хозяйства, изложенных в соответствующих для них стратегических и концептуальных документах.

На основе оценки состояния отдельных гидробионтов в Баренцевом море были подготовлены интегральные (комплексные) планы пространственного распределения биоразнообразия по основным четырем сезонам: зима (ноябрь — февраль), весна (март — май), лето (июнь — август) и осень (сентябрь — октябрь).

К основным биотическим компонентам экосистемы российской части Баренцева

моря относят планктон (фитопланктон и зоопланктон), бентос (фитобентос и зообентос), рыбы (донные рыбы, пелагические и проходные рыбы), морские млекопитающие (ластоногие, китообразные и белый медведь), морские птицы и инвазийные организмы.

При построении пространственных карт выявился факт, что каждый вид организмов имеет свои пространственные очаги биоразнообразия, поэтому для более корректной оценки пространственного положения очагов биоразнообразия в российской части Баренцева моря основные звенья трофической цепи были условно разделены на два подкласса:

- низший (фитопланктон, ихтиопланктон, зоопланктон и зообентос);
- и высший (рыбы, птицы, морские млекопитающие).

При компьютерном наложении карт пространственного расположения очагов биоразнообразия для выбранных видов биоты были получены интегральные карты биоразнообразия в российской части Баренцева моря.

При реализации процедуры МПП в Баренцевом море были получены следующие результаты:

- оценены параметры современного и планируемого уровней развития судоходства, портов, рыбного промысла и нефтегазовой деятельности;
- в результате анализа текущей и планируемой техногенной деятельности в российской части Баренцева моря установлено ранжирование воздействия на состояние морской экосистемы (от большего к меньшему):
  - 1) увеличение объема грузоперевозок в море, в т.ч. нефти и газового конденсата;
  - 2) отгрузка нефти в море;
  - 3) промышленное рыболовство;
  - 4) аквакультура (рыбоводство);
  - 5) сейсморазведка месторождений углеводородов;
  - 6) поисковое и разведочное бурение на УВ;
  - 7) учения ВМФ (эпизодически);
  - 8) трансграничное загрязнение;
  - 9) инвазийные организмы (микро);
  - 10) добыча углеводородов (текущее и потенциальное);

- выявлены пространственные зоны конфликтов в развитии отраслей народного хозяйства;
- выявлены пространственные зоны конфликтов между зонами развития судоходства и нефтегазовой деятельности и зонами максимумов биоразнообразия;
- разработан проект пространственного Плана комплексного управления морским природопользованием российской части Баренцева моря на основе экосистемного подхода, содержащий конкретные предложения как законодательного, так и управленческого характера;
- разработаны предложения по мониторингу выполнения Плана управления и его адаптации к изменяющимся условиям.

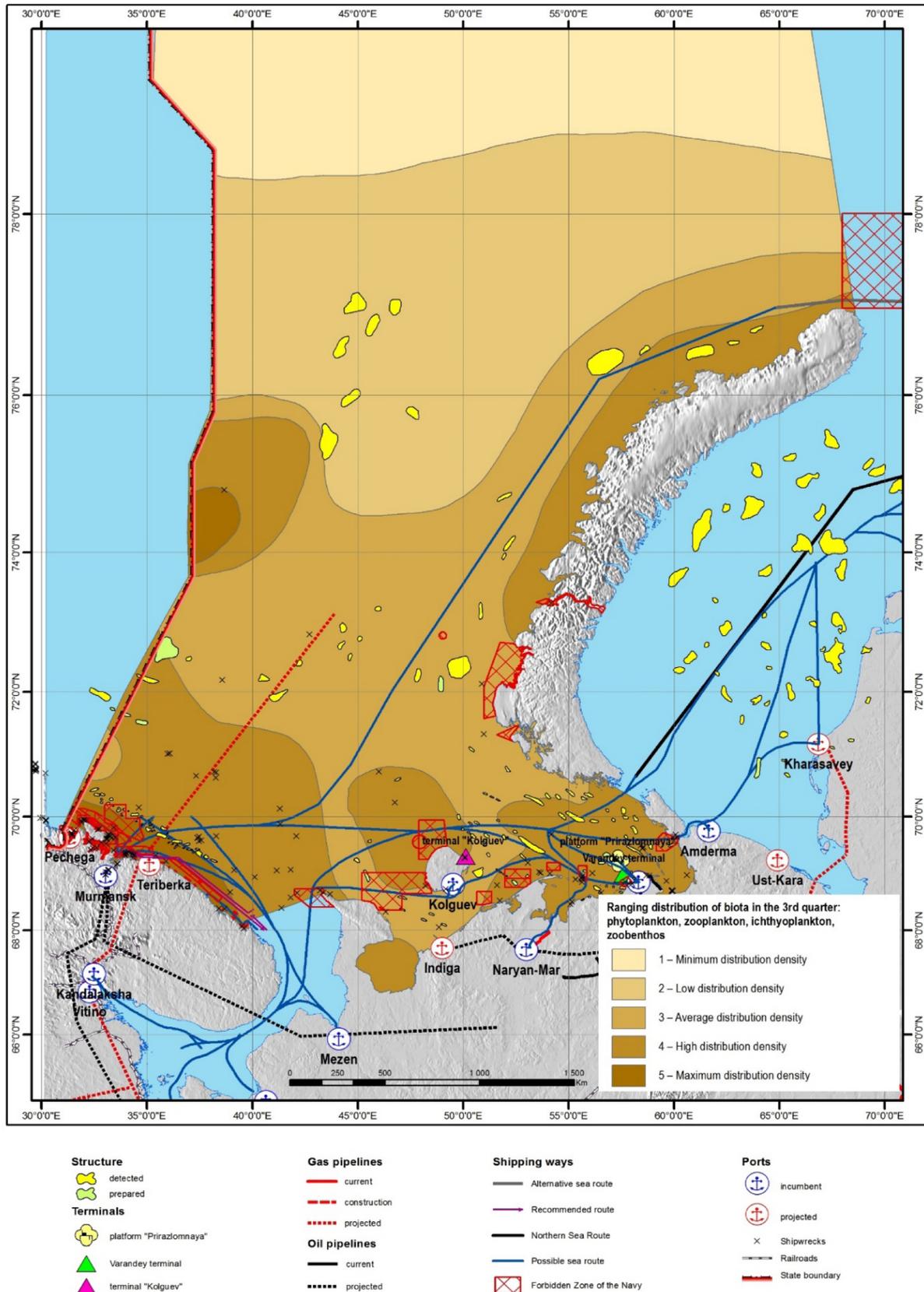
Для примера на рисунке 1 представлена существующая и планируемая техногенная нагрузка на российскую часть Баренцева моря для низшего уровня трофической сети в наиболее экологически активный летний период (июнь — август), а на рисунке 2 — для высшего уровня трофической цепи экосистемы. Именно анализ данных карт для каждого сезона позволил выявить зоны конфликтов очагов биоразнообразия и техногенной нагрузки [3].

В результате проведенных исследований были разработаны конкретные предложения и рекомендации к проекту Концепции разработки Плана управления ресурсами российской части Баренцева моря на основе экосистемного подхода, включающие в себя:

Для регулирования судоходства:

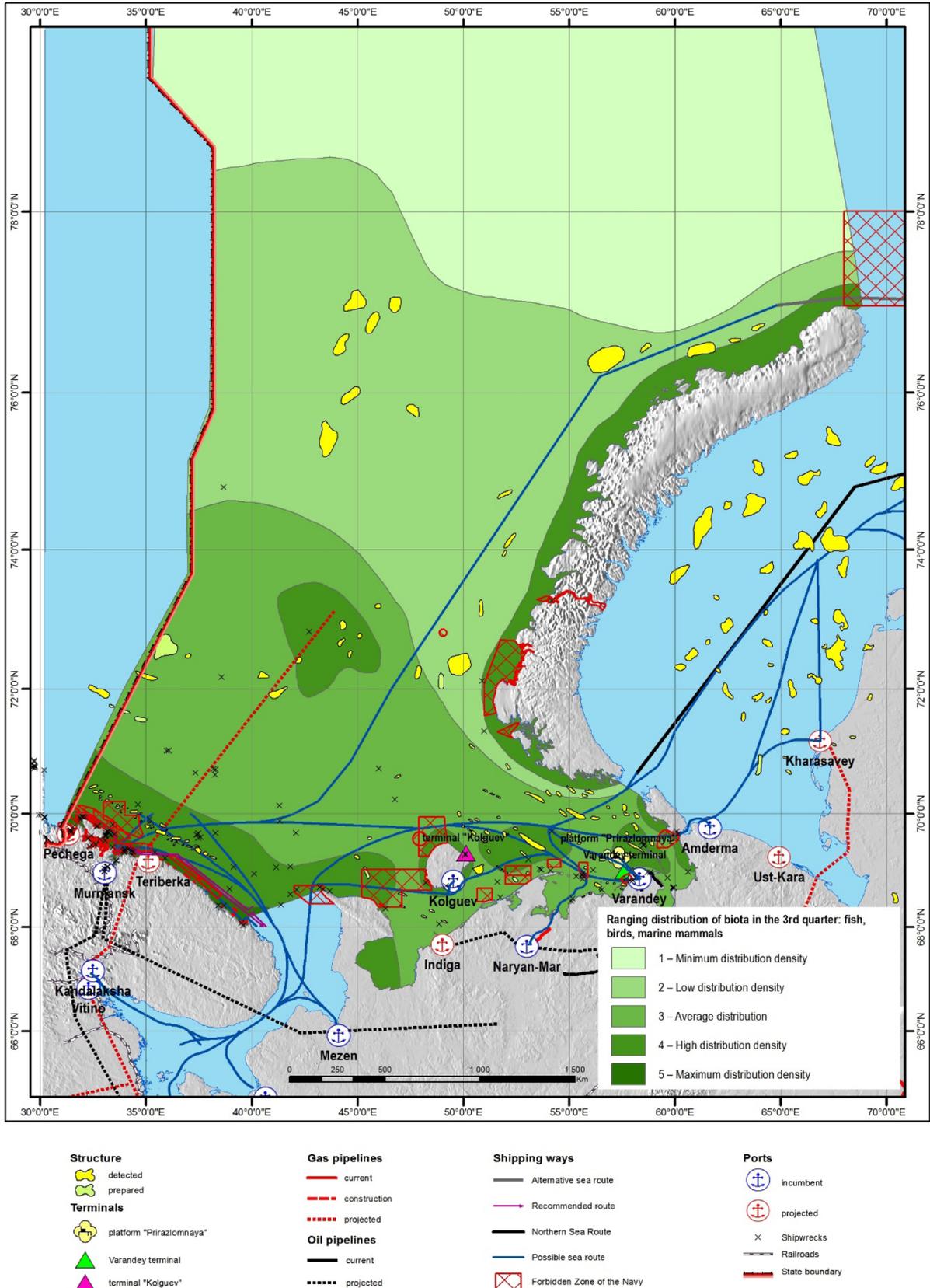
- 1) для ограничения судоходства в морских акваториях ООПТ Минприроды целесообразно обратиться в Минтранс о закрытии данных районов для плавания судов на основе ФЗ «Об исключительной экономической зоне РФ», расположенных в исключительной экономической зоне (ИЭЗ):
  - ст. 32 для районов со льдами «в течение большей части года»;
  - ст. 33 для других районов;

- 2) с учетом планируемого резкого увеличения грузопотока в ИЭЗ Баренцева моря по Северному морскому пути и транзита из Обской губы целесообразно на основе ст. 33 ФЗ «Об исключительной экономической зоне РФ» рекомендовать Минприроды обратиться в Минтранс для установления рекомендованных курсов плавания:



**Рис. 1.** Интегральная карта биоразнообразия (планктон, бентос) в российской части Баренцева моря для летнего сезона (июнь — август) с судоходными путями, районами деятельности ВМФ и существующими и планируемыми портами

**Fig. 1.** Integral map of biodiversity (plankton; benthos) in the Russian part of the Barents Sea in the summer season (June–August), including navigation routes, Russian naval activity areas, and current and planned ports



**Рис. 2.** Интегральная карта биоразнообразия (рыбы, птицы, морские млекопитающие) в российской части Баренцева моря для летнего сезона (июнь — август) с судоходными путями, районами деятельности ВМФ и существующими и планируемыми портами

**Fig. 2.** Integral map of biodiversity (fish, birds, and marine mammals) in the Russian part of the Barents Sea in the summer season (June–August), including navigation routes, Russian naval activity areas, and current and planned ports

- основной грузопоток по СМП осуществлять по северному варианту (севернее арх. Новая Земля);
- при плавании в Печорском море выбирать морские пути севернее о. Колгуев — по 70° с.ш.;

3) для реализации ст. 33 ФЗ № 191-ФЗ по ограничениям судоходства в ИЭЗ Минприроды необходимо инициировать перед Правительством РФ подачу соответствующей заявки в Международную морскую организацию. Ответственным государственным органом исполнительной власти для подачи такой заявки является Минтранс с привлечением для этого Минобороны, Минприроды и Минсельхоза (Росрыболовство);

4) для сохранения экосистем около регионального заказника «Вайгач» в проливе Югорский шар (в территориальном море) Минприроды целесообразно инициировать перед Минтрансом установление запретного района плавания в проливе постоянно или временно во 2-м и 3-м кварталах.

Для регулирования нефтегазовой деятельности:

- выполнять сейсморазведку в районах расположения максимумов биоразнообразия в 1-м и 2-м кварталах и конце 4-го квартала;

1) осуществлять разведочное и поисковое бурение только по схеме 0 сброса;

2) осуществлять добычу углеводородов только по схеме 0 сброса;

3) рекомендовать Минприроды при планировании районов добычи углеводородов предварительно провести НИР по определению районов ограничения антропогенной деятельности (РОАД) в Печорском море на основе учета положений Конвенции о биоразнообразии по выбору экологически и биологически важных районов;

4) осуществлять отгрузку нефти на терминалах морских перевалочных комплексов с учетом обязательной рекуперации выходных УВ газов из танков танкеров (большие и малые «дыхания»).

Для регулирования промышленного рыболовства:

1) необходимо совершенствовать систему краткосрочного прогнозирования на следующей основе:

- продолжение экосистемных съемок Полярного института рыболовства и океанологии (ПИНРО, Мурманск) с привлечением данных Мурманского морского биологического института (ММБИ);
- совершенствование математических моделей расчета промысловых запасов и общих допустимых уловов (ОДУ);
- расчет взаимозависимых величин ОДУ нескольких экологически связанных промысловых видов;

2) оснащение добывающих судов современной поисковой аппаратурой, обеспечивающей:

- определение размерно-видового состава скоплений водно-биологических ресурсов (ВБР);
- выбор оптимальной схемы облова участков с целью минимизации воздействия на нецелевые объекты и молодь, а также на донную поверхность;

3) следует совершенствовать все технические элементы промысла и их функции:

- разработка новых технологий для донных тралений;
- оснащение существующих судов системами «Автотрал» и траловыми датчиками;
- развитие российского ярусного промысла;
- использование стримеров и светозвуковых излучателей для отпугивания птиц при постановке яруса;
- сокращение незаконного, несообщаемого и нерегулируемого (ННН) прилова и переработку остаточного ННН-прилова;
- дальнейшее регулирование прилова и выбросов;

4) внесение в Правила рыболовства в Северном рыболовном бассейне правил лова краба-стригуна опилю;

5) создание Фонда ответственного рыболовства как необходимого института взаимодействия государства с объединениями рыбаков и природоохранными организациями.

Для совершенствования системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ):

1) для сохранения текущего уровня биоразнообразия морских экосистем с учетом существенного роста грузоперевозок в Баренцевом море и особенно в Печорском море целесообразно инициировать создание новых ООПТ:

- морской заказник Западного Мурмана;
- морской заказник Восточного Мурмана;
- Большеземельский заповедник;
- морской заказник «Гусиная банка»;
- морской заказник «Чешская губа»;
- морской заказник «Остров Колгуев»;
- биосферный полигон Ненецкого заповедника;

2) в целях сохранения уникальной морской экосистемы пролива Югорский Шар целесообразно принять и реализовать один из двух вариантов:

- придание региональному заказнику «Вайгач» статуса федерального заказника с присоединением к нему морской акватории пролива Югорский Шар;
- инициация перед администрацией Ненецкого автономного округа целесообразности добавления в состав регионального заказника «Вайгач» морской акватории пролива Югорский Шар в соответствии с действующими правовыми процедурами.

С целью внедрения в законодательную практику России положений о морском пространственном планировании и проведении его стратегической экологической оценки в проекте представлены детальные предложения к рассматриваемым в настоящее время проектам федеральных законов:

- «О государственном управлении морской деятельностью в Российской Федерации»;
- «О морском (акваториальном) планировании в Российской Федерации»;
- «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и в иные законодательные акты Российской Федерации» по имплементации положений Стратегической экологической оценки.

Также разработаны предложения к проекту Постановления Правительства РФ «Об утверждении порядка проведения стратегической экологической оценки в Российской Федерации».

В результате проведенных исследований по разработке пилотного проекта Плана управления ресурсами российской части Баренцева моря на основе экосистемного подхода было установлено, что для выполнения Поручения Президента РФ от 29.06.2014 г., а именно: «Разработать пилотный проект комплексного управления природопользованием в арктических морях и реализовать

его в российской части Баренцева моря» необходимо и целесообразно:

1. Введение в практику процедуры ОВОС или Стратегической экологической оценки для стратегических планов развития отраслей народного хозяйства в конкретных морских акваториях;

2. Реализация положения ФЗ «О стратегическом планировании в РФ» по разработке межотраслевой стратегии для конкретных морских акваторий;

3. Разработка нормативно-правового документа, учитывающего необходимость проведения процедуры МПП на основе одного из следующих вариантов:

1) включение в проект ФЗ «О государственном управлении морской деятельностью» положений о необходимости проведения в морских акваториях процедуры МПП;

2) разработка отдельного ФЗ «О морском пространственном планировании»;

3) разработка Поправок к морским ФЗ: «О континентальном шельфе РФ», «Об исключительной экономической зоне РФ», «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне РФ», учитывающих необходимость проведения процедуры МПП;

4) Разработка национального методического документа по проведению процедуры МПП в морских акваториях, который должен быть введен Постановлением Правительства РФ;

5) Использование государственной Единой системы информации о Мировом океане (ЕСИМО) в качестве базы для размещения картографических проектов МПП.

Полученные результаты Проекта были представлены в Минприроды, на их основе был подготовлен доклад в Правительство РФ для последующего доклада Президенту РФ по выполнению его поручения.

На основе подготовленных докладов был разработан проект Дорожной карты РФ «План мероприятий на 2015–2018 гг. по реализации поручения Президента Россий-

ской Федерации от 29.06.2014 № 1530, пункт 3 «в» (разработать пилотный проект комплексного управления природопользованием в арктических морях и реализовать его в российской части Баренцева моря)».

Дорожная карта содержала 5 разделов:

1. Формирование нормативной правовой базы морского пространственного планирования.

2. Разработка схемы морского пространственного планирования акватории российской части Баренцева моря, островов и прилегающих прибрежных территорий.

3. Международное сотрудничество.

4. Разработка научно-методических основ морского пространственного планирования и комплексного управления природопользованием в арктических морях (на примере российской части Баренцева моря).

5. Формирование сервисных служб системы комплексного управления природопользованием в российской части Баренцева моря.

Согласно Разделу 1 разработка проекта Федерального закона «О морском (акваториальном) планировании в Российской Федерации» должна была быть завершена к концу 2016 г. Разработка проектов нормативных правовых актов Правительства Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти, реализующих устанавливаемые законодательные нормы в сфере морского пространственного планирования, должны были быть разработаны к концу 2017 г.

Согласно Разделу 2 к концу 2017 г. должны были быть разработаны схемы морского пространственного развития для каждого вида хозяйственной деятельности на море, после чего стало бы возможным разработать интегральную пространственную схему техногенной нагрузки на морскую экосистему.

Согласно Разделу 3 были запланированы мероприятия по согласованию работ по МПП с Арктическим советом и Норвегией.

Согласно Разделу 4 было запланировано проведение научно-исследовательских работ в рамках:

- ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»,
- Государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы,
- ФЦП «Мировой океан» на 2016–2031 годы.

Согласно Разделу 5 были запланированы модернизация и разработка следующих сервисных служб МПП:

- Система гидрометеорологического обеспечения;
- Обеспечение устойчивой связи и коммуникаций;
- Система мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды;
- Система реагирования на чрезвычайные ситуации.

Однако последовавшие после разработки проекта дорожной карты Правительства РФ международные политические события и экономические санкции привели к приостановке ее реализации. Тем не менее это не должно препятствовать разработке отдельных ее положений на уровне экспертного сообщества в области как экономики, так и экосистемного подхода.

Результаты проведенной НИР также целесообразно довести до сведения Государственной комиссии по вопросам развития Арктики с целью инициации разработки реальных Планов комплексного управления морским природопользованием в Баренцевом и других арктических, и не только арктических морях.

## Список литературы

1. Корнеев О.Ю. Морское пространственное планирование как инструмент стратегического развития Арктической зоны Российской Федерации и ее континентального шельфа. В: Арктика: геополитические и политико-экономические проблемы освоения. Материалы IX международной конференции по географии и картографированию океана, 29–30 сентября 2015. СПб.: Комис. географии океана Санкт-Петербургского гор. отд-ния Русского географического о-ва; 2015, с. 154–160.
2. McBride M.M., Hansen J.R., Korneev O., Titov O., eds. Joint Norwegian-Russian environmental status 2013. Report on the Barents Sea Ecosystem. Short Version [internet]. Tromsø: Norwegian Polar Institute, Fram Center. NO-9296; 2015. Available at: <https://brage.npolar.no/npolar-xmlui/bitstream/handle/11250/2373684/Kortrapport34.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Øseth E., Korneev O. Integrated Ocean Management in the Barents Sea. In: Young O., Berkman P., Vylegzhanin A., eds. Governing Arctic Seas: Regional Lessons from the Bering Strait and Barents Sea. Informed Decisionmaking for Sustainability. Springer, Cham; 2020. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-25674-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-25674-6_10)

## References

1. Korneev O.Yu. Marine Spatial Planning as the instrument for Strategic development of the Russian Federation Arctic zone and continental shelf. In: Arctic: geopolitics and politico-economic problems of the mastering. Proceeding of the IX International Conference for Geography and Ocean mapping, 29–30 September 2015. Saint Petersburg: Ocean Geographic Commission of Saint-Petersburg subdivision of the Russian Geographic Society; 2015, p. 154–160. (In Russ.).
2. McBride M.M., Hansen J.R., Korneev O., Titov O., eds. Joint Norwegian-Russian environmental status 2013. Report on the Barents Sea Ecosystem. Short Version [internet]. Tromsø: Norwegian Polar Institute, Fram Center. NO-9296; 2015. Available at: <https://brage.npolar.no/npolar-xmlui/bitstream/handle/11250/2373684/Kortrapport34.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Øseth E., Korneev O. Integrated Ocean Management in the Barents Sea. In: Young O., Berkman P., Vylegzhanin A., eds. Governing Arctic Seas: Regional Lessons from the Bering Strait and Barents Sea. Informed Decisionmaking for Sustainability. Springer, Cham; 2020. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-25674-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-25674-6_10)

## Приложение 1

# Структура Комплексного плана управления морским природопользованием (КПУМП) в российской части Баренцева моря

## Введение

### 1. Цели и задачи КПУМП в российской части Баренцева моря

- 1.1. История разработки КПУМП за рубежом и в России
- 1.2. Цели и задачи КПУМП в российской части Баренцева моря
- 1.3. Географические и временные границы КПУМП в российской части Баренцева моря

### 2. Оценка состояния экосистемы российской части Баренцева моря: текущая и ожидаемая

- 2.1. Оценка состояния абиотических компонентов экосистемы
  - 2.1.1. Атмосфера
  - 2.1.2. Гидросфера
  - 2.1.3. Морские льды
  - 2.1.4. Литосфера
  - 2.1.5. Оценка текущих и прогностических изменений климата
- 2.2. Оценка состояния биотических компонентов экосистемы
  - 2.2.1. Планктон
  - 2.2.2. Бентос
  - 2.2.3. Рыбы
  - 2.2.4. Морские млекопитающие
  - 2.2.5. Морские птицы
  - 2.2.6. Краснокнижные виды
  - 2.2.7. Инвазийные виды
  - 2.2.8. Оценка влияния текущих и прогностических изменений климата на состояние биотических компонент экосистемы
- 2.3. Народонаселение и трудовые ресурсы приморья российской части Баренцева моря, включая коренные народы
- 2.4. Рекреационные ресурсы и памятники культурного наследия в море, на островах и на побережье

### 3. Оценка уровня техногенной нагрузки на экосистему российской части Баренцева моря: текущая и планируемая

- 3.1. Виды техногенной нагрузки и их воздействие на параметры экосистемы

- 3.1.1. Судоходство и порты (описание текущей и прогнозируемой активности, воздействие на экосистему)
- 3.1.2. Рыболовство (описание текущей и прогнозируемой активности, воздействие на экосистему)
- 3.1.3. Аквакультура
- 3.1.4. Разведка и добыча минеральных ресурсов (описание текущей и прогнозируемой активности, воздействие на экосистему)
- 3.1.5. Функционирование портов (описание текущей и прогнозируемой активности, воздействие на экосистему)
- 3.1.6. Функционирование инфраструктуры Северного флота МО РФ (описание и воздействие на экосистему)
- 3.1.7. Функционирование морских добычных комплексов (описание текущей и прогнозируемой активности, воздействие на экосистему)
- 3.1.8. Функционирование рейдовых перевалочных комплексов и отгрузочных терминалов (описание текущей и прогнозируемой активности, воздействие на экосистему)
- 3.1.9. Функционирование приморских муниципальных очистных сооружений (описание текущей и прогнозируемой активности, воздействие на экосистему)
- 3.1.10. Охота (описание текущей и прогнозируемой активности, воздействие на экосистему)
- 3.1.11. Туризм (описание текущей и прогнозируемой активности, воздействие на экосистему)
- 3.1.12. Привнос чужеродных (инвазийных) организмов (описание и воздействие на экосистему)
- 3.1.13. Аварийность в судоходстве (описание и воздействие на экосистему)
- 3.1.14. Аварийность при разведке и добыче минеральных ресурсов (описание и воздействие на экосистему)

- 3.2. Выявление и оценка зон конфликтов интересов отраслей народного хозяйства
- 3.3. Оценка регионального и трансграничного загрязнения экосистемы российской части Баренцева моря
  - 3.3.1. Химическое загрязнение
  - 3.3.2. Механическое загрязнение
  - 3.3.3. Акустическое загрязнение
  - 3.3.4. Радиоактивное загрязнение
  - 3.3.5. Биологическое загрязнение

#### **4. Процедура морского пространственного планирования в российской части Баренцева моря**

- 4.1. Пространственное картографирование техногенной деятельности в море
  - 4.1.1. Картографирование деятельности по отраслям (текущее и прогнозируемое состояние)
  - 4.1.2. Картографирование загрязнения вод и донных отложений (химическое, акустическое, механическое, радиоактивное и биологическое)
  - 4.1.3. Картографирование ООПТ
  - 4.1.4. Картографирование рекреационных зон, включая объектов культурного наследия
- 4.2. Пространственное картографирование параметров экосистемы
  - 4.2.1. Картографирование абиотических параметров (атмосфера, водные массы, донные отложения)
  - 4.2.2. Картографирование биотических компонентов по сезонам (планктон, бентос, рыбы, морские млекопитающие, морские птицы, краснокнижные и инвазийные виды)
  - 4.2.3. Сезонные интегральные карты биоразнообразия (биомассы)
- 4.3. Картографическое комплексирование видов техногенной деятельности и сезонных интегральных карт биоразнообразия
- 4.4. Сезонные карты экологической уязвимости к химическому, акустическому и механическому воздействию
- 4.5. Оценка выявленных противоречий между современным и перспективным функционированием отраслей народного хозяйства и устойчивым состоянием экосистемы (сохранением биоразнообразия)
- 4.6. Оценка экологических рисков при реализации текущих и прогностических уровней техногенной нагрузки и предложения по их минимизации на основе альтернативных вариантов развития отраслей

#### **5. Комплексное управление морским природопользованием (КУМП) в российской части Баренцева моря с учетом экосистемного подхода: текущее и планируемое**

- 5.1. Законодательная база управления отраслями народного хозяйства в море
  - 5.1.1. Современная законодательная база и структура контролирующих и управляющих государственных органов
  - 5.1.2. Предложения по совершенствованию законодательной базы для разработки Комплексного плана по управлению морским природопользованием (КПУМП) и последующего его внедрения в практику с учетом экосистемного подхода
  - 5.1.3. Предложения по участию общественности в обсуждении проекта КПУМП
- 5.2. Экологические ограничения для функционирования отраслей народного хозяйства и предложения по их совершенствованию
  - 5.2.1. Текущие экологические ограничения для функционирования отраслей народного хозяйства (рыболовство, судоходство, нефтегазовая деятельность, охота, туризм, муниципальные сбросы в море, портовая деятельность)
  - 5.2.2. Особоохраняемые природные территории и охрана объектов культурного наследия
  - 5.2.3. Предлагаемая система экологических ограничений для функционирования отраслей народного хозяйства
- 5.2. Система мер по сохранению редких и исчезающих видов
  - 5.2.1. Современная система мер
  - 5.2.2. Предлагаемая система мер
- 5.3. Система мер по реагированию на разливы нефтепродуктов и предложения по ее совершенствованию
- 5.4. Система мер по регулированию сброса балластных вод и предложения по ее совершенствованию
- 5.5. Система мер по регулированию жизнедеятельности морских добычных платформ и рейдовых перевалочных комплексов и предложения по ее совершенствованию

#### **6. Комплексный мониторинг за ходом выполнения КПУМП и состоянием экосистемы российской части Баренцева моря в ходе его реализации**

6.1. Перечень экологических индикаторов, подлежащих мониторингу в ходе реализации КПУМП

6.2. Комплексная программа мониторинга за состоянием экосистемы в период КПУМП с оценкой необходимых финансовых затрат

6.3. Мероприятия по контролю (мониторингу) хода реализации КПУМП отраслями народного хозяйства

6.4. Предложения по организации разработки законодательных актов для совершенствования КПУМП в ходе его реализации с учетом выявленных производственных и экологических нарушений

УДК 504.61

ББК 20.18

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-32-40>



## Количественные методы морского пространственного планирования (экологический аспект) в условиях Крайнего Севера и Арктики

Жигульский В.А.<sup>✉</sup>, Шуйский В.Ф., Чебыкина Е.Ю.

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

<sup>✉</sup>[ecoplus@ecoexp.ru](mailto:ecoplus@ecoexp.ru)

**Аннотация.** Выявлены и проанализированы зависимости эколого-экономических издержек, связанных с ведением морских дноуглубительных работ, от общего объема перемещаемого грунта для российских морских акваторий Крайнего Севера и Арктической зоны и для остальных, более южных морей Российской Федерации. Анализ выполнен на репрезентативном материале из базы данных Санкт-Петербургской эколого-проектной компании «Эко-Экспресс-Сервис» по более чем 300 дноуглубительным проектам. В результате проведенной работы выяснилось, что общие эколого-экономические издержки находятся в прямой зависимости от общего объема перемещенного грунта — как для морских акваторий Севера и Арктики, так и для прочих морей РФ. Тогда как относительные эколого-экономические издержки дноуглубления (к единице объема перемещаемого грунта) практически не зависят от общего объема перемещаемого грунта во всем его изученном диапазоне. Однако при этом для дноуглубительных работ в районе Крайнего Севера и в Арктике относительные эколого-экономические издержки в 1,6 раза выше, чем для остальных российских морей. Результаты работы могут быть использованы для информационно-аналитического обеспечения научных исследований и управленческих решений по освоению морских акваторий Российской Федерации.

**Ключевые слова:** дноуглубление, водные биоресурсы, эколого-экономические издержки, район Крайнего Севера, Арктический регион

**Конфликт интересов:** авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Жигульский В.А., Шуйский В.Ф., Чебыкина Е.Ю. Количественные методы морского пространственного планирования (экологический аспект) в условиях Крайнего Севера и Арктики. *Арктика и инновации*. 2023;1(1):32–40. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-32-40>

## Quantitative methods of marine spatial planning (environmental aspect) in the Far North and the Arctic zone

Zhigulsky V.A.<sup>✉</sup>, Shuisky V.F., Chebykina E.Yu.

Eco-Express-Service LLC

<sup>✉</sup>[ecoplus@ecoexp.ru](mailto:ecoplus@ecoexp.ru)

**Abstract.** The study identifies and analyzes the dependence of environmental and economic costs associated with marine dredging on the total volume of dredged soil for the Russian marine areas in the Far North and the Arctic zone, as well as for the other, more southern seas in Russia. The analysis was conducted using a representative sample of over 300 dredging projects from the database of Eco-Express Service LLC, an environmental design company in St. Petersburg. The total environmental and economic costs were found to be directly dependent on the total volume of dredged soil, both for the marine areas in the Far North and the Arctic zone and the other seas of the Russian Federation. However, relative environmental and economic costs arising from dredging (per volume unit of dredged soil) are virtually independent of the total dredged soil volume within its entire examined range. Of note is that the relative environmental and economic costs associated with dredging in the Far North and the Arctic are 1.6 times higher than those for the other seas in Russia. The study results can be used for the information and analytical support of scientific research and management decisions regarding the development of Russian marine areas.

**Keywords:** dredging, aquatic bioresources, environmental costs, economic costs, Far North, Arctic region

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

**For citation:** Zhigulsky V.A., Shuisky V.F., Chebykina E.Yu. Quantitative methods of marine spatial planning (environmental aspect) in the Far North and the Arctic zone. *Arctic and Innovations*. 2023;1(1):32–40. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-32-40>

## Введение

Согласно определению UNESCO морское пространственное планирование (МПП) — это оптимизация стратегии комплексного использования морских экосистем многими потребителями для многих целей (экологических, экономических, социальных) (по: Douvère F., Ehler C., 2007 [1]). Многоцелевое морепользование разными интересантами порождает конфликты их интересов — как международных, так и национальных межотраслевых. Разработка и реализация принципов МПП дает залог разрешения и сглаживания таких противоречий путем поиска наиболее рациональных компромиссных решений. Существенным достоинством концепции МПП является примат «экосистемного подхода» («ecosystem approach»): сочетание экологических, экономических и социальных исследований, основывающихся на поиске оптимального решения по использованию акваторий с приоритетом защиты морской природной среды. В связи с этим особо большое значение приобретает оценка и прогнозирование эколого-экономических издержек, связанных с различными аспектами морепользования.

Основополагающие тематические документы МПП приурочены к Балтийскому морю, которое подвергается особенно интенсивному комплексному использованию многими странами. Это программа «Видение и стратегии вокруг региона Балтийского моря 2010» (VASAB 2010) (1994) и развива-

ющий ее доклад «От видения к действию» — «From Vision to Action» [2]. Детализация этой программы была дана в «Плане действий в Балтийском море» («Baltic Sea Action Plan» — BSAP) [3], предложенном HELCOM в 2007 году. Генеральная дирекция по вопросам мореходства и рыболовства Европейской комиссии (DG MARE) в 2008 г. разработала так называемую дорожную карту МПП «Достижение общих принципов в ЕС» («Roadmap for Maritime Spatial Planning: Achieving Common Principles in the EU») [4], в которой МПП рассматривается как основное средство обеспечения рациональной морской политики ЕС. Еврокомиссия выработала и в 2009 г. приняла «Стратегию для региона Балтийского моря», являющуюся основополагающим действующим документом для стран Евросоюза по МПП и включающую конкретный план действий («Action Plan...», 2009; обновленный план 15.2.2021) [5]. В 2009 г. по инициативе Совета государств Балтийского моря министры пространственного планирования государств Балтийского моря приняли также долгосрочную концепцию пространственного развития Балтийского региона VASAB («VASAB Long-Term Perspective for the Territorial Development of the Baltic Sea Region» — LTP) [6]. Рамки для морского территориально-пространственного планирования установлены также Директивой 2014/89/EU Европейского парламента и Совета от 23 июля 2014 г. [7]. Степень

результативности разработки и реализации МПП в различных европейских странах варьирует довольно широко. Там, где этот процесс идет наиболее эффективно (Германия, Швеция, Дания, Нидерланды, Норвегия), к настоящему времени уже достигнуты серьезные успехи: существенно скорректировано национальное законодательство, МПП выполнено для территориальных морей и исключительных экономических зон, ведется оно и для транснациональных акваторий (например, Ботнический и Гданьский заливы).

Таким образом, основным модельным объектом для разработки и апробации методов МПП по очевидным причинам является Балтийское море. Однако возможности МПП и области его потенциального приложения значительно более велики. Оно ориентировано на любые масштабы многоцелевого использования морской среды, в том числе и на глобальный. В частности, развитие и применение принципов МПП представляется чрезвычайно перспективным для морских акваторий Крайнего Севера и Арктической зоны (далее — «Север и Арктика»), планы освоения которых у различных пользователей обширны, многогранны и зачастую весьма противоречивы. Это придает особую актуальность развитию инструментария МПП, а также верификации уже созданных его методов именно применительно к морям Севера и Арктики [8–10].

Это отражено и в российском законодательстве. Так, в настоящее время основополагающим документом, определяющим государственную политику Российской Федерации в области морской деятельности, является «Морская доктрина Российской Федерации» [11]. В общем соответствии с Морской доктриной, но со значительно большим учетом необходимости развития МПП распоряжением Правительства РФ от 30 августа 2019 г. № 1930-р утверждена «Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года» [12]. Здесь в составе приоритетных мероприятий по управлению морским природопользованием указано использование и развитие инструментария морского пространственного планирования (понятие «инструментарий» здесь — аналог соответствующего англоязычного термина «management instruments»).

Перспективный для этого инструментарий довольно разнообразен. Так, к эффективным методам могут быть отнесены различные варианты использования риск-анализа [13], использование complex integral index of stability of coastal infrastructure [14], метод оценки и регулирования эколого-экономических издержек гидротехнических работ [15–19] и др. Так, в настоящей работе представлены результаты поверки применительно к условиям Арктики и Севера для метода оценки и регулирования эколого-экономических издержек гидротехнических работ, отработанного нами в комплекте инструментов МПП на Балтийском море и на морях Дальнего Востока и юга России [15, 16]. Сравниваются зависимости эколого-экономических издержек, связанных с ведением дноуглубительных работ, от общего объема перемещаемого грунта для российских морских акваторий Севера и Арктики и для остальных, более южных морей Российской Федерации.

## Результаты

ООО «Эко-Экспресс-Сервис» — крупнейшая эколого-проектная организация Северо-Запада с 30-летним опытом работ в области оценки, прогнозирования и регулирования воздействия гидротехнических работ на морские экосистемы. Научные исследования и опыт «Эко-Экспресс-Сервис» позволили сформировать пул системной, точной, емкой и в то же время актуальной информации о морских экосистемах и влиянии на их состояние гидротехнических работ. За период деятельности компанией выполнены сотни работ, касающихся всех стадий жизненного цикла проектов:

- инженерно-экологических изысканий;
- подготовки природоохранной документации (оценка и прогнозирование ожидаемого воздействия на окружающую среду, разработка мер по его предотвращению и регулированию, по восстановлению нарушенных экосистем, компенсационных мероприятий);
- производственного экологического контроля (мониторинга);
- профильных научно-исследовательских работ.

Эти проектные и экологические работы проводятся на всей территории РФ — от Калининграда до Владивостока, от Баренцева до Черного моря. По мере систематизации этого уникального обширного материала

созданы следующие базы данных, владельцем исключительного права на которые является компания «Эко-Экспресс-Сервис».

1. «База данных для оценки воздействия гидротехнических работ на экосистемы внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации, 2001–2019 гг.» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020620240 Федеральной службы по интеллектуальной собственности от 10.02.2020 г.; авторы: В.А. Жигульский, В.Ф. Шуйский, Е.Ю. Чебыкина). В базу данных включены материалы проектных, изыскательских и мониторинговых работ ООО «Эко-Экспресс-Сервис», проводившихся в период 2001–2019 гг. и связанных с созданием, ремонтом, реконструкцией и эксплуатацией морских гидротехнических сооружений. Для всех объектов в базу сведены качественные и количественные характеристики: ведущихся или проектируемых работ и их воздействия на окружающую среду, исходного, промежуточного и конечного состояний компонентов окружающей среды, наносимого ей вреда. База включает 320 объектов и 196 их учитываемых характеристик.

2. «Прибрежные экосистемы внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622836 Федеральной службы по интеллектуальной собственности от 29.12.2020 г.; авторы: В.А. Жигульский, В.Ф. Шуйский, Е.Ю. Чебыкина, В.В. Паничев). В базу включены гидрологические и гидрохимические показатели, характеристики ценности водных и наземных биотопов, донных грунтов и почв прибрежных территорий, сообществ макрофитов, фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, ихтиоценозов, морских, водоплавающих и околоводных птиц, морских млекопитающих, наземной околоводной биоты (всего 258 учитываемых характеристик). Представлены прибрежные экосистемы морей: Балтийского, Баренцева, Белого, Карского, Охотского, Японского, Черного, Азовского, Каспийского.

Представленные базы данных послужили материалом для выполнения целей оценки эколого-экономических издержек гидротехнических работ и сравнительного анализа, поставленных в настоящей работе. В данном случае использованы данные лишь тех

222 проектов, для которых дноуглубительные работы имели четко идентифицируемые последствия: или не сопровождались иными видами гидротехнических работ, или воздействие последних было отделено в пространстве и времени. Из этих проектов 40 относятся к акваториям районов Севера и Арктики (Баренцево, Белое и Карское моря). Еще 182 учтенных проекта связаны с более южными морями (Балтийское, Черное, Азовское, Японское).

Анализ выполнен для весьма широкого диапазона объемов перемещаемых грунтов — от 20 до 46 млн м<sup>3</sup> (Север и Арктика) и до 162 млн м<sup>3</sup> (другие моря Российской Федерации) — таким образом, они могут характеризовать морские дноуглубительные работы любого реального масштаба. В рамках данной публикации рассматриваются два примера: суммарная величина всех эколого-экономических издержек и один из основных их компонентов — необходимые затраты на компенсацию вреда, наносимого водным биоресурсам (рассчитаны согласно действующему законодательству РФ [20]).

**Затраты на компенсацию вреда, наносимого водным биоресурсам (ВБР).** Зависимость необходимых затрат на компенсацию вреда ВБР ( $U_{vp}$ , тыс. руб.) от общего объема грунта, перемещаемого в ходе дноуглубительных работ ( $V$ , млн м<sup>3</sup>), хорошо аппроксимируется уравнением степенной функции. Здесь и далее уравнения степенных функций приведены к линейным, путем логарифмирования для удобства определения их параметров методом наименьших квадратов.

Для российских морских акваторий Крайнего Севера и Арктической зоны ( $U_{vf1}$ ) и для остальных российских морей ( $U_{vf2}$ ) эти уравнения имеют следующие параметры (рис. 1а):

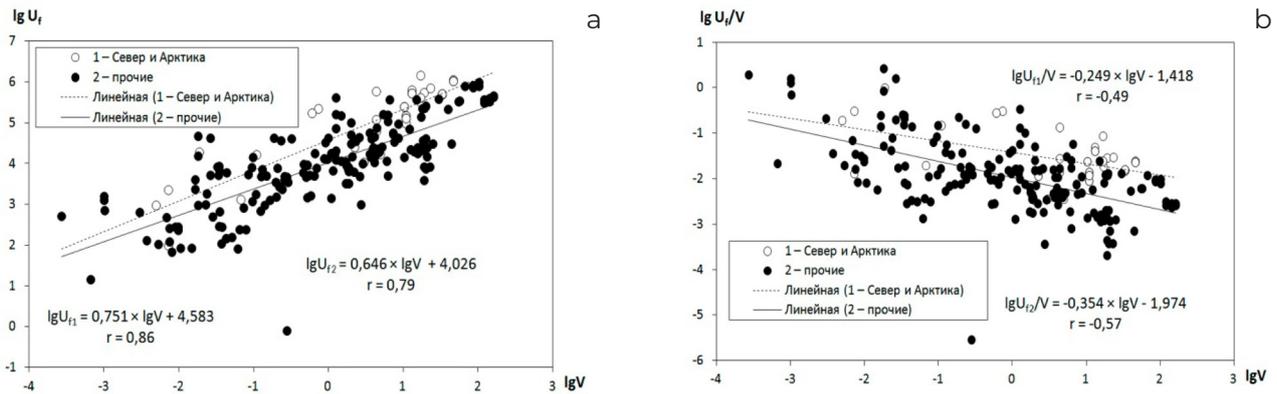
$$\lg U_{vf1} = (0,751 \pm 0,073) \times \lg V + (4,583 \pm 0,090);$$

$$r = 0,86, \quad (1)$$

$$\lg U_{vf2} = (0,646 \pm 0,038) \times \lg V + (4,026 \pm 0,049);$$

$$r = 0,79. \quad (2)$$

Зависимость относительных затрат на компенсацию вреда ВБР (приходящихся на один кубометр перемещаемого грунта) ( $U_{vf}/V$ , тыс. руб./м<sup>3</sup>) от общего объема перемещаемого грунта ( $V$ , млн м<sup>3</sup>) для морей Крайнего Севера и Арктики ( $U_{vf}/V_1$ ) и для прочих российских



**Рис. 1.** Зависимость абсолютных (а) и относительных (б) затрат на компенсацию вреда ВБР при дноуглублении от объема перемещаемого грунта

**Fig.1.** Dependence of absolute (a) and relative (b) costs associated with dredging-related damage to aquatic bioresources on the volume of dredged soil

морей ( $U_{vf}/M_2$ ) описывается уравнениями (рис. 1b):

$$\lg(U_{vf1}/M_1) = -(0,249 \pm 0,073) \times \lg V - (1,418 \pm 0,090); r = -0,49, \quad (3)$$

$$\lg(U_{vf1}/M_2) = -(0,354 \pm 0,038) \times \lg V - (1,974 \pm 0,049); r = -0,57. \quad (4)$$

Значимость различия угловых коэффициентов пар уравнений (1, 2) и (3, 4) невелика (80 %), а свободные члены различаются значительно (>95 %). Во всем диапазоне изученных масштабов дноуглубления вред водным биоресурсам в морях Севера и в Арктики достоверно выше, чем в прочих морях РФ.

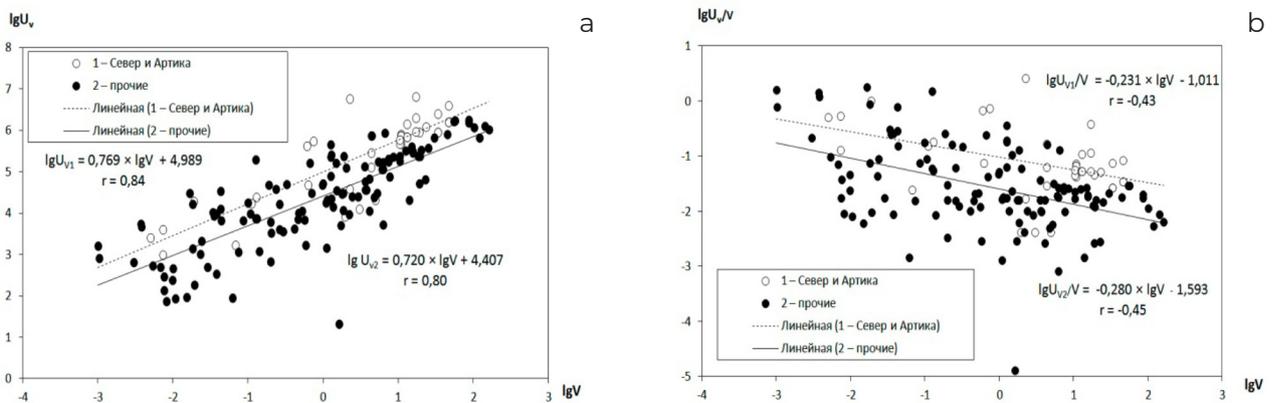
**Общие эколого-экономические издержки** (совокупность всей платы за воздействие на компоненты морской среды и компенсационные затраты на восстановление возобновимых ресурсов) ( $U_v$ , тыс. руб.) также демонстрируют отчетливую зависимость от общего объема перемещенного грунта — как для морских акваторий Севера и Арктики ( $U_{v1}$ ), так и для прочих морей РФ ( $U_{v2}$ ) (рис. 2а).

сационные затраты на восстановление возобновимых ресурсов) ( $U_v$ , тыс. руб.) также демонстрируют отчетливую зависимость от общего объема перемещенного грунта — как для морских акваторий Севера и Арктики ( $U_{v1}$ ), так и для прочих морей РФ ( $U_{v2}$ ) (рис. 2а).

$$\lg U_{v1} = (0,769 \pm 0,080) \times \lg V + (4,989 \pm 0,097); r = 0,84, \quad (5)$$

$$\lg U_{v2} = (0,720 \pm 0,050) \times \lg V + (4,407 \pm 0,063); r = 0,80. \quad (6)$$

Зависимость относительных эколого-экономических издержек, приходящихся на один кубометр перемещаемого грунта ( $U_v/V$ , тыс. руб./ $m^3$ ), от общего объема перемещаемого грунта для морских акваторий Севера и Арктики ( $U_v/M_1$ ) и для прочих российских морей ( $U_v/M_2$ ) описывается уравнениями (рис. 2б):



**Рис. 2.** Зависимость абсолютных (а) и относительных (б) эколого-экономических издержек дноуглубления от объема перемещаемого грунта

**Fig. 2.** Dependence of absolute (a) and relative (b) environmental and economic costs associated with dredging on the volume of dredged soil

$$\lg(U_v/M)_1 = -(0,236 \pm 0,080) \times \lg V - (1,009 \pm 0,097); r = -0,43, \quad (7)$$

$$\lg(U_v/M)_2 = -(0,280 \pm 0,050) \times \lg V - (1,593 \pm 0,063); r = -0,46. \quad (8)$$

Значимость различия угловых коэффициентов пар уравнений (5, 6) и (7, 8) пренебрежимо мала (<50 %), а свободные члены различаются значимо (>95 %). Во всем диапазоне изученных масштабов дноуглубления эколого-экономические издержки в морях Севера и Арктики достоверно выше, чем в прочих морях РФ.

Таким образом, для всех морей относительные эколого-экономические издержки дноуглубления демонстрируют слабовыраженную обратную зависимость от общего объема перемещаемого грунта (коэффициент корреляции — от -0,4 до -0,5; доля общей дисперсии показателя, объясняемая учетом объема грунта, — не более 2 %).

Соответственно для ориентировочных предварительных прогнозов величина относительных эколого-экономических издержек, ожидаемых от дноуглубления, при любом масштабе работ может с приемлемой точностью приниматься величиной постоянной: для акваторий Крайнего Севера и Арктической зоны — около 0,21 тыс. руб./м<sup>3</sup>; для остальных морей Российской Федерации — около 0,13 тыс. руб./м<sup>3</sup>, в целом для всех морей Российской Федерации — обобщенно, включая также и район Крайнего Севера и Арктическую зону, — около 0,15 тыс. руб./м<sup>3</sup>.

При этом во всем изученном диапазоне объемов перемещаемого грунта эколого-экономические издержки при дноуглублении на морях в районе Крайнего Севера и Арктической зоны достоверно выше (в 1,6 раза, при значимости различий >95 %), чем на прочих морях РФ.

## Заключение

Описанные в статье закономерности позволяют ориентировочно прогнозировать математическое ожидание эколого-экономического ущерба от гидростроительства уже на предпроектной стадии, по самым основным его характеристикам — общему объему грунтов, перемещаемых при дноуглублении.

Анализ баз данных Санкт-Петербургской эколого-проектной компании «Эко-Экспресс-Сервис» по гидротехническим работам и прибрежным экосистемам акваторий морей Российской Федерации позволил выявить следующие закономерности. Общие эколого-экономические издержки для всех морей РФ находятся в прямой зависимости от общего объема перемещенного грунта. Эти зависимости хорошо описываются уравнениями степенной функции. Однако относительные эколого-экономические издержки дноуглубления демонстрируют очень слабо выраженную обратную зависимость от общего объема перемещаемого грунта. При этом во всем изученном диапазоне объемов перемещаемого грунта эколого-экономические издержки при дноуглублении на морях в районе Крайнего Севера и Арктической зоны в 1,6 раза достоверно выше, чем на прочих морях РФ.

Выявленные закономерности могут быть использованы при выполнении морского пространственного планирования для акваторий Арктики и Севера. Разработка и апробация системы количественных аналитических методов позволяет решать задачи не только экологической оценки проектируемых гидротехнических сооружений, но и оптимального распределения различных видов морепользования в пространстве и времени.

## Список литературы

1. Douvère F., Ehler C. The Need for a Common Vocabulary for Marine Spatial Planning in Ecosystem-based Marine Management. Intergovernmental Oceanographic Commission UNESCO, ENCORA Network, France; 2007.
2. Fourth Conference of Ministers for Spatial Planning and Development. Vision and Strategies around the Baltic Sea 2010. From vision to Action. Stockholm; 1996.

3. План действий ХЕЛКОМ по Балтийскому морю. Заседание министров ХЕЛКОМ, Краков, Польша, 15 ноября 2007 г. [интернет]. Режим доступа: <https://textarchive.ru/c-2848741-pall.html>
4. Commission of the European Communities. Roadmap for Maritime Spatial Planning: Achieving Common Principles in the EU. Brussels, 25.11.2008 [internet]. Available at: [http://www.partisecapate.eu/wp-content/uploads/2012/11/com2008\\_0791en01.pdf](http://www.partisecapate.eu/wp-content/uploads/2012/11/com2008_0791en01.pdf)
5. Commission of the European Communities. Action Plan. Accompanying the communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and Social committee and the Committee of the regions concerning the European Union Strategy for the Baltic Sea Region. Brussels, 10.6.2009. Revised Action Plan 15.2.2021. [internet]. Available at: <https://www.eusbsr.eu/attachments/article/590824/Action%20Plan%202021.PDF>
6. VASAB Committee on Spatial Development. VASAB Long-Term Perspective for the Territorial Development of the Baltic Sea Region [internet]. VASAB Secretariat; 2010. Available at: [https://vasab.org/wp-content/uploads/2018/06/vasab\\_ltp\\_final.pdf](https://vasab.org/wp-content/uploads/2018/06/vasab_ltp_final.pdf)
7. Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 establishing a framework for maritime spatial planning [internet]. Available at: <http://data.europa.eu/eli/dir/2014/89/oj>
8. Лохов А.С., Губайдуллин М.Г., Коробов В.Б., Тутыгин А.Г. Географо-экологическое районирование трассы нефтепровода по степени опасности воздействия на окружающую среду при аварийных разливах нефти в Арктике. Теоретическая и прикладная экология. 2020;(4):43–48. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-4-043-048>
9. Gogoberidze G., Rumiantceva E., Danilov A., Zhigulsky V., Zhigulskaya D., Shuisky V., Maksimova E. Analysis of scientific researches in Russian Arctic. In: 2018 IEEE/OES Baltic International Symposium (BALTIC), Klaipėda, Lithuania, 2018, p. 1–8. <https://doi.org/10.1109/baltic.2018.8634843>
10. Zhigulsky V., Gogoberidze G., Rumiantceva E., Shilin M., Bobylev N. Evaluation of environmental effects of dredging in the Sabetta seaport (Kara sea) for regional bioresources management. In: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. 2020;20(5.1):315–322. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.040>
11. Об утверждении Морской доктрины Российской Федерации: Указ Президента РФ от 31 июля 2022 г. N 512 [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/351339890>
12. Об утверждении Стратегии развития морской деятельности в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 августа 2019 г. № 1930-р [интернет]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72573254/>
13. Rumiantceva E., Gogoberidze G. Risk assessment of anthropogenic impact in the model of marine spatial planning at the district governance level. In: 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019, Bulgaria. 2019;19(5.1):663–668. <https://doi.org/10.5593/sgem2019/5.1/S20.082>
14. Zhigulsky V., Rumiantceva E., Shuisky V., Chebykina E., Gogoberidze G. Environmental and economic costs of marine dredging in Russia's high north and the Arctic region. In: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. 2020;(5.2):219–226. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.2/s21.026>
15. Zhigulsky V., Rumiantceva E., Shuisky V., Chebykina E., Gogoberidze G. Comparative multi-criteria assessment of alternative options for locating industrial facilities in the arctic region and continental shelf. In: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. 2020;20(5.1):175–182. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.022>
16. Zhigulsky V., Shuisky V., Maksimova E., Bylina T., Solovey N., Maksimova T. Previous experience and prospects of using certain quantitative methods for the environmental assessment of hydraulic engineering constructions during the design process. In: Managing risks to coastal regions and communities in a changing world. Academus Publishing; 2016, p. 1-1. [https://doi.org/10.31519/conferencearticle\\_5b1b9428400b88.10954372](https://doi.org/10.31519/conferencearticle_5b1b9428400b88.10954372)
17. Zhigulsky V., Gogoberidze G., Zhigulskaya D., Shuisky V., Maksimova E. Some aspects of quantitative assessments and management of hydraulic works impact on marine and coastal ecosystems. In: 7th IEEE/OES International Symposium (BALTIC), Klaipėda, Lithuania, 2018, p. 1–9. <https://doi.org/10.1109/BALTIC.2018.8634865>

18. Жигульский В., Жигульская Д., Шуйский В., Максимова Е. Предпроектная сравнительная экологическая оценка альтернативных вариантов размещения производственного объекта. *Экология и промышленность России*. 2019;23(4):41–45. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-4-41-45>
19. Shilin M., Chusov A., Zhigulsky V., Ershova A., Abramov V., Bagrova T., Popov N. Environmental safety of the Nord Stream 2 Marine gas pipeline (Russian section). In: 7th IEEE/OES International Symposium (BALTIC), Klaipėda, Lithuania, 2018, p. 1–8. <https://doi.org/10.1109/BALTIC.2018.8634858>
20. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам: Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 31 марта 2020 г. № 167 [интернет]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74543552/>

## References

1. Douvère F., Ehler C. The Need for a Common Vocabulary for Marine Spatial Planning in Ecosystem-based Marine Management. Intergovernmental Oceanographic Commission UNESCO, ENCORA Network, France; 2007.
2. Fourth Conference of Ministers for Spatial Planning and Development. Vision and Strategies around the Baltic Sea 2010. From vision to Action. Stockholm; 1996.
3. HELCOM Baltic Sea Action Planю HELCOM Ministerial Meeting, Krakow, Poland, 15 November 2007 [internet]. (In Russ.) Available at: <https://textarchive.ru/c-2848741-pall.html>
4. Commission of the European Communities. Roadmap for Maritime Spatial Planning: Achieving Common Principles in the EU. Brussels, 25.11.2008 [internet]. Available at: [http://www.partisecapate.eu/wp-content/uploads/2012/11/com2008\\_0791cno1.pdf](http://www.partisecapate.eu/wp-content/uploads/2012/11/com2008_0791cno1.pdf)
5. Commission of the European Communities. Action Plan. Accompanying the communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and Social committee and the Committee of the regions concerning the European Union Strategy for the Baltic Sea Region. Brussels, 10.6.2009. Revised Action Plan 15.2.2021. [internet]. Available at: <https://www.eusbsr.eu/attachments/article/590824/Action%20Plan%202021.PDF>
6. VASAB Committee on Spatial Development. VASAB Long-Term Perspective for the Territorial Development of the Baltic Sea Region [internet]. VASAB Secretariat; 2010. Available at: [https://vasab.org/wp-content/uploads/2018/06/vasab\\_ltp\\_final.pdf](https://vasab.org/wp-content/uploads/2018/06/vasab_ltp_final.pdf)
7. Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 establishing a framework for maritime spatial planning [internet]. Available at: <http://data.europa.eu/eli/dir/2014/89/oj>
8. Lokhov A.S., Gubaidullin M.G., Korobov V.B., Tutygin A.G. Geographical and ecological land zoning of onshore oil pipeline location by level of hazard to environment from emergency oil spills in Arctic region. *Theoretical and Applied Ecology*. 2020;(4):43–48. (In Russ.). <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-4-043-048>
9. Gogoberidze G., Rumiantceva E., Danilov A., Zhigulsky V., Zhigulskaya D., Shuisky V., Maksimova E. Analysis of scientific researches in Russian Arctic. In: 2018 IEEE/OES Baltic International Symposium (BALTIC), Klaipėda, Lithuania, 2018, p. 1–8. <https://doi.org/10.1109/baltic.2018.8634843>
10. Zhigulsky V., Gogoberidze G., Rumiantceva E., Shilin M., Bobilev N. Evaluation of environmental effects of dredging in the Sabetta seaport (Kara sea) for regional bioresources management. In: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. 2020;20(5.1):315–322. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.040>
11. Maritime doctrine of the Russian Federation: approved by the President of the Russian Federation dated July 31, 2022, No. 512 [internet]. (In Russ.) Available at: <https://docs.cntd.ru/document/351339890>
12. On approval of the Strategy for marine activities development in the Russian Federation until 2030: The Russian Federation Government Decree dated August 30, 2019 No. 1930-r [internet]. (In Russ.) Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72573254/>
13. Rumiantceva E., Gogoberidze G. Risk assessment of anthropogenic impact in the model of marine spatial planning at the district governance level. In: 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019, Bulgaria. 2019;19(5.1):663–668. <https://doi.org/10.5593/sgem2019/5.1/S20.082>

14. Zhigulsky V., Rumiantceva E., Shuisky V., Chebykina E., Gogoberidze G. Environmental and economic costs of marine dredging in Russia's high north and the Arctic region. In: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. 2020;(5.2):219–226. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.2/s21.026>
15. Zhigulsky V., Rumiantceva E., Shuisky V., Chebykina E., Gogoberidze G. Comparative multi-criteria assessment of alternative options for locating industrial facilities in the arctic region and continental shelf. In: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. 2020;20(5.1):175–182. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.022>
16. Zhigulsky V., Shuisky V., Maksimova E., Bylina T., Solovey N., Maksimova T. Previous experience and prospects of using certain quantitative methods for the environmental assessment of hydraulic engineering constructions during the design process. In: Managing risks to coastal regions and communities in a changing world. Academus Publishing; 2016, p. 1-1. [https://doi.org/10.31519/conferencearticle\\_5b1b9428400b88.10954372](https://doi.org/10.31519/conferencearticle_5b1b9428400b88.10954372)
17. Zhigulsky V., Gogoberidze G., Zhigulskaya D., Shuisky V., Maksimova E. Some aspects of quantitative assessments and management of hydraulic works impact on marine and coastal ecosystems. In: 7th IEEE/OES International Symposium (BALTIC), Klaipėda, Lithuania, 2018, p. 1–9. <https://doi.org/10.1109/BALTIC.2018.8634865>
18. Zhigulsky V., Zhigulskaya D., Shuisky V., Maksimova E. Pre-project comparative environmental assessment of alternative locations for a production facility. Ecology and Industry of Russia. 2019;23(4):41–45. (In Russ.). <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-4-41-45>
19. Shilin M., Chusov A., Zhigulsky V., Ershova A., Abramov V., Bagrova T., Popov N. Environmental safety of the Nord Stream 2 Marine gas pipeline (Russian section). In: 7th IEEE/OES International Symposium (BALTIC), Klaipėda, Lithuania, 2018, p. 1–8. <https://doi.org/10.1109/BALTIC.2018.8634858>
20. On the approval of the methodology for calculating the damage caused to aquatic biological resources: Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated March 31, 2020 No. 167 [internet]. (In Russ.) Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74543552/>



УДК 656.078: 656.62

ББК 67.400

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-41-50>

## Технологии использования цифровых аэромобильных киберфизических платформ в Арктике

Бенгерт А.А.<sup>1</sup>, Винокур М.В.<sup>2</sup>, Ежов Д.А.<sup>3</sup>, Биденко С.И.<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup> ФГУП «Гидрографическое предприятие», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ПАО «Интелтех», Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Гидрографическое общество, Санкт-Петербург, Россия

✉ [sidenko@mail.ru](mailto:sidenko@mail.ru)

**Аннотация.** Дана характеристика физико-географических и социально-географических условий Арктической зоны Российской Федерации. Показана необходимость и возможности применения беспилотной техники для обеспечения территориальной активности в Арктике, определены критерии киберспособности пространства арктической территориальной активности по параметрам наблюдаемости, управляемости и безопасности. Приведены характеристики арктической беспилотной техники. Сформулированы закономерности формирования одиночных и групповых аэромобильных интеллектуальных платформ. Обоснованы цифровые технологии и способы применения беспилотных аэромобильных платформ в типовых эпизодах и задачах лоцманской проводки, освещения обстановки в районе, ледовой разведке, обеспечения связи и телекоммуникации в слабооборудованных акваториях, поддержки системы навигационного оборудования и др. Указаны ограничения аэромобильных арктических БПЛА-технологий.

**Ключевые слова:** арктическая территориальная активность, цифровая киберфизическая платформа, технологии применения беспилотной техники в Арктике

**Конфликт интересов:** авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Бенгерт А.А., Винокур М.В., Ежов Д.А., Биденко С.И. Технологии использования цифровых аэромобильных киберфизических платформ в Арктике. *Арктика и инновации*. 2023;1(1):41–50. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-41-50>

## Arctic digital airmobile cyberphysical platforms technologies

Bengert A.A.<sup>1</sup>, Vinokur M.V.<sup>2</sup>, Yezhov D.A.<sup>3</sup>, Bidenko S.I.<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup> Hydrographic Enterprise, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup> PJSC Inteltech, Saint Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Hydrographic Society, Saint Petersburg, Russia

✉ [sidenko@mail.ru](mailto:sidenko@mail.ru)

**Abstract.** This article is aimed at characterizing the physical-geographical and socio-geographical conditions of the Arctic zone of the Russian Federation. The necessity and possibility of using unmanned vehicles to support

human activity in the Arctic are demonstrated. The cyber capability of the Arctic zone is determined in terms of observability, controllability, and security criteria. The characteristics of unmanned vehicles used in Arctic operations are given. General principles for the formation of single- and group airmobile intelligent platforms are formulated. Digital technologies and methods for using unmanned airborne platforms are described in the context of typical piloting episodes and tasks, situation analysis in a given area, ice reconnaissance, provision of communication networks in poorly equipped water areas, navigation systems support, etc. The limitations of using airmobile unmanned technologies in Arctic conditions are outlined.

**Keywords:** Arctic territorial activity, digital cyber-physical platform, Arctic unmanned vehicle technologies

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

**For citation:** Bengert A.A., Vinokur M.V., Yezhov D.A., Bidenko S.I. Arctic digital airmobile cyberphysical platforms technologies. *Arctic and Innovations*. 2023;1(1):41–50. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-41-50>

## Введение

Арктическая зона Российской Федерации (АЗ РФ) является особым регионом России, обладает многими существенными факторами, определяющими его значимость для экономики и обороноспособности страны. Это природные ресурсы, инфраструктурный потенциал, условия для обеспечения национальной безопасности [1]. В этом районе сосредоточены значительные месторождения углеводородов (природный газ, нефть, уголь) и других полезных ископаемых [1]. По акваториям АЗ РФ Северного морского пути (СМП) осуществляются интенсивные морские перевозки сжиженного природного газа, нефти, других материалов и грузов. В акваториях АЗ РФ ведутся активные изыскания, научные исследования, прокладываются кабели и трубопроводы, бурятся скважины, решаются вопросы, связанные с обороной страны. В силу стратегической важности региона в акваториях СМП ведется интенсивное строительство новых терминалов, портов и других хозяйственных сооружений.

Все это требует усилий по обеспечению акватории Арктики и зон хозяйственной активности системами связи, навигации и освещения [2]. В связи со слабой оборудованностью АЗ РФ в качестве перспективных киберфизических решений рассматриваются системы беспилотных аэромобильных комплексов с высокой сенсорной способностью [3].

Территориальная активность в АЗ РФ затрудняется [1–3] как общими природно-социальными факторами арктической геосреды (ионизация атмосферы, низкие температуры, сильные ветры, недостаточная инсоляция, тяжелые подвижные льды, удаленность от промышленных центров, неразвитость

инфраструктуры, демографические ограничения, высокая стоимость ресурсов и услуг, длительность восстановления нарушенных экосистем), так и специфическими негативными территориальными факторами (мелководность акватории, большая изменчивость рельефа дна из-за интенсивных выносов речного грунта, узость Морского канала, недостаточное навигационно-гидрографическое и гидрометеорологическое обеспечение, высокий уровень загрязнения акватории и прибрежной зоны).

## Результаты

Результаты многолетних исследований обобщены в форме таблицы. В таблице 1 приведены проблемные вопросы арктической территориальной активности, вытекающие из особенностей географии региона.

Анализ таблицы показывает, что перспективный в экономическом отношении регион требует определенных мер киберфизической поддержки различных видов деятельности в Арктике. К таким видам киберфизического обеспечения относятся следующие цифровые технологии [1–5]:

- комплексное освещение обстановки в акваториях СМП;
- поддержание связи и телекоммуникации в регионе;
- навигационно-гидрографическое и гидрометеорологическое обеспечение (поддержка) судоходства и других видов деятельности в Арктике;
- оперативное вскрытие ледовой обстановки в ближней зоне ледокола (судна);
- оперативные ледовые прогнозы, планирование переходов и проводок в подвижных ледовых полях.

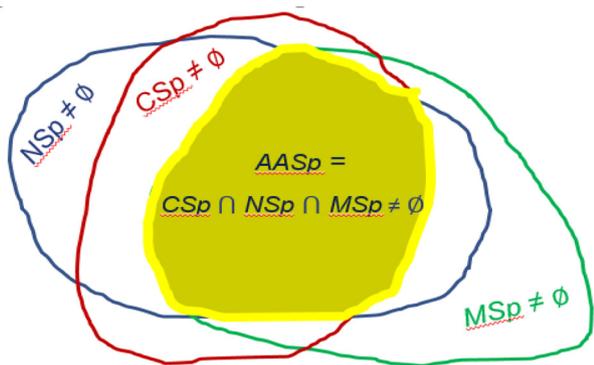
**Таблица 1.** Природные и хозяйственные факторы Арктической зоны, оказывающие влияние на территориальную арктическую активность

**Table 1.** Natural and Economic Factors of the Arctic Zone Influencing Territorial Arctic Activity

Территориальные факторы Арктической зоны Российской Федерации	Вытекающие из специфических условий региона проблемные вопросы арктической территориальной активности
<p><b>Физико-географические условия:</b></p> <p>Большая пространственная протяженность</p> <p>Значительные запасы полезных ископаемых</p> <p>Низкие температуры</p> <p>Высокая влажность</p> <p>Длительная полярная ночь</p> <p>Ионизация атмосферы приполярной области, создающая значительные по пространственному распространению (500–1500 км) и времени (до 2-х часов) помехи (вплоть до полного прекращения) прохождению радиоволн</p> <p>Мелководность акватории морской арктической зоны</p> <p>Сильные ветры</p> <p>Низкая инсоляция</p> <p>Ледовитость, тяжелые подвижные льды</p> <p>Недостаточная навигационная оборудованность</p> <p>Низкая изученность региона</p> <p>Изменчивость рельефа дна вследствие мощных выносов грунта сибирских северных рек</p> <p>Длительность восстановления нарушенных экосистем</p>	<p>Необходимость преодоления больших расстояний в условиях недостаточно эффективной связи, навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения.</p> <p>Необходимость оперативной ледовой разведки, прогнозирования ледовой обстановки, планирования маршрутов перехода и ледовых проводок в условиях подвижных ледовых полей.</p> <p>Наличие протяженных зон помех прохождению радиоволн.</p> <p>Необходимость особого арктического исполнения аппаратной части технических средств и систем.</p> <p>Необходимость наращивания группировки бортовых/ базовых беспилотных комплексов и систем ледовой разведки и гидрографических обследований.</p> <p>Необходимость производства периодических дноуглубительных работ.</p> <p>Необходимость наращивания навигационно-гидрографического оборудования.</p> <p>Необходимость развертывания альтернативных спутниковым высокоточных навигационных систем.</p> <p>Необходимость интеграции спутниковых и наземных навигационных систем.</p> <p>Необходимость обмена информацией об обстановке в ближней зоне судов.</p> <p>Необходимость наращивания группировки бортовых беспилотных аппаратов: навигационных, гидрографических, разведывательных (воздушных, подводных).</p>
<p><b>Хозяйственно-географические условия:</b></p> <p>Неразвитость инфраструктуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• транспортной</li> <li>• энергетической</li> <li>• селитебной</li> <li>• телекоммуникационной</li> <li>• связной</li> <li>• логистической</li> <li>• здравоохранения</li> <li>• НГГМО</li> <li>• спасательной</li> </ul> <p>Удаленность от экономически активных регионов России</p> <p>Демографические ограничения</p> <p>Высокая стоимость ресурсов и услуг (людских, биологических, энергетических, транспортных)</p>	<p>Необходимость систематических точных оперативных и долгосрочных метео- (ледовых) прогнозов.</p> <p>Необходимость дополнения спутниковой связи и навигации наземными связными и радиотехническими системами.</p> <p>Необходимость насыщения региона киберфизическими средствами и системами поддержки территориальной арктической активности.</p> <p>Необходимость ледокольной поддержки навигации</p>

Формально эти требования формулируются следующим образом (рис. 1). Система (пространство) арктической территориальной активности (AASp) будет наблюдаемой,

управляемой и безопасной (т.е. будет иметь кибертехнические предпосылки для функционирования и решения возложенных задач) тогда и только тогда, когда:



**Рис. 1.** Иллюстрация киберфизического пространства системы арктической территориальной активности

**Fig. 1.** Illustration of the Cyber-Physical Space of the Arctic territorial activity system

1. Не являются пустыми множествами соответствующие пространства связи и телекоммуникации (CSp), навигации (навигационной безопасности) (NSp) и ситуационного мониторинга (MSp).

2. Не является пустым множеством пересечение пространств CSp, NSp, и MSp. То есть пространство AASp киберспособно (наблюдается, управляемо, безопасно)  $\Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow CSp \neq \emptyset, NSp \neq \emptyset, MSp \neq \emptyset, CSp \cap NSp \cap MSp \neq \emptyset. \quad (1)$$

В работах [4, 5, 8] показано, что исходя из сложности (точнее сказать, тяжести) физико-географических и социально-географических условий АЗ РФ для удовлетворения требований системы уравнений (1) к киберфизическому подпространству АЗ РФ:

1) в слабооборудованных и удаленных акваториях и районах могут быть использованы беспилотные аэромобильные киберфизические платформы (беспилотники) с размещенными на них геосенсорами (датчиками дистанционного зондирования Земли и системами наблюдения, средствами связи, навигационными приборами);

2) эти аэромобильные киберфизические платформы должны быть в максимальной степени роботизированы для обеспечения их процедурной автономности при решении задач обеспечения арктической территориальной активности (АТА).

Следует ли считать эти рекомендации умозрительными заключениями, или в настоящее время уже существуют образцы аэромобиль-



**Рис. 2.** БПЛА «Археон» на стартовой катапульте

**Fig. 2.** Archeon unmanned aerial vehicle on a catapult launcher

ных киберплатформ, которые уже сейчас могут функционировать в сложных условиях АЗ РФ и удовлетворять (в той или иной степени) требованиям системы (1)?

Анализ многочисленных разнообразных образцов отечественной и зарубежной беспилотной воздушной техники [6–8] показывает:

- а) в принципе такая техника (авионика и геосенсоры) существует, но...
- б) это в основном импортные воздушные агрегаты или отечественная техника с большим процентным составом зарубежного оборудования;
- в) заявляемые пределы полетов по силе ветра 16–17 м/с в действительности оказываются гораздо меньше: 9–10 м/с.

Как исключение из правил можно отметить, что в настоящее время все же существуют отдельные образцы удовлетворительной



**Рис. 3.** БПЛА «Археон-ВВП» осуществляет стартовый подъем на электромоторах

**Fig. 3.** The Archaeon-VTOL UAV performs a launch ascent on electric motors

беспилотной техники. Например, отечественный беспилотник в исполнении «по-самолетному» и «самолет вертикального взлета и посадки» с пределом ветровой нагрузки до 25 м/с. Это самолеты АО «НЦ ПЭ» «Археон» и «Археон-ВВП» (рис. 2–4).

Тактико-технические характеристики этих беспилотников (табл. 2, 3, рис. 4) показывают, что данные аппараты содержат в себе значительный потенциал для формирования требуемого киберфизического подпространства (области) Арктической зоны.

Беспилотник штатно несет отечественную РЛС — трехдиапазонный радиолокатор с синтезируемой апертурой (РСА), характеристики которого приведены в таблице 4.

**Таблица 2.** Тактико-технические характеристики БПЛА «Археон»

**Table 2.** Tactical and technical characteristics of the Archeon UAV

Параметр	Значение
Время полета	до 10 часов
Скорость полета	70–140 км/ч
Тип двигателя	бензиновый 4-тактный
Компоновка двигателя	тянущий
Максимальной радиус действия радиолинии	до 150 км
Максимальный радиус действия видеоканала аналоговый	до 30 км
цифровой	до 50 км
Максимальная дальность полета	до 1000 км
Взлетный вес	до 27 кг
Полезная нагрузка	до 7 кг
Размах крыла летательного аппарата	3 м
Рабочая высота полета	от 100 до 5000 м
Взлет	с катапульты
Посадка	по-самолетному
Условия эксплуатации:	
• ветер	до 20 м/с
• температура окружающего воздуха	–40...+50 °С
• умеренный дождь и снегопад	да



**Рис. 4.** При стартовом подъеме БПЛА маршевый двигатель внутреннего сгорания не работает

**Fig. 4.** During the initial ascent of the UAV, the main internal combustion engine does not work

**Таблица 3.** Тактико-технические характеристики БПЛА «Археон-ВВП»

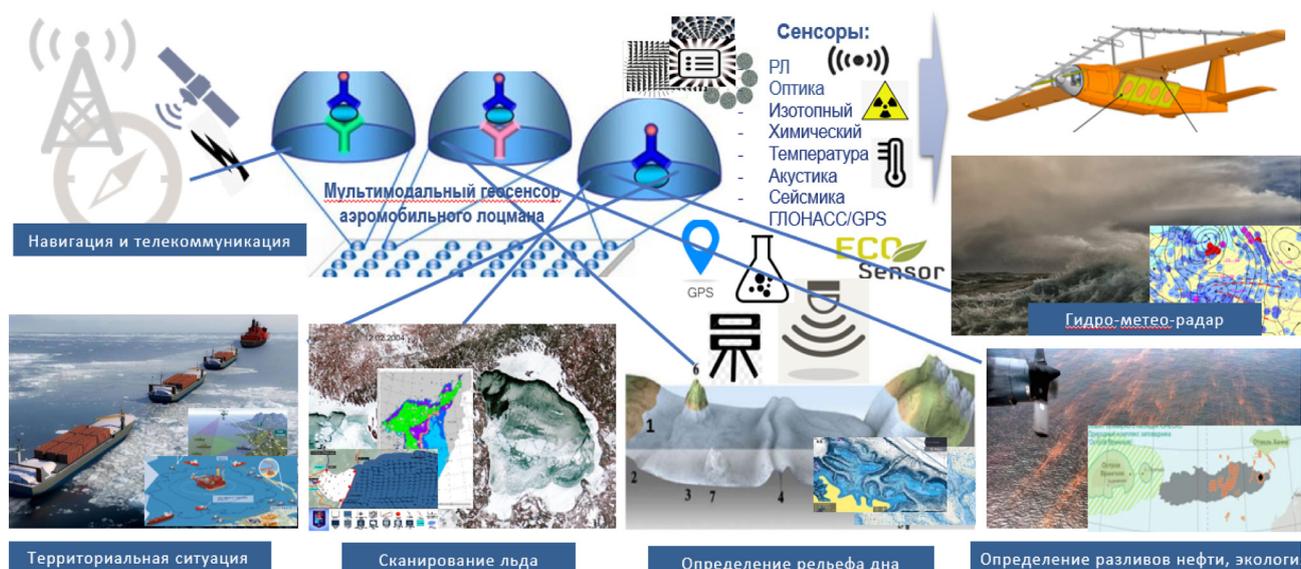
**Table 3.** Tactical and technical characteristics of the Archeon-VTOL UAV

Параметр	Значение
Время полета	до 3 часов
Скорость полета	70–110 км/ч
Тип двигателя	Комбинированная силовая установка ДВС + электро
Компоновка двигателя	тянущий
Максимальной радиус действия радиолинии	до 150 км
Максимальный радиус действия видеоканала аналоговый	до 30 км
цифровой	до 50 км
Максимальная дальность полета	до 500 км
Взлетный вес	до 28 кг
Полезная нагрузка	до 3,5 кг
Размах крыла летательного аппарата	3 м
Рабочая высота полета	от 100 до 3000 м
Взлет	вертикальный
Посадка	вертикальный
Условия эксплуатации:	
• ветер	до 25 м/с
• температура окружающего воздуха	–40...+50 °С
• умеренный дождь и снегопад	да

**Таблица 4.** Характеристики носимого беспилотником радара с синтезируемой апертурой

**Table 4.** Characteristics of a Drone Portable Synthetic Aperture Radar

Диапазон PCA	Характеристики диапазона PCA
«PCA-MF-X» — PCA малогабаритный X-диапазона	X-диапазон ( $\lambda = 3$ см) Диапазон частот — 9,3–9,8 ГГц Разрешающая способность изображения — 0,5×0,5 м Масса аппаратного блока — 1,6 кг Масса антенны — 0,18 кг Габариты антенны 200×100×20 мм Ширина ДН антенны — 8×16 градусов Обеспечивает обзорное РЛ-освещение внешней обстановки (лед, суда, береговые объекты и т.д.). Изображение высокой четкости, сигнал отражается от поверхности; обзор на поверхности
«PCA-MF-L» — радиолокатор с синтезированной апертурой (PCA) малогабаритный L-диапазона	L-диапазон ( $\lambda = 24$ см) — сигнал проникает под поверхность льда и земли Диапазон частот — 1215–1290 МГц Разрешающая способность изображения — 2×2 м Масса аппаратного блока — 1,6 кг Масса антенны — 0,7 кг Габариты антенны 800×200×40 мм Ширина ДН антенны — 15×70 градусов
«PCA-MF-LX» — PCA Совмещенный малогабаритный двухчастотный радиолокатор L- и X-диапазонов	R-диапазон ( $\lambda = 70$ см) — сигнал проникает под поверхность льда и земли более глубоко (2–3 л) Масса аппаратного блока — 2,5 кг Масса антенн — 1 кг



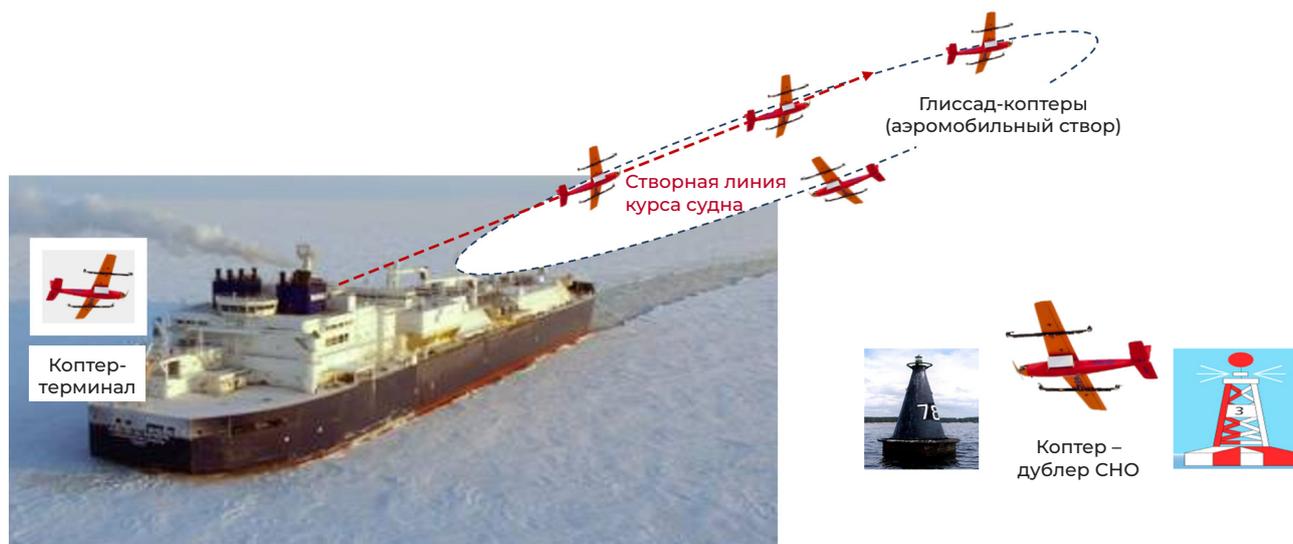
**Рис. 5.** Состав оборудования аэромобильной киберфизической платформы (концептуально)

**Fig. 5.** Equipment composition of an aeromobile cyberphysical platform (schematically)

На рисунке 5 приведен базовый состав сенсоров и оборудования аэромобильной киберфизической платформы.

Возможности и свойства указанных БПЛА апробированы и позволяют применять их в качестве роботизированных киберплатформ в следующих территориальных технологиях и тактических эпизодах:

**А.** Лоцманская проводка (лидирование) судна организацией аэромобильного створа группой глиссид-коптеров (рис. 6). Стая коптеров осуществляет круговое циклическое барражирование впереди судна, организует перемещающийся по проложенному маршруту аэромобильный оптический створ. Сами коптеры координируются береговым центром управления или лоцманом с борта судна.



**Рис. 6.** Типовые эпизоды применения роботизированных аэромобильных платформ: проводка (лидирование судна), дублирование СНО, терминальная передача служебной информации на судно

**Fig. 6.** Typical situations of applying robotic air mobility platforms: ship tracking (vessel leading), duplication of navigation aids, terminal transfer of service information to the vessel

**Б.** Дублирование средств навигационного оборудования (СНО) — временная замена собой вышедших из строя плавучих и стационарных средств навигационного оборудования (буи, бакены, створные знаки, огни, маяки). Коптеры — дублиеры СНО оперативно прибывают в район расположения СНО, осуществляют внешний оптический и, если необходимо, радиолокационный осмотр, передают данные в центр управления все время устранения неисправности.

**В.** Автономная работа стай при комплексном многопараметрическом освещении обстановки в регионе. Беспилотник по массе и габаритам лимитирован для размещения на нем геосенсоров и другого оборудования.

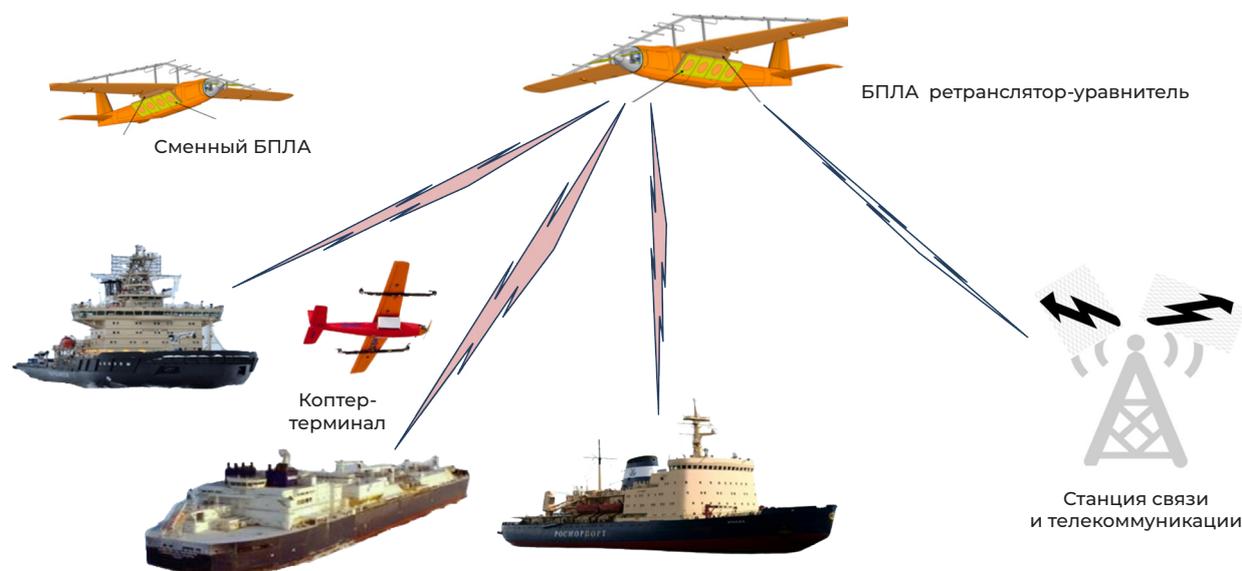
Датчики и техника дистанционного зондирования размещаются на нескольких коптерах, которые совместно и согласованно осуществляют измерения и наблюдения в обследуемой локации, передают данные наблюдения на коптер-ретранслятор или доставляют их на землю по окончании работ.

**Г.** Автономная работа стай коптеров при оперативном вскрытии обстановки по одному параметру в обширной рабочей зоне. Линейка коптеров с одинаковыми геосенсорами одновременно осуществляет измерения одинаковыми датчиками в различных точках или локациях обследуемого района.

Пример — гидрографический промер акватории линейным строем коптеров (расположены в линию перпендикулярно генеральному курсу промера), перемещающихся все сразу в одинаковом направлении

**Д.** Аэромобильный терминал для передачи на борт судна навигационно-гидрографической и гидрометеорологической информации, рекомендаций и другой служебной информации. Чтобы не устанавливать на суда дополнительное оборудование (например, навигационную аппаратуру пользователей наземных мобильных радионавигационных систем), на борт судна может быть отправлен коптер-терминал, который доводит до судоводителя необходимую информацию (например, координаты самого коптера, определенные с помощью радиолокационного визирования с берега или наземной РНС).

В приполярной зоне довольно часто возникают возмущения электромагнитного поля (табл. 1), которые искажают слабые сигналы спутниковых навигационных систем (СНС). Сигналы СНС в Арктике подвержены помехам и от других источников электромагнитного излучения. Поэтому судовладельцы требуют от гидрографической службы организации в АЗ РФ альтернативных высокоточных систем навигации — АВНС [7, 8]. Это обстоятельство, в свою очередь, вызывает необходимость штатного доукомплектования судов дополнительной аппаратурой



**Рис. 7.** Режим ретрансляции в слабооборудованных акваториях АЗ РФ

**Fig. 7.** Retransmission mode in poorly equipped water areas of the Arctic Zone of the Russian Federatio

пользователей АВНС. Плюс эта аппаратура должна получить сертификат Российского морского регистра судоходства. Аэромобильные коптеры-терминалы как раз и предназначены для решения этой проблемы.

**Е.** Режим ретрансляции. Длительное посменное (вахтовое) обеспечение связи и телекоммуникации (рис. 7) в районе (акватории). При необходимости наряд коптеров в режиме ретранслятора осуществляет посменное (вахтовое) барражирование в обслуживаемом районе (акватории).

**Ж.** Мониторинг ледовой обстановки в ближней зоне ледокола (100–150 км) для вскрытия ледовой обстановки, обеспечения ледовых прогнозов, планирования маршрута перехода во льдах и поддержки ледовых проводок. Следует отметить, что эпизоды Б, В, Г требуют организации локализованного применения нескольких единиц коптеров одновременно, что означает формирование некоей групповой роботизированной киберфизической аэромобильной платформы.

Опытная эксплуатация и поисковые исследования по вопросам применения аэромобильных киберфизических платформ в Арктике показывают следующие организационные и технические вопросы, которые следует учитывать при эксплуатации

мобильных роботизированных комплексов в АЗ РФ:

- необходимость предварительного получения разрешений и окончательного согласования полетов беспилотников в органах муниципального управления, региональных центрах управления полетами, близлежащих воинских частях и других директивных органах;
- камеральная (апостериорная) обработка материалов измерений и наблюдений зачастую требует привлечения априорной информации и участия эксперта;
- дальняя разведка требует задействования как минимум двух летательных аппаратов (ЛА), т.к. при возникновении неисправностей или отказе, аварийной посадке или падении одного ЛА другой поддерживает связь с пунктом управления и наводит группу эвакуации к месту аварии;
- аэромобильные беспилотные комплексы в большинстве задач применяются не по одиночке, что приводит к формированию групповой аэромобильной киберфизической роботизированной платформы, которая в полностью автономном режиме способна осуществлять комплексное освещение обстановки в локальном районе или осуществлять оперативную однопараметрическую съемку в обширном регионе. Групповое автономное применение аэромобильных роботов требует специальных алгоритмов и процедур информационного обмена между беспилотниками, управления «стаей» со стороны лидера.

## Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что для поддержки территориальной деятельности могут быть использованы аромобильные киберфизические платформы, с помощью которых в слабооборудованных акваториях и районах АЗ РФ реализуются следующие цифровые технологии:

- комплексное освещение гидрометеорологической и навигационно-гидрографической обстановки (лед, ветер, течения,

осадки, загрязнение, глубины, координатная информация, средства навигационного оборудования (СНО) и т. д.);

- поддержка связи и телекоммуникации в районе в режиме ретрансляции;
- осуществление лоцманской проводки в режиме мобильного створа;
- дублирование аварийных СНО;
- ледовая разведка в ближней морской зоне ледокола для поддержки ледовых прогнозов и планирования ледовых проводок.

## Список литературы

1. Ивантера В.В., ред. Арктическое пространство России в XXI веке: факторы развития, организация управления. СПб.: Издательский дом «Наука»; 2019.
2. Биденко С.И., Храмов И.С., Бенгерт А.А., Мучкаева И.С. Геоинформационная процедура оценки региональной ситуации на основе оперативного ИНС-анализа гидрометеорологической и экологической информации (на примере Обской губы). Гидрометеорология и экология. 2022;(68):508–524. <https://doi.org/10.33933/2713-3001-2022-68-508-524>
3. Тимофеев О.Я., Таровик О.В., Топаж А.Г., Миронов Е.У., Фролов С.В., Буянов А.С., Горбачев М.А., Бенгерт А.А. Концепция централизованной информационной системы для планирования работы флота в Арктике. Арктика: экология и экономика. 2019;(1):129–143. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2019-1-129-143>
4. Биденко С.И., Бенгерт А.А., Мучкаева И.С., Николашин Д.Ю., Щесняк С.С. Робототехнические аромобильные системы поддержки территориальной активности в арктической зоне Российской Федерации. Морская радиоэлектроника. 2022;(1):10–16.
5. Панамарев Г.Е., Биденко С.И. Геоинформационная поддержка управления сложными территориальными объектами и системами. Новороссийск: МГА; 2011.
6. Силкин А.А., Бенгерт А.А., Биденко С.И. и др., Щесняк С.С., рук. Обоснование направлений построения и использования аромобильных робототехнических киберплатформ в интересах обеспечения арктической территориальной хозяйственной активности: отчет по КНИР «Аэролоцман-2.9». СПб.: Изд-во АО НЦ ПЭ; 2022.
7. Шаповалов А.Б., Щербинин В.В., Свиязов А.В., Кветкин Г.А., Измайлов-Перкин А.В., Зиновьев П.Д., и др. Создание автономной системы для безопасного и надежного судовождения в критически сложных зонах Обской губы. Оборонно-промышленный потенциал. 2019;(4):30–41.
8. Миляков Д.Ф., Николашин Ю.Л., Щесняк С.С., Биденко С.И., Присяжнюк С.П., Черный С.Г. Направления организации альтернативного радионавигационно-телекоммуникационного обеспечения судоходства в арктической морской зоне. Информация и Космос. 2020;(3):102–111.

## References

1. Ivanter V.V., ed. The Arctic space of Russia in the XXI century: factors of development, organization of management. St. Petersburg: Nauka Publishing House; 2019. (In Russ.)
2. Bidenko S.I., Khramov I.S., Bengert A.A., Muchkaeva I.S. Geoinformation procedure for assessing the regional situation on the basis of operational INS-analysis of hydrometeorological and environmental information (on the example of the Ob Bay). Gidrometeorologiya i Ekologiya = Journal of Hydrometeorology and Ecology. 2022;(68):508–524. (In Russ.) <https://doi.org/10.33933/2713-3001-2022-68-508-524>
3. Timofeyev O.Y., Tarovik O.V., Topaj A.G., Mironov Y.U., Frolov S.V., Buyanov A.S., Gorbachev M.A., Bengert A.A. The concept of an integrated information system for planning of fleet operation in the Arctic. Arctic: ecology and economy. 2019;(1):129–143. (In Russ.) <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2019-1-129-143>

4. Bidenko S.I., Bengert A.A., Muchkaeva I.S., Nikolashin D.Iu., Schesniak S.S. Robotic Air-mobile Systems for Support of Territorial Activity in the Arctic Zone of the Russian Federation. *Morskaya radioelektronika [Marine radioelectronics]*. 2022;(1):10–16. (In Russ.)
5. Panamarev G.E., Bidenko S.I. Geoinformation support for the management of complex territorial objects and systems. *Novorossiysk: Maritime State Academy named after Admiral F. F. Ushakov*; 2019. (In Russ.)
6. Silkin A.A., Bengert A.A., Bidenko S.I., et al., Schesnyak S.S., ed. Substantiation of directions for the construction and use of airmobile robotic cyberplatforms in the interests of ensuring the Arctic territorial economic activity. Report on the research work “Aerolotsman-2.9”. St. Petersburg: Publishing House of JSC NTs PE; 2022. (In Russ.)
7. Shapovalov A.B., Shcherbinin V.V., Sviyazov A.V., Kvetkin G.A., Izmailov-Perkin A.V., Zinov’ev P.D., et al. Creation of an autonomous system for safe and reliable navigation in critical areas of the Gulf of Ob. *Oboronno-promyshlennyi potentsial [Defense and industrial potential]*. 2019;(4):30–41. (In Russ.)
8. Milyakov D., Nikolashin Yu., Schesnyak S., Bidenko S., Prisyazhnyuk S., Cherny S. Alternative radio navigation and telecommunications support directions for arctic maritime zone navigation. *Informatsiya i Kosmos = Information and Space*. 2020;(3):102–111. (In Russ.)

УДК 551.46+574.58

ББК 20.173

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-51-58>

# Экологический мониторинг континентального шельфа арктических морей России: выбор критериев, оценка и перспективы

Алексеев Д.К.

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

✉ [d.alekseev@rshu.ru](mailto:d.alekseev@rshu.ru)

**Аннотация.** В работе приводится аналитический обзор многолетних исследований по оценке экологического состояния арктических морских экосистем. Основное внимание уделяется методам, позволяющим получить интегральную оценку. Рассматриваются вопросы применения биологических методов оценки экологического состояния шельфовой зоны арктических морей России. Дан краткий обзор существующих методов биотестирования морской среды, а также приведены примеры использования биотестовых систем. На примере модельных донных сообществ приводится экологическая оценка морских донных экосистем.

**Ключевые слова:** биоиндикация, биотестирования, экологическое нормирование, устойчивость экосистем

**Конфликт интересов:** автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Алексеев Д.К. Экологический мониторинг континентального шельфа арктических морей России: выбор критериев, оценка и перспективы. *Арктика и инновации*. 2023;1(1):51–58. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-51-58>

## Ecological monitoring of the Russian continental shelf of Arctic seas: criterion selection, assessment, and prospects

Alexeev D.K.

Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia

✉ [d.alekseev@rshu.ru](mailto:d.alekseev@rshu.ru)

**Abstract.** The article provides an analytical review of long-term studies assessing the ecological state of Arctic marine ecosystems. The focus is on integral estimation methods. The issues associated with the application of biological methods for assessing the ecological state of the Russian continental shelf of Arctic seas are considered. The author briefly reviews existing methods for biotesting the marine environment and provides examples of the use of biotest systems. On the example of model benthic communities, an ecological assessment of marine benthic ecosystems is presented.

**Keywords:** bioindication, biotesting, environmental regulation, ecosystem resilience

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

**For citation:** Alexeev D.K. Ecological monitoring of the Russian continental shelf of Arctic seas: criterion selection, assessment, and prospects. *Arctic and Innovations*. 2023;1(1):51–58. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-51-58>

## Введение

Реализация международной Программы арктического мониторинга и оценки (АМАР — <https://www.amap.no/>) началась в 1991 году. С этого момента перечень основных экологических проблем Арктического региона претерпел большие изменения. В настоящий момент можно выделить следующие основные направления: поступление стойких органических загрязнителей (СОЗ) и ртути, черного углерода и метана, проблема морского мусора и управления отходами, климатические изменения, сохранение видового разнообразия. Актуальным стало предотвращение чрезвычайных ситуаций и реагирование на них.

Поступление загрязняющих веществ в акватории арктических морей России по-прежнему остается одним из наиболее опасных видов антропогенного воздействия. Попадая в морские экосистемы, загрязняющие вещества распространяются по биотическим и абиотическим компонентам, а благодаря процессу увеличения концентрации в организмах при переходе с одного трофического уровня на другой, могут представлять опасность и для здоровья человека. Поступление данных веществ в первую очередь сказывается на состоянии эвфотического слоя, так как обычно максимальные концентрации токсикантов накапливаются в активном поверхностном слое, где максимально сконцентрированы особо чувствительные к токсикантам нейстонные организмы. Они представляют собой начальные и ранние стадии онтогенеза многих промысловых объектов. Как правило, в Мировом океане поля максимальных концентраций загрязняющих веществ и повышенной биологической продуктивности совпадают [1].

Опасность загрязнений в Арктике по сравнению с другими районами океана повышена, т.к. скорость самоочищения акваторий зависит от ряда физико-химических и биологических факторов. Недостаток тепла в Арктике обуславливает низкую интенсивность деструкции химических загрязнителей. Наиболее активно деградируют токсиканты в поверхностном, лучше про-

греваемом и аэрируемом слое, наиболее медленно — в донных отложениях.

Бенталь — это основная зона в морских экосистемах, где происходит трансформация и накопление минерального и органического вещества, поступающего из пелагиали. Грунты, обладая способностью аккумулировать различные вещества, в том числе и токсиканты, могут служить вторичным источником загрязнения. Традиционные химические и физико-химические методы оценки степени загрязнения достаточно точны, хорошо методически разработаны, дают полное представление о количестве и свойствах веществ различного характера и происхождения. Однако современные антропогенные воздействия весьма сложны, а реакция экосистем существенно зависит не только от состава факторов, но и от их взаимодействия. Поэтому традиционные методы химического и физико-химического анализа не всегда позволяют получить интегральную оценку экологического состояния исследуемых акваторий. В решении данной проблемы ключевую роль может сыграть применение биологических методов, а также метод сводных (интегральных) показателей.

## Сравнительный анализ методов мониторинга

**Биоиндикация.** Под биоиндикацией понимают определение биологически значимых нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ [2]. Биота характеризует все многообразие и изменчивость среды, а также четко может реагировать на внешние воздействия любого происхождения. Биоиндикаторы должны обеспечивать надежной информацией об уровне загрязнения и его динамике во времени, иметь широкое географическое распространение, быть многочисленными, хорошо изученными с экологических позиций, генетически относительно однородными; необходима ясность об их роли в функционировании экосистем.

Информативным и практически удобным объектом для оценки состояния морских

донных экосистем Арктики является бентос. По сравнению с другими группами организмов донные организмы наиболее стабильны во времени, характеризуют локальную ситуацию в пространстве, способны представить изменение экосистемы в ретроспективе.

В современной гидробиологии бентосные сообщества принято разделять на три размерных блока: макро-, мейо- и микробентос. При исследовании донных экосистем, подвергающихся сильной антропогенной нагрузке, обычно изучают реакцию макробентоса на воздействие, поскольку его представители обильны в донных биоценозах и сравнительно легко поддаются определению. Мейобентос (организмы размером от 0,1 до 2 мм) и микробентос (меньше 0,1 мм) используются реже. Однако мелкие донные животные способны быстро реагировать на изменения среды и часто представляют собой экологические мишени для техногенного воздействия [3].

Последствия поступления загрязняющих веществ в морские экосистемы проявляются на различных уровнях организации живого вещества: организменном, популяционном и биоценоотическом. На организменном уровне наблюдается нарушение отдельных биохимических реакций, физиологических функций, морфологические и поведенческие изменения, нарушение темпа роста, увеличение смертности, уменьшение устойчивости к стрессовым состояниям внешней среды. На уровне популяций загрязнение может вызывать изменение их численности, биомассы, показателей рождаемости и смертности, половой и размерной структуры и ряда функциональных свойств. На биоценоотическом уровне загрязнение сказывается на структуре и функциях сообщества, поскольку одни и те же поллютанты по-разному влияют на различные компоненты биоценоза. В индикационной гидробиологии активно применяются методы, разработанные для определения структурно-функционального состояния экосистем.

Откликом донного населения на антропогенное воздействие принято считать: снижение видового разнообразия и обилия организмов, уменьшение доли инфавны и, в частности, грунтоедов в суммарной биомассе бентоса; доминирование в сообществах видов с коротким жизненным циклом, главным образом аннелид [4, 5], а также изменения

других биологических параметров. Наиболее широкое развитие получила биоиндикация с использованием различных характеристик биоценозов, важнейшей из которых является их видовое разнообразие. Количественно видовое разнообразие оценивается индексами, учитывающими, во-первых, число видов в сообществе, во-вторых, положение вида в структуре доминирования. Наиболее часто в биоценологических исследованиях используются индексы видового разнообразия Симпсона (Simpson, 1963), Шеннона — Уивера (Shannon, Weaver, 1963), Пиелю (Pielou, 1975) [6–8].

Обычно негативное антропогенное воздействие приводит к уменьшению количества видов в сообществах за счет исчезновения стенобионтов; как следствие, значения индекса Шеннона и прочих индексов разнообразия сообществ закономерно уменьшаются. Следует учитывать, что для применения подобных индексов необходимо как можно более полное знание видового состава биоценоза, а также количественных характеристик входящих в них видов, что приводит к увеличению учетных площадок. Если на величину индекса видового разнообразия Симпсона оказывают влияние массовые виды, то индекс Шеннона — Уивера дает наибольшие значения при учете редких видов [9]. Получение единичных значений индексов видового разнообразия малоинформативно, необходимо иметь сравнительный материал на различных стадиях сукцессионных изменений, а также в естественных условиях и при антропогенных нарушениях. Расчет структурных индексов видового разнообразия проводится по одному из биоэнергетических показателей обилия (чаще по плотности поселений, чем по биомассе).

Для анализа сообществ морского зообентоса Р. Уорвиком [10] предложен ABC-метод (abundance/biomass comparison). Предполагается, что в отсутствие загрязнения в сообществах преобладают крупноразмерные виды со сравнительно низкими популяционными плотностями и кривая для биомассы проходит на графике выше кривой для численности. Загрязнение, наоборот, вызывает преобладание в сообществах мелкокоразмерных видов с высокой популяционной плотностью, вследствие чего кривая для численности расположится на графике выше, чем кривая для биомассы.

Для количественной характеристики соотношения ранговых распределений биомассы и численности могут использоваться различные числовые индексы, например сумма разностей между накопленными процентами биомассы и численности по всем рангам [11] или усредненная величина этой разности в расчете на один вид [12]. Положительные значения индексов соответствуют нормальным сообществам, а отрицательные — нарушенным.

Различными авторами было установлено, что плотности поселений двух массовых групп мейобентоса (нематод и гарпактицид) связаны друг с другом самым тесным образом [13, 14]. Взаимозависимое количественное распределение этих групп позволяет им быстро отвечать на изменение условий окружающей среды изменением плотности поселений. По отношению численности нематод (N) и гарпактицид (H) можно характеризовать состояние мейобентосных сообществ и морских донных экосистем. Значение соотношения меньше единицы указывает на благоприятные условия, рост коэффициента N/H — на их ухудшение.

Анализ структуры и организации сообществ макро- и мейобентосных организмов в естественных условиях и в условиях антропогенной нагрузки показал, что экологическое состояние биоты шельфовой зоны арктических морей России (исключая некоторые районы) можно считать близким к средне-многолетней норме [3, 15, 16].

**Биотестирование.** Под биотестированием понимают экспериментальный метод определения токсического действия физических, химических и биологических неблагоприятных факторов среды, потенциально опасных для живых организмов [17]. Особенно актуально внедрение биотестирования в системе мониторинга морских акваторий и контроля за крупными источниками загрязнения. В основе биотестирования лежит сравнение ответных реакций организмов на воздействие комплекса факторов по сравнению с контрольной пробой. В качестве тест-объектов могут использоваться самые разнообразные организмы, от бактерий до высших растений и позвоночных животных, включая млекопитающих. Предпочтение, как правило, отдается низкоорганизованным короткоциклическим

организмам, достаточно чувствительным к исследуемому фактору. Ответ тест-объекта на присутствие токсиканта может заключаться в форме одного или нескольких биологических эффектов: биохимических, физиологических, морфологических, генетических, поведенческих и др. Метрологическая проверка стандартных методов биотестирования ставит их в один ряд с физическими и химическими методами контроля качества морской среды.

В 2016 году под эгидой ИСО (ISO 10253:2016) разработаны международные методы биотестирования морской воды с использованием одноклеточных морских водорослей *Skeletonema sp.* and *Phaeodactylum tricornutum*. Арктические экосистемы отличаются изменяющейся в широком диапазоне соленостью, особенно в приустьевых районах крупных сибирских рек. Для этих морей обосновано создание батареи культур планктонных водорослей, адаптированных к широкому диапазону солености [18]. В 2006 году введены в действие рекомендации (Р 52.24.690-2006), которые устанавливают методы биотестирования и требования к порядку проведения и оценке токсического загрязнения вод водотоков и водоемов различной солености и зон смешения речных и морских вод в составе системы мониторинга поверхностных вод суши. В нормативном документе приводится описание трех биотестов: по пищевой активности и по гибели молоди солоноватоводных гидробионтов, а также по коэффициенту прироста численности клеток морских микроводорослей. Существует методика определения токсичности высокоминерализованных поверхностных и сточных вод, почв и отходов по выживаемости солоноватоводных рачков *Artemia salina* L. (ПНД Ф Т 14.1:2.14-06). Примером биометрических систем может служить методика определения интегральной токсичности поверхностных, в том числе морских, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных экстрактов почв, отходов, осадков сточных вод по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм» (ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04).

Вопрос о необходимости создания и апробации региональных стандартов биотестирования для арктических морей остается открытым. Следует отметить, что большая

часть методик биотестирования разработаны для пресных вод, в то время как выбор биотестов для морской среды остается весьма ограниченным. Использование эвригалинных аналогов пресноводных видов или акклимация пресноводных видов к солености может стать решением указанной проблемы. Успешным примером могут служить исследования по определению интегральной токсичности поровых вод с помощью метода биотестирования [19] в Кольском заливе и в сопредельных водах Баренцева моря. Суть этого метода заключается в сравнении поведенческих реакций тест-организмов (инфузорий *Paramecium caudatum*) с контролем. Чистая культура парамеций помещается в вертикальную кювету, туда же добавляется нейтральный загуститель. Исследуемая проба воды наслаивается сверху, не перемешиваясь со взвесью инфузорий. Время экспозиции составляет 30 минут. В основу определения токсичности положена методика определения токсичности проб почв, донных отложений и осадков сточных вод экспресс-методом с применением прибора серии «Биотестер» (ФР 1.39.2015.19243), на основании показаний которого рассчитывается индекс токсичности — безразмерная величина, изменяющаяся от 0 до 1. Степень загрязнения определяется по следующей шкале: 0,00–0,20 — допустимая; 0,21–0,40 — низкая; 0,41–0,60 — умеренная; 0,61–0,80 — высокая и 0,81–1,00 — очень высокая. Здесь стоит отметить, что инфузории вида *Paramecium caudatum* — пресноводный вид. Безусловно, соленость воспринимается им как токсичность (хотя его выживаемость возможна в среде с соленостью до 7‰). Для решения этой проблемы в качестве тест-объекта использовались клоны инфузорий, акклимированные к солености 5‰. Время экспозиции было увеличено до 1 часа. Еще одной отличительной особенностью биотестирования морских поровых вод являлось то, что исходную пробу приходилось разбавлять дистиллированной водой, доводя соленость до тех значений, при которых культивируется данный клон тест-объекта. Естественно предположить, что при таком разбавлении уменьшается не только показатель солености, но и концентрации других компонентов пробы, в частности и токсикантов. Последнее необходимо учитывать при интерпретации результатов биотестирования. В частности, при исходной низкой концентрации

токсикантов регистрируемые значения интегральной токсичности не характеризуют в полном объеме степень загрязнения природных объектов. Однако в случае выявления умеренной и высокой степени загрязнения результаты являются достоверными.

**Метод сводных показателей.** Термин «многокритериальная оценка», введенный В.В. Дмитриевым [20] в эколого-географические исследования, отражает методологическую основу оценки состояния и воздействия на природные экосистемы с помощью построения сводных (интегральных) показателей по совокупности критериев оценивания.

В общем виде построение интегрального показателя включает следующие этапы. В первую очередь выполняется отбор  $m$  исходных критериев  $X_1, \dots, X_m$ , которые образуют группы показателей, отражающих различные параметры исследуемых свойств. На втором этапе для каждого критерия проводится нормирование показателей на основе разработанных нормирующих функций, учитывающих вид (прямая, обратная) и линейность (нелинейность) связи выбранного критерия с оцениваемым свойством. В результате нормирования получают безразмерные показатели, названные выше «отдельными»:  $q_1, \dots, q_m$ ,  $0 \leq q_i \leq 1$ . Каждый «отдельный» показатель  $q_i$  представляет собой нормирующую функцию исходной характеристики  $q_i = q_i(x_i)$  и позволяет оценить исследуемое свойство с точки зрения  $i$ -го критерия. На третьем этапе вводится функция  $Q(q) = Q(q_1, \dots, q_m)$ , агрегирующая нормированные показатели  $q_1, \dots, q_m$  в единый интегральный (сводный) показатель  $Q = Q(q)$ . На синтезирующую функцию, определяющую интегральный показатель, накладываются ограничения:  $Q(0, \dots, 0) = 0$ ,  $Q(1, \dots, 1) = 1$ ,  $0 \leq Q \leq 1$ .

Простейшей синтезирующей функцией, часто используемой в расчетах, является линейная функция вида:

$$Q = Q(q; w) = Q(q_1, \dots, q_m; w_1, \dots, w_m) = \sum_{i=1}^m q_i w_i,$$

где  $w_i$  — вес (приоритет) исходного критерия в общей оценке или в вес «уровня» при многоуровневом оценивании. Таким образом, реализуются многокритериальные и многоуровневые оценки одновременно.

Подобные оценки Дмитриев В.В. предлагает называть «интегральными оценками», а интегральный показатель последнего уровня свертки — «сводным показателем». Количество уровней и критериев формирует эмерджентный образ (модель-классификацию) исследуемого явления, процесса, системы, а интегральный (сводный) показатель представляет собой новую системообразующую характеристику системы или ее свойства.

На четвертом этапе выполняют моделирование весовых коэффициентов с использованием неполной, неточной и нечисловой информации. В самом простом случае, при равенстве весов исходных параметров, вес определяется простой формулой  $p_i = 1/n$ . На заключительном этапе переходят к интегральной оценке  $Q(q;l) = MQ(q;l)$  и оценке точности расчетов.

Ранее уже проводились первые попытки апробации данного метода на основе сводного показателя состояния морских при-

донных вод и грунтов шельфовой зоны арктических морей [21].

## Заключение

В настоящее время имеются нормативная база, международные и национальные стандартизированные методы биотестирования природных вод и опыт их апробации в арктических морях. Совершенствование и внедрение данных методов позволит дополнить традиционную систему контроля за качеством морской воды принципиально новыми, оперативными и малозатратными методами. Перспективным направлением в развитии биоиндикации морских экосистем Арктики является составление списков индикаторных организмов, например на основе данных о накоплении загрязняющих веществ в гидробионтах. Следующим шагом может стать переход к оценке эмерджентных свойств водной экосистемы (устойчивости), например на основе метода сводных показателей.

## Список литературы

1. Нестерова Н.П., Симонов А.И. Химическое загрязнение и методы борьбы с ним. В: Океанология. Химия океана. Т.1. Химия вод океана. Москва: Наука; 1979, с. 436–456.
2. Криволицкий Д.А., Степанов А.М., Тихомиров Ф.А., Федоров Е.Л. Экологическое нормирование на примере радиоактивного и химического загрязнения экосистем. В: Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. Москва: Наука; 1988, с. 4–16.
3. Alexeev D.K., Galtsova V.V. Effect of radioactive pollution on the biodiversity of marine benthic ecosystems of the Russian Arctic shelf. *Polar Science*. 2012;6(2):183–195. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2012.04.001>
4. Кузнецов А.П. Экология донных сообществ шельфовых зон Мирового океана (трофическая структура морской донной фауны). Москва: Наука, 1980.
5. Dauer D.M., Alden R.W. Long-term trends in the macrobenthos and water quality of the lower Chesapeake Bay (1985–1991). *Marine Pollution Bulletin*. 1995;30(12):840–850. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(95\)00091-Z](https://doi.org/10.1016/0025-326X(95)00091-Z)
6. Simpson E.H. Measurement of Diversity. *Nature*. 1949;163:688. <http://doi.org/10.1038/163688a0>
7. Shannon C.E., Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois Press, Urbana; 1979.
8. Pielou E.C. *The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections*. *Journal of Theoretical Biology*. 1966;13:131–144. [http://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](http://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)
9. Одум Ю. *Экология*. Т. 2. Москва: Мир; 1986.
10. Warwick R.M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol*. 1986;92:557–562. <https://doi.org/10.1007/BF00392515>
11. Beukema J.J. An evaluation of the ABC-method (abundance/biomass comparison) as applied to macrozoobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Mar. Biol*. 1988;99:425–433. <https://doi.org/10.1007/BF02112136>
12. Meire P.M., Dereu, J. Use of the Abundance/Biomass Comparison Method for Detecting Environmental Stress: Some Considerations Based on Intertidal Macrozoobenthos and Bird Communities. *Journal of Applied Ecology*. 1990;27(1):210–223. <https://doi.org/10.2307/2403579>

13. Raffaelli D.G., Mason C.F. Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. *Marine Pollution Bulletin*. 1981;12(5):158–163. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(81\)90227-7](https://doi.org/10.1016/0025-326X(81)90227-7)
14. Wormald A.P. Effects of a spill of marine diesel oil on the meiofauna of a sandy beach at picnic bay, Hong Kong. *Environmental Pollution*. 1976;11(2):117–130.
15. Погребов В.Б., Гальцова В.В., Фокин С.И. Мейо- и микробентос района Приразломного месторождения нефти: оценка состояния в целях экологического мониторинга. *Вестник СПбГУ. Сер. 3. Биология*. 1995;(4):9–19.
16. Гальцова В.В., Кулангиева Л.В. Мейобентос губы Ярнышной Баренцева моря. *Биология моря*. 1996;22(1):3–9.
17. Зенин А.Н., Белоусов Н.В. *Гидрохимический словарь*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1988.
18. Дятлов С.Е., Петросян А.Г. *Phaeodactylum tricornutum* Bohl. (Chrysophyta) как тест-объект. Диапазон соленостной резистенции. *Альгология*. 2001; 11(2): 259–264.
19. Гальцова В.В., Кулангиева, Л.В., Алексеев, Д.К. Оценка экологического состояния донных осадков Кольского залива Баренцева моря. В: *Вопросы прикладной экологии: Сборник научных трудов*. Санкт-Петербург: РГГМУ; 2002, с. 65–70.
20. Дмитриев В.В., Мякишева Н.В., Хованов Н.В. Многокритериальная оценка экологического состояния и устойчивости геосистем на основе метода сводных показателей. I. Качество природных вод. *Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология. География*. 1996;(3):40–52.
21. Гальцова В.В., Алексеев Д.К., Дмитриев В.В. Многокритериальная оценка экологического состояния шельфовой зоны арктических морей России. В: *Географические и геоэкологические аспекты развития природы и общества*. Санкт-Петербург: СПбГУ; 2008, с. 242–251.

## References

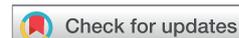
1. Nesterova N.P., Simonov A.I. Chemical pollution and methods of dealing with it. In: *Oceanology. Ocean Chemistry*. Т.1. Chemistry of ocean waters. Moscow: Nauka Publ.; 1979, p. 436–456. (In Russ.)
2. Krivolutsky D.A., Stepanov A.M., Tikhomirov F.A., Fedorov E.L. Ecological regulation on the example of radioactive and chemical pollution of ecosystems. In: *Methods of bioindication of the environment in the areas of nuclear power plants*. Moscow: Nauka Publ.; 1988, p. 4–16. (In Russ.)
3. Alexeev D.K., Galtsova V.V. Effect of radioactive pollution on the biodiversity of marine benthic ecosystems of the Russian Arctic shelf. *Polar Science*. 2012;6(2):183–195. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2012.04.001>
4. Kuznetsov A.P. Ecology of pubic communities in the shelf zones of the World Ocean (trophic structure of the marine benthic fauna). Moscow: Nauka Publ.; 1980. (In Russ.)
5. Dauer D.M., Alden R.W. Long-term trends in the macrobenthos and water quality of the lower Chesapeake Bay (1985–1991). *Marine Pollution Bulletin*. 1995;30(12):840–850. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(95\)00091-Z](https://doi.org/10.1016/0025-326X(95)00091-Z)
6. Simpson E.H. Measurement of Diversity. *Nature*. 1949;163:688. <http://doi.org/10.1038/163688a0>
7. Shannon C.E., Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois Press, Urbana; 1979.
8. Pielou E.C. The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections. *Journal of Theoretical Biology*. 1966;13:131–144. [http://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](http://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)
9. Odum E.P. *Basic Ecology*. N.Y., Philadelphia: Holt-Saunders International Editions; 1983.
10. Warwick R.M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol*. 1986;92:557–562. <https://doi.org/10.1007/BF00392515>
11. Beukema J.J. An evaluation of the ABC-method (abundance/biomass comparison) as applied to macrozoobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Mar. Biol*. 1988;99:425–433. <https://doi.org/10.1007/BF02112136>
12. Meire P.M., Dereu, J. Use of the Abundance/Biomass Comparison Method for Detecting Environmental Stress: Some Considerations Based on Intertidal Macrozoobenthos and Bird Communities. *Journal of Applied Ecology*. 1990;27(1):210–223. <https://doi.org/10.2307/2403579>
13. Raffaelli D.G., Mason C.F. Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. *Marine Pollution Bulletin*. 1981;12(5):158–163. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(81\)90227-7](https://doi.org/10.1016/0025-326X(81)90227-7)

14. Wormald A.P. Effects of a spill of marine diesel oil on the meiofauna of a sandy beach at picnic bay, Hong Kong. *Environmental Pollution*. 1976;11(2):117–130.
15. Pogrebov V.B., Galtsova V.V., Fokin S.I. Meio- and microbenthos of the area of the Prirazlomnoye oil field: assessment of the state for the purpose of environmental monitoring. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 3. Biology*. 1995;(4):9–19. (In Russ.)
16. Galtsova V.V., Kulangieva L.V. Meiobenthos of the Yarnyshnaya Bay of the Barents Sea. *Biologiya moray = Russian Journal of Marine Biology*. 1996;22(1):3–9. (In Russ.)
17. Zenin A.N., Belousov N.V. *Hydrochemical Dictionary*. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ.; 1988. (In Russ.)
18. Dyatlov S.E., Petrosyan A.G. *Phaeodactylum tricornerutum* Bohl. (Chrysophyta) as a Test Species. Salinity Tolerance Range. *Algology*. 2001; 11(2): 259–264. (In Russ.)
19. Galtsova V.V., Kulangieva L.V., Alekseev D.K. Assessment of the ecological state of bottom sediments in the Kola Bay of the Barents Sea. In: *Questions of applied ecology. Collection of scientific papers*. St. Petersburg: Russian State Humanitarian University; 2002, p. 65–70. (In Russ.)
20. Dmitriev V.V., Myakisheva N.V., Khovanov N.V. Multi-criteria assessment of the ecological state and sustainability of geosystems based on the method of summary indicators. I. The quality of natural waters. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 7. Geology. Geography*. 1996;(3):40–52. (In Russ.)
21. Galtsova V.V., Alexeev D.K., Dmitriev V.V. Multi-criteria assessment of the ecological state of the shelf zone of the Arctic seas of Russia. In: *Geographical and geoecological aspects of the development of nature and society*. St. Petersburg: St. Petersburg State University; 2008, p. 242–251. (In Russ.)

УДК 551.465(268.45)(268.52)

ББК 26.221.375(912)

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-59-68>



## Некоторые особенности термохалинных процессов в прибрежной зоне арктических морей

Лукьянов С.В.<sup>1</sup>✉, Карсаков А.Л.<sup>2</sup>, Аверкиев А.С.<sup>1</sup>,  
Татаренко Ю.А.<sup>1</sup>, Смирнов Ю.Ю.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), Мурманск, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия  
✉ [serg\\_lux@mail.ru](mailto:serg_lux@mail.ru)

**Аннотация.** Проведен анализ особенностей термохалинных процессов в арктической прибрежной зоне морей России на примере отдельных участков Баренцева и Карского морей. В частности, выбраны Медынско-Варандейский участок и приустьевое взморье Оби и Енисея. Для сравнения с термохалинными характеристиками открытого моря использованы данные наблюдений рейсов летом — осенью 2014 г. на океанографическом исследовательском судне (ОИС) «Адмирал Владимирский» и летом — осенью 2019 г. на научно-исследовательском судне (НИС) «Профессор Мультановский» («Трансарктика 2019»). Основной целью выполненного исследования является получение типовых и экстремальных распределений гидрологических характеристик для оценки потоков тепла и соли в придонных слоях. Характерные потоки субстанций могут быть применены в расчетах потоков в донных отложениях, которые существенно влияют на процессы оттаивания многолетнемерзлых пород. Такие породы являются новым источником полезных ископаемых в Арктической зоне. Для расчетов потоков тепла и соли необходимо получать информацию с высоким пространственным разрешением. Имеющихся данных может быть недостаточно, и необходимы комплексные океанологические наблюдения в прибрежной зоне.

**Ключевые слова:** прибрежная зона арктических морей, океанологические характеристики

**Для цитирования:** Лукьянов С.В., Карсаков А.Л., Аверкиев А.С., Татаренко Ю.А., Смирнов Ю.Ю. Некоторые особенности термохалинных процессов в прибрежной зоне арктических морей. *Арктика и инновации*. 2023;1(1):59–68. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-59-68>

# Some features of thermohaline processes in the coastal zone of Arctic seas

Lukyanov S.V.<sup>1</sup>✉, Karsakov A.L.<sup>2</sup>, Averkiev A.S.<sup>1</sup>,  
Tatarenko Yu.A.<sup>1</sup>, Smirnov Yu.Yu.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Russian State Hydrometeorology University, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Polar Branch of FSBSI “VNIRO” (“PINRO” named after N.M. Knipovich), Murmansk, Russia

<sup>3</sup>FSBI “VNIIOkeangologia”, Saint Petersburg, Russia

✉ [serg\\_lux@mail.ru](mailto:serg_lux@mail.ru)

**Abstract.** The thermohaline processes in the Arctic coastal zone of seas in Russia are analyzed on the example of some parts of the Barents and Kara Seas: specifically, the Medynsko-Varandey site and the near-mouth coast of the Ob and Yenisey. For comparison with the thermohaline characteristics of international waters, the authors used observation data obtained by Admiral Vladimirsky oceanographic research ship in the summer — autumn of 2014 and Professor Multanovsky in the summer — autumn of 2019 (“Transarctica 2019”). The study aims to obtain typical and extreme distributions of hydrological characteristics in order to estimate heat and salt fluxes in the bottom layers. The characteristic substance fluxes can be used in the calculations of fluxes in bottom sediments, which have a significant effect on permafrost thawing. Such sedimentary rocks constitute a new source of minerals in the Arctic zone. In order to calculate heat and salt fluxes, it is necessary to obtain high spatial resolution data. The available data may be insufficient, thus requiring integrated oceanological observations in the coastal zone.

**Keywords:** coastal zone, Arctic seas, oceanological characteristics

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

**For citation:** Lukyanov S.V., Karsakov A.L., Averkiev A.S., Tatarenko Yu.A., Smirnov Yu. Yu. Some features of thermohaline processes in the coastal zone of Arctic seas. *Arctic and Innovations*. 2023;1(1):59–68. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-59-68>

## Введение

Шельфовая зона Баренцева и Карского морей благодаря многочисленным нефтегазоносным месторождениям имеет большой запас полезных ископаемых как в береговой, так и в прибрежной зоне. Практически все они расположены в областях многолетнемерзлотных пород (ММП), что значительно затрудняет их разведку, добычу и транспортировку. При этом береговая зона в сочетании с механическим воздействием морских волн при разных уровнях моря подвержена термоабразии. Берега разрушаются и отступают, т.е. происходит трансгрессия моря. В частности, на Печерском участке Баренцева моря в районе Варандея берег отступает по разным оценкам на расстояние от 1 до 4–5 метров год. Происходит оттаивание ММП и на суше вдали от моря, что само по себе является как проблемой в экологическом плане, когда речь идет о сохранении биоразнообразия, так и проблемой из-за значительного усложнения технического

обслуживания критической инфраструктуры при добыче и транспортировке углеводородного сырья. При этом комплексные программы мониторинга прибрежной зоны и берегов выполняются эпизодически по заказу нефтегазовых компаний, эксплуатирующих различные лицензионные участки.

Постоянно действующих стационарных прибрежных станций Росгидромета совсем немного, и все же по ним есть определенный объем статистического материала о характеристиках природной среды. Но этого недостаточно для оценки перспектив сохранения, промерзания или оттаивания многолетнемерзлотных структур. Особенно мало данных по характеристикам в прибрежной зоне моря. Именно там температура и соленость воды имеют большую изменчивость. Там вода быстрее нагревается в теплый период года и остывает в холодный, кроме того, происходит распреснение вблизи устьевых взморий рек, что влияет на изменение тем-

пературы замерзания. Поэтому для оценки потоков тепла в донных грунтах необходимо проводить специальные натурные исследования.

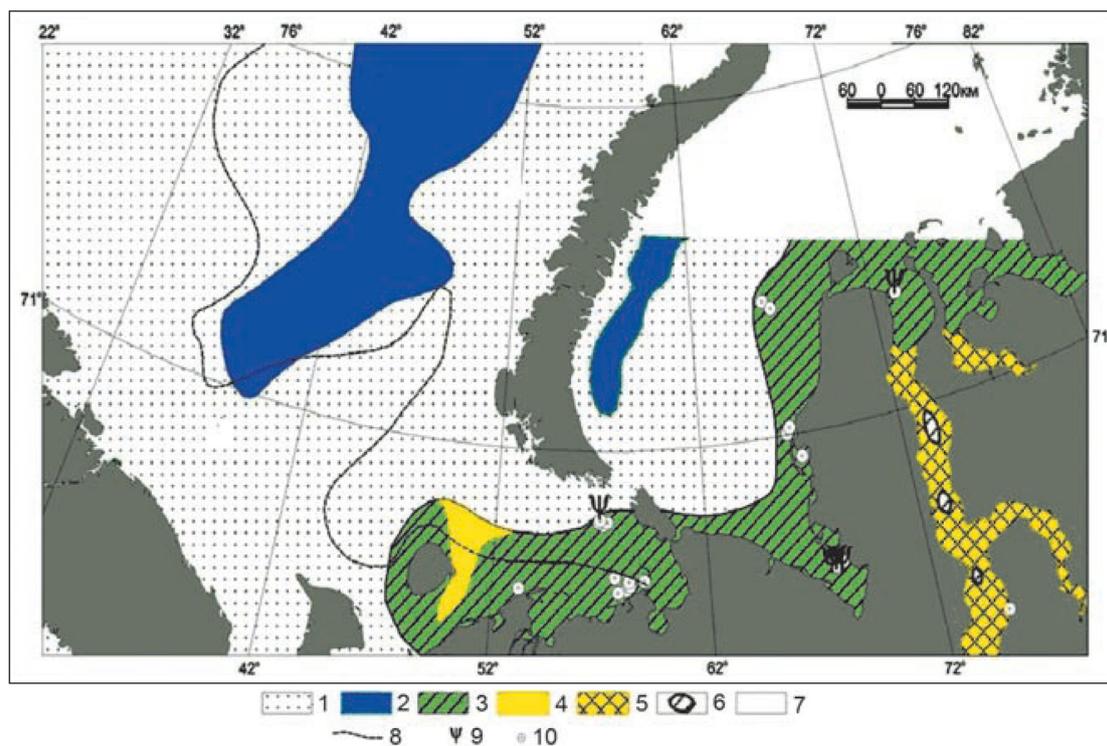
## Результаты

В донных отложениях шельфа Баренцева и Карского морей ММП имеют схожую геологическую структуру. Исходных данных для их картирования не так уж много. Это грунтовые колонки, полученные в ходе исследовательского бурения, и георадарные съемки. Как правило, такие исследования являются частью морских инженерно-геологических изысканий, выполненных по заказу компаний, специализирующихся на разведке и добыче углеводородов. Но некоторая часть работ все же сделана при прямом финансировании научных институтов РАН через различные гранты. В частности, довольно свежая карта распределения ММП на шельфе Баренцева и Карского морей (рис. 1) приводится А.Е. Рыбалко и М.Ю. Токаревым в коллективной монографии 2021 г. под редак-

цией академика А.П. Лисицына «Система Баренцева моря» [1].

По ней видно, что зона ММП тянется широкой многокилометровой полосой вдоль шельфа Печерской части Баренцева моря и материкового побережья Карского моря. При этом талые зоны наблюдаются восточнее о. Колгуев и почти на 300 км на некотором удалении от устья в Обской губе по всей ее ширине. Мощность этих многолетнемерзлых пород достигает 100 м с температурой от -3 до -0,5°C. В ММП шельфовой зоны пробурено десяток скважин. Это подтверждает, что количество исходных данных невелико. Но все же это бесценный материал, т.к. без него вообще невозможно оценить потоки тепла между придонными водами и донным грунтом, а также в самом грунте.

Здесь проблема состоит не только в малочисленности морских экспедиционных исследований, но и в том, что большие научно-исследовательские суда далеко не всегда заходят в прибрежную зону, а еще в том,



**Рис. 1.** Карта распространения ММП западно-арктического шельфа РФ (по данным АМИГЭ [2]: 1 — немерзлый грунт; 2 — зона теоретической стабильности газогидратов; 3 — ММП; 4 — талая зона; 5 — талик в Обской губе; 6 — зона потери корреляции (отсутствия отражающих границ); 7 — зона отсутствия сейсмоакустических данных; 8 — изотерма 0 °C; 9 — газ и диапир; 10 — скважина, вскрывшая мерзлый разрез

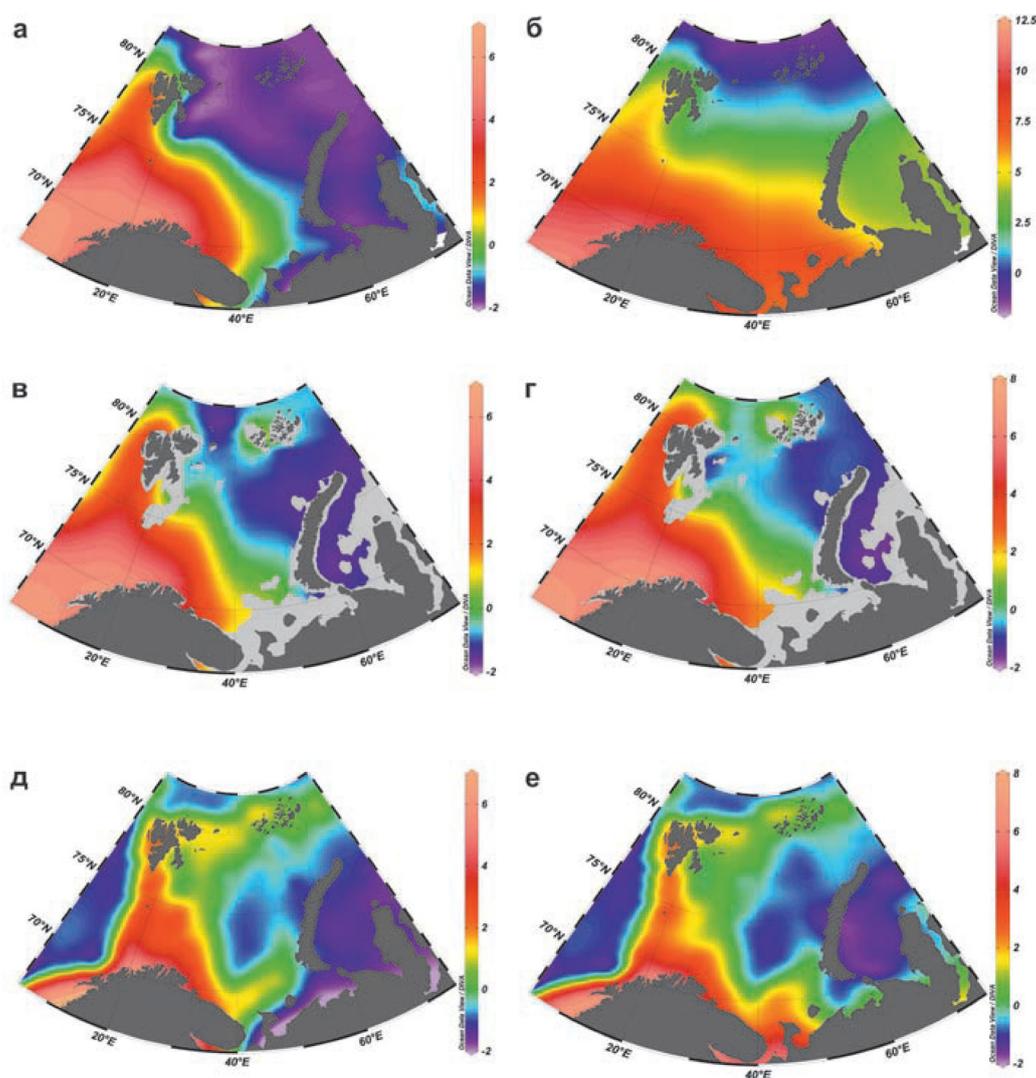
**Fig. 1.** Permafrost distribution in the Wester Arctic Russian Shelf (according to AO AMIGE (JSC): 1 — non-frozen sediments, 2 — filitrogenic gas hydrate stability zone, 3 — submarine permafrost, 4 - thawed sediments, 5 — Gulf of Ob talik, 6 — wipe-out zone, 7 — zone of absence of seismic data, 8 — zero isothermal line, 9 — observed diapir with gas emission, 10 — wells intersected permafrost

что на мелководье они не ходят вообще. Все же с использованием современных методов обработки и анализа можно построить довольно качественные цифровые карты с распределением океанологических характеристик. В частности, С.В. Писарев при описании гидрологических условий Баренцева моря [3] приводит карты полей температуры и солёности (рис. 2).

Для определения температуры замерзания морской воды необходимо также привлечь данные по распределению солёности (рис. 3, заимствован из [3]).

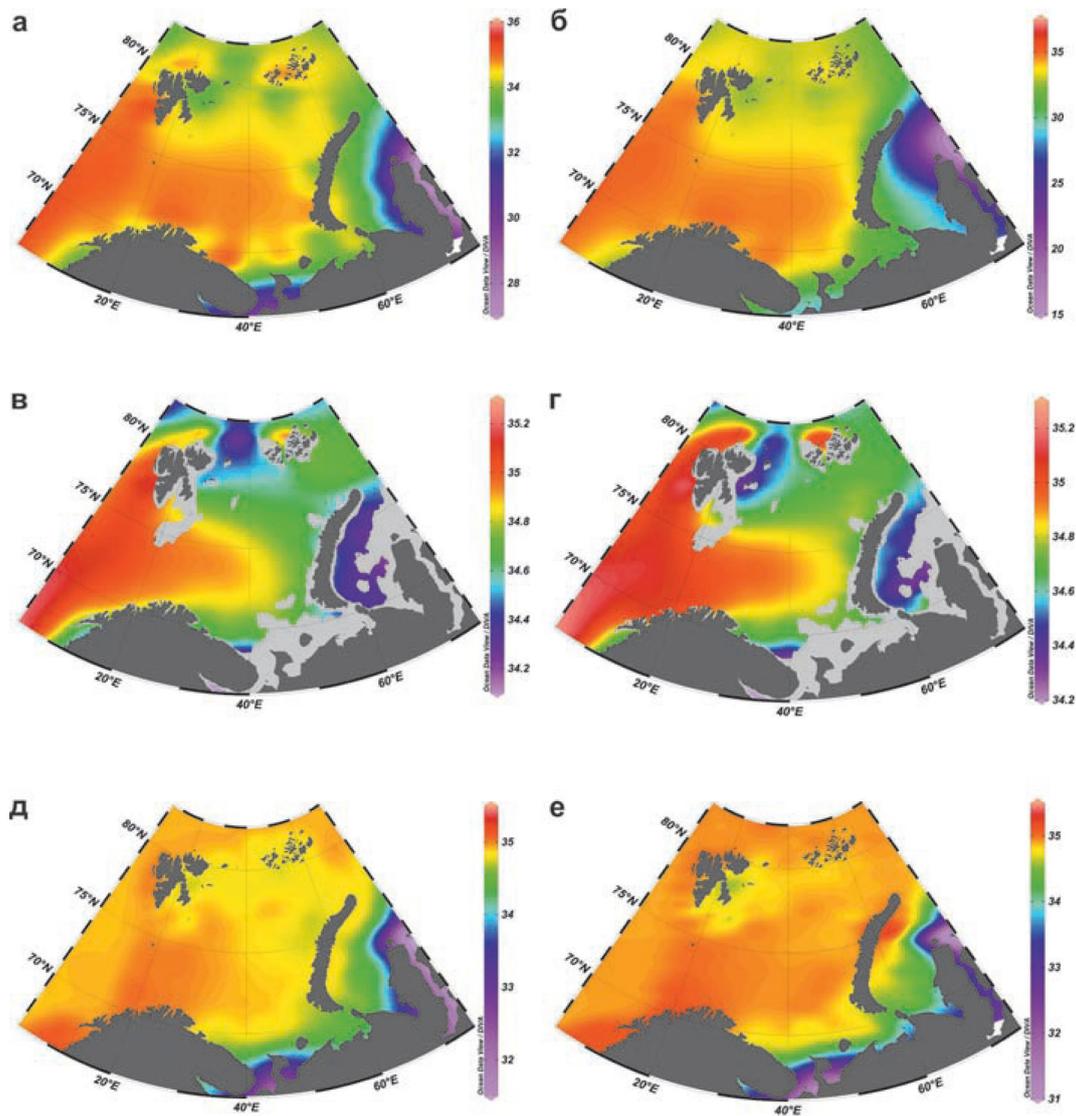
Примером натуральных данных по распределениям температуры и солёности являются

материалы многолетних наблюдений на Медыйско-Варандейском участке Печерского моря [5], собранные в один массив, по которому были построены соответствующие карты (рис. 4–8). По ним видно, что наблюдения непосредственно у берега проводились только до горизонта 5 м. Это обусловлено спецификой прибрежной зоны вблизи Варандея, где уклон дна очень маленький и изобата 5 м находится на расстоянии 3–5 км от уреза воды. Вследствие этого берег, разрушаясь все дальше, отступает под механическим воздействием волн и термоабразии, т.к. сложен из мерзлотных пород (см. рис. 1). По разным оценкам скорость этого отступления составляет в среднем 4 км в год [6].



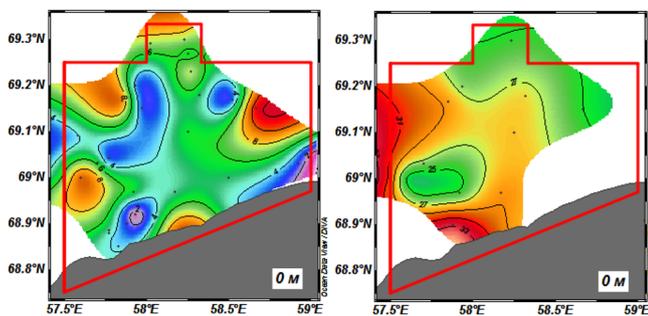
**Рис. 2.** Температура воды Баренцева моря на горизонтах 0 м (а, б), 100 м (в, г) и у дна (д, е) в зимний (март–май, а, в, д) и летний (июль–сентябрь, б, г, е) сезоны по данным [4] за 2005 г.

**Fig. 2.** Water temperature of the Barents Sea at 0 m (a, б), 100 m (в, г), and near the bottom (д, е) in winter (March–May, а, в, д) and summer (July–September, б, г, е) for 2005 according to [4]



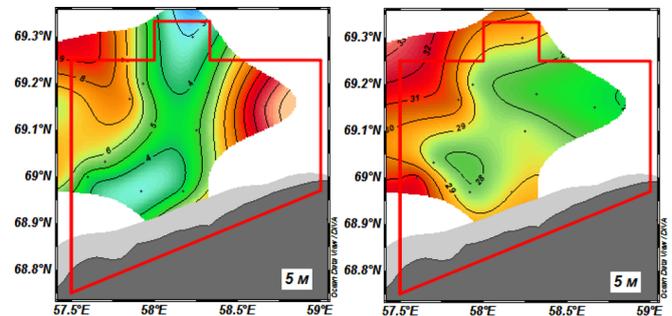
**Рис. 3.** Соленность воды Баренцева моря на горизонтах 0 м (а, б), 100 м (в, г) и у дна (д, е) в зимний (март–май, а, в, д) и летний (июль–сентябрь, б, г, е) сезоны по данным [4] за 2005 г.

**Fig. 3.** Salinity of the Barents Sea water at 0 m (a, б), 100 m (в, г) and near the bottom (д, е) in winter (March–May, а, в, д) and summer (July–September, б, г, е) for 2005 according to [4]



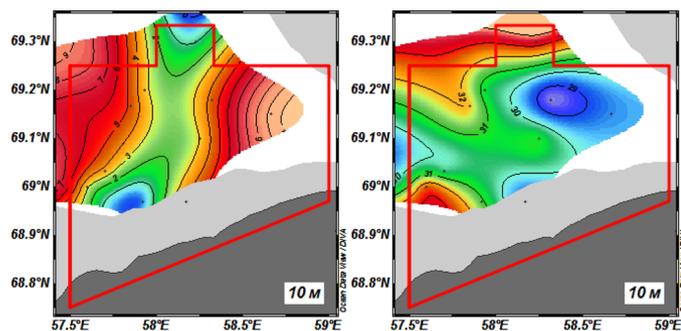
**Рис. 4.** Распределения температуры (слева) и солёности (справа) на поверхности в августе–сентябре на акватории Медыньско-Варандейского полигона

**Fig. 4.** Temperature (left) and salinity (right) distributions on the water area surface of the Medynsko-Varandey site in August–September



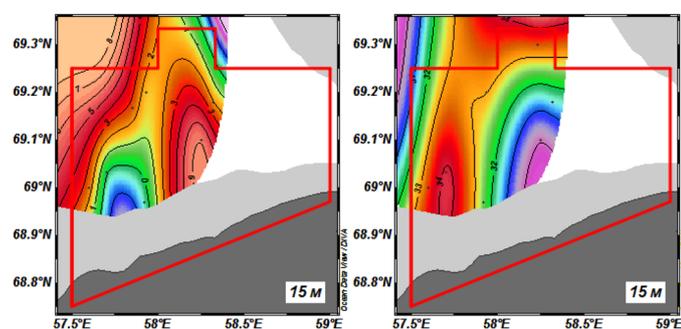
**Рис. 5.** Распределения температуры (слева) и солёности (справа) на горизонте 5 м в августе–сентябре на акватории Медыньско-Варандейского полигона

**Fig. 5.** Temperature (left) and salinity (right) distributions at 5 m in the water area of the Medynsko-Varandey site in August–September



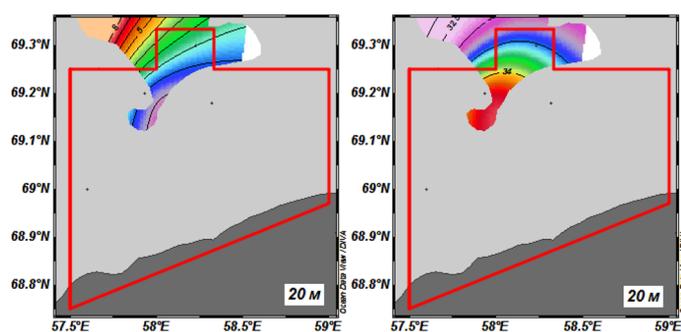
**Рис. 6.** Распределения температуры (слева) и солёности (справа) на горизонте 10 м в августе–сентябре на акватории Медынско-Варандейского полигона

**Fig. 6.** Temperature (left) and salinity (right) distributions at 10 m in the water area of the Medynsko-Varandey site in August–September



**Рис. 7.** Распределения температуры (слева) и солёности (справа) на горизонте 15 м в августе–сентябре на акватории Медынско-Варандейского полигона

**Fig. 7.** Temperature (left) and salinity (right) distributions at 15 m in the water area of the Medynsko-Varandey site in August–September



**Рис. 8.** Распределения температуры (слева) и солёности (справа) на горизонте 20 м в августе–сентябре на акватории Медынско-Варандейского полигона

**Fig. 8.** Temperature (left) and salinity (right) distributions at 20 m in the water area of the Medynsko-Varandey site in August–September

Необходимо заметить, что непосредственно вблизи берега наблюдения за температурой и солёностью проводились, очевидно, с малых плавсредств и всего один раз в 2002 г., когда лицензию на этом участке на геологическое изучение, разведку и до-

бычу углеводородов получило ЗАО «Арктикшельфтегаз». Было выполнено 8 станций. Тем не менее эти данные вполне могут быть использованы для расчетов потоков тепла у дна.

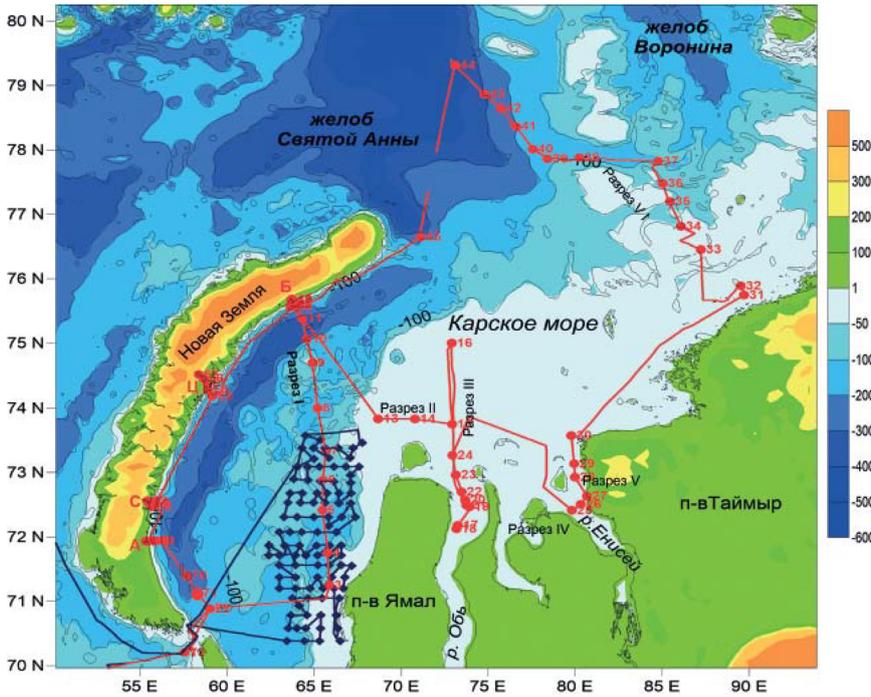
По Карскому морю можно привести данные по температуре и солёности рейсов НИС «Профессор Штокман», выполненных в 2014 г. Схема станций представлена на рисунке 9 [7].

Как видно, в прибрежном районе на юго-западе и в Обской губе сетка наблюдений довольно подробная. В данном случае нас интересуют данные по Обской губе, где в зоне ММП имеются обширные участки их оттаивания (рис. 1). Обзор термохалинных условий по результатам наблюдений 128-го рейса НИС «Профессор Штокман» сделали С.А. Щука и др. [7]. Разрезы по температуре и солёности вдоль Обской губы (рис. 10) позволяют проследить в придонном слое заток холодных и солёных морских вод вверх по реке, так называемый «солённый клин». В межень он может распространяться на расстояние более 300 км. Характерно, что температура воды у дна отрицательная, но за счет высокой солёности она может быть выше температуры замерзания, что вполне может формировать зоны оттаивания в донных ММП.

Следует заметить, что на устьевом взморье при распространении и постепенном осолонении речных вод формируются так называемые речные плюмы. При этом осолонение благодаря очень большой разнице в плотности морских и уже солоноватых вод происходит очень медленно. Формируются условия для отрыва масс воды от этих плюмов, что обуславливает появление отдельных линз почти пресной воды. Они начинают вращаться и распространяются далеко от берега [8].

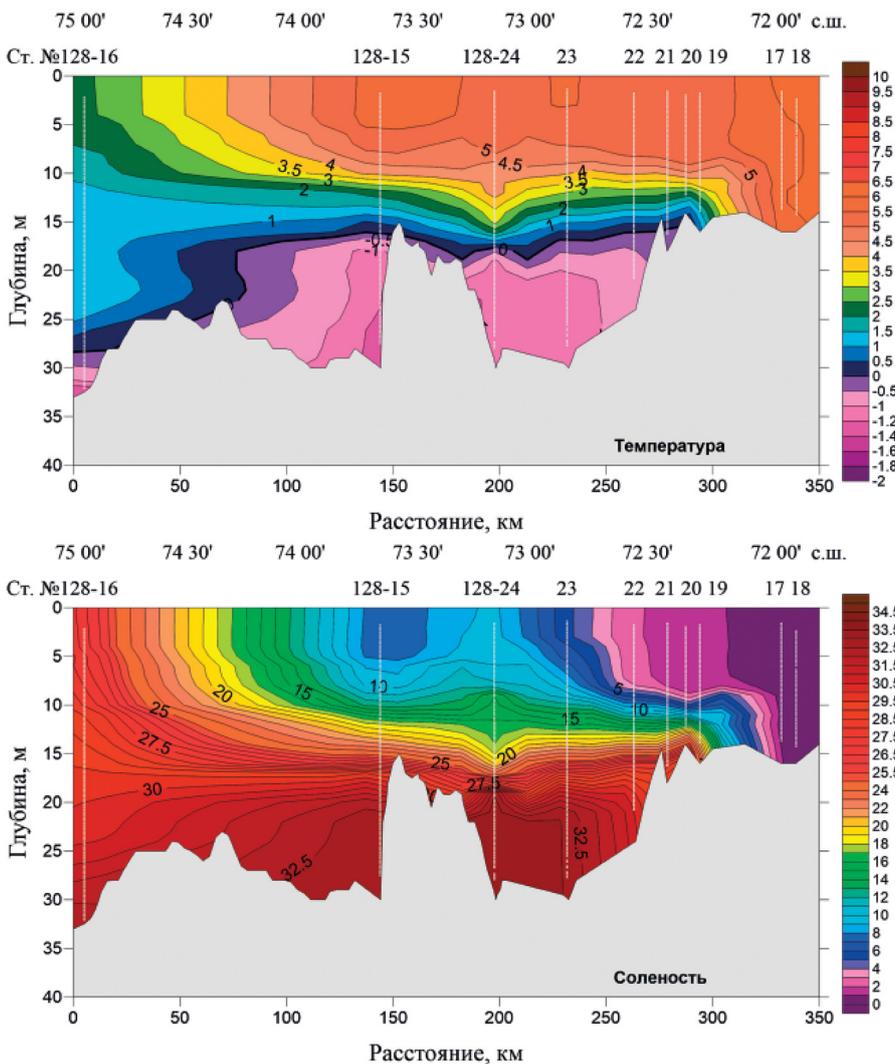
Горизонтальное распределение температуры и солёности воды в Карском море представлено на рисунках 11, 12 по данным рейса НИС «Профессор Мультановский» («Трансарктика 2019»), в котором принимали участие сотрудники и студенты РГГМУ.

По ним видно, что отрицательные температуры воды на поверхности расположены в более высоких широтах, а у дна, как ни странно, в значительной степени ближе к южному побережью. Возможно,



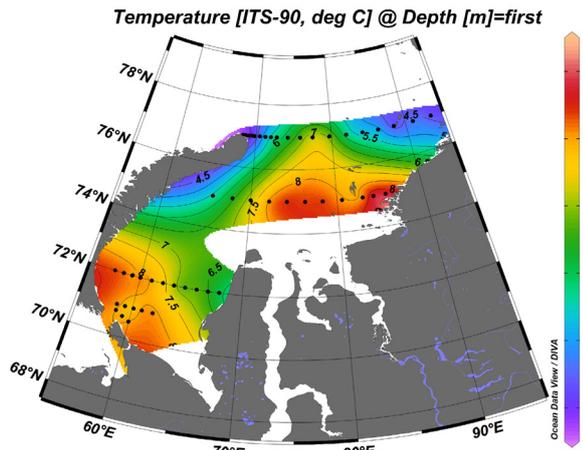
**Рис. 9.** Карта гидрофизических станций и попутных измерений поверхностной температуры и солёности. Красный — 128-й рейс НИС «Профессор Штокман», синий — 129-й рейс НИС «Профессор Штокман». 2014 г. [7]

**Fig. 9.** Map of hydrophysical stations and along-route measurements of surface temperature and salinity. Red — 128th survey cruise of Professor Shtokman; blue — 129th survey cruise of Professor Shtokman; 2014 [7]



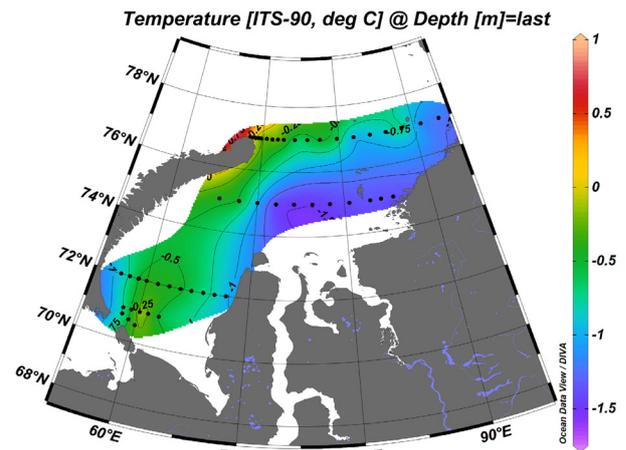
**Рис. 10.** Разрезы по температуре и солёности в Обской губе

**Fig. 10.** Temperature and salinity cross-sections in the Gulf of Ob



**Рис. 11.** Горизонтальное распределение температуры воды на поверхности в Карском море в сентябре 2019 г.

**Fig. 11.** Horizontal distribution of water temperature on the Kara Sea surface in September 2019



**Рис. 12.** Горизонтальное распределение температуры воды у дна в Карском море в сентябре 2019 г.

**Fig. 12.** Horizontal distribution of water temperature near the Kara Sea bottom in September 2019

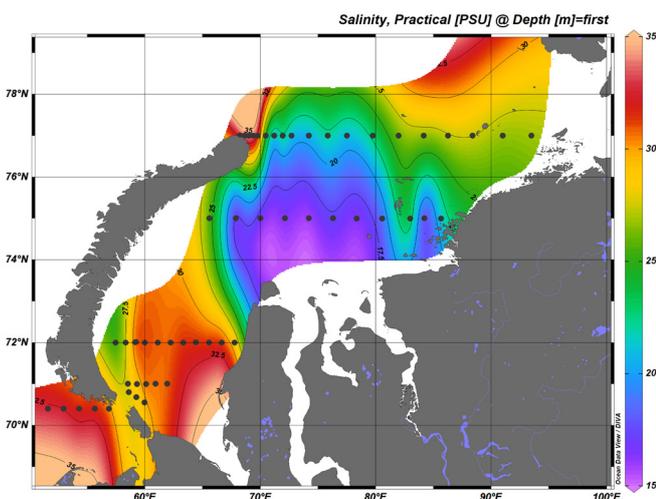
последнее определяется высокой вертикальной стратификацией за счет речного стока, препятствующей перемешиванию.

Распределения солёности на поверхности и у дна по материалам того же рейса экспедиции «Трансарктика 2019» представлены на рисунках 13 и 14.

Как видно, распреснённый слой на поверхности распространяется практически до мыса Желания, северной оконечности Новой Земли, имея солёность более чем на 10–15 ‰ меньше поверхностных вод Карского моря как на севере, так и в его юго-западной части. Завихренными линзами распре-

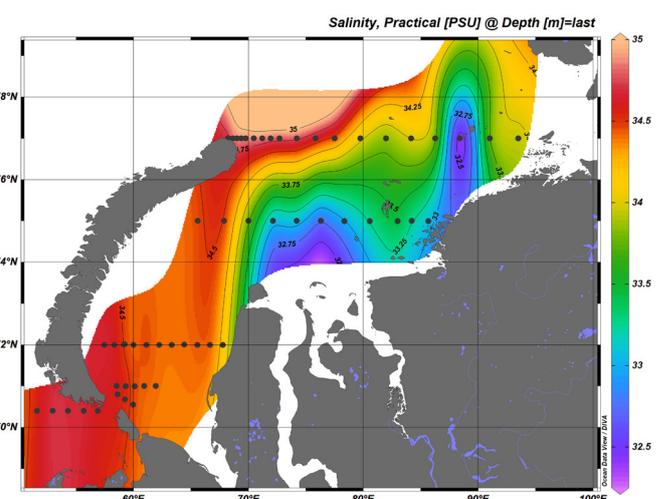
снённой воды при такой сетке станций выявить не получилось. Аналогичный шлейф распреснённых вод присутствует и у дна. При этом и на поверхности, и у дна на самом деле наблюдаются два шлейфа: очень обширный от Оби и меньшей площади Енисея. Но на поверхности обский шлейф распространяется дальше на север, у дна наоборот — от Енисея еще севернее, чем от Оби на поверхности. Возможно, это обусловлено особенностями рельефа дна, хотя в поле температуры таких различий нет.

Для расчетов потоков тепла между водой и донными отложениями необходимо привлечь данные по температуре придонных



**Рис. 13.** Горизонтальное распределение солёности воды на поверхности в Карском море в сентябре 2019 г.

**Fig. 13.** Horizontal distribution of water salinity on the Kara Sea surface in September 2019



**Рис. 14.** Горизонтальное распределение солёности воды у дна в Карском море в сентябре 2019 г.

**Fig. 14.** Horizontal distribution of water salinity near the Kara Sea bottom in September 2019

слоев на шельфе, также используемых в качестве верхнего граничного условия для задачи по промерзанию осадка («задачи Стефана») одномерного уравнения теплопроводности вида:

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda_e \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (1)$$

где  $\rho$ ,  $C$  и  $\lambda_e$  — плотность, теплоемкость и теплопроводность морских отложений соответственно. Такие расчеты для некоторых районов арктического шельфа выполнили Ю.Ю. Смирнов и коллеги [9]. Но они также нуждаются в детализации. При этом температура у дна должна быть получена отдельными расчетами из решения уравнения турбулентной теплопроводности, что при наличии высокой вертикальной стратификации за счет речного стока вынуждает также решать и задачу о турбулентной диффузии соли.

## Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что для первичных оценок придонных потоков тепла и соли в придонных слоях в районах шельфовых ММП некоторое коли-

чество данных имеется. При этом еще необходимо привлечь измерения вертикальных профилей скорости и направления течений, которые также выполнялись, но в данной работе не анализировались. Без них трудно определить турбулентные потоки субстанций. Хотя можно привлечь характеристики турбулентного обмена на основе верифицированных математических моделей, которые есть. Но они сами были верифицированы на основе натуральных наблюдений. Вот только на основе каких наблюдений и где. При этом динамика вод в исследуемых районах различна. В частности, если в прибрежной зоне Варандея на мелководье вода по вертикали хорошо перемешана, то в придонных слоях Обской губы этому препятствует заток морских вод.

## Благодарности

Авторы признательны профессору А.Е. Рыбалко за ценные консультации и многолетнее сотрудничество.

## Acknowledgments

The authors are grateful to Professor A.E. Rybalko for valuable consultations and many years of cooperation.

## Список литературы

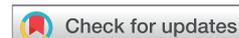
1. Рыбалко А.Е., Токарев М.Ю. Особенности строения ледниковых образований и связанных с ними форм донного рельефа по данным сейсмоакустического профилирования и их роль в решении дискуссионных вопросов формирования четвертичного покрова Баренцева моря. В: Лисицын А.П., ред. Система Баренцева моря. Москва: ГЕОС; 2021, с. 25–43. [https://doi.org/10.29006/978-5-6045110-0-8/\(5\)](https://doi.org/10.29006/978-5-6045110-0-8/(5))
2. Локтев А.С. Инженерно-геологические изыскания в районах распространения ММП на Арктическом шельфе. В: Труды 11-й Международной конференции по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO/CIS Off shore 2013), Санкт-Петербург, 10–13 сентября 2013 г. СПб.: Химиздат; 2013, с. 199–203.
3. Писарев С.В. Обзор гидрологических условий Баренцева моря. В: Лисицын А.П., ред. Система Баренцева моря. Москва: ГЕОС; 2021, с. 153–166. <https://doi.org/10.29006/978-5-6045110-0-8>
4. Polar science center Hydrographic Climatology (PHC3.0) [internet]. Available at: <https://odv.awi.de/data/ocean/phc-30/>
5. Разработка программы гидрометеорологических и ледовых изысканий в районе лицензионного участка «Медынско-Варандейский». Отчет РГГМУ по договору № 96/НИС-13, 14 октября 2013 г.
6. Рыбалко А.Е., Лукьянов С.В., Аверкиев А.С., Карсаков А.Л., Щербаков В.А. Морфолитодинамика берегов в районе лицензионного участка Варандей с учетом гидротермодинамики акватории. В: Арктические берега: путь к устойчивости. Материалы XXVII Международной береговой конференции, Мурманск, 24–29 сентября 2018 года. Мурманск: Мурманский арктический государственный университет; 2018, с. 136–139.

7. Шука С.А., Кременецкий В.В., Недоспасов А.А., Очередник В.В. Характеристика термохалинного режима Карского моря. В: Экосистема Карского моря — новые данные экспедиционных исследований. Материалы научной конференции. Москва: АПР; 2015, с. 23–28.
8. Зацепин А.Г., Кременецкий В.В., Кубряков А.А., Станичный С.В., Соловьев Д.М. Распространение и трансформация вод поверхностного опресненного слоя в Карском море. *Океанология*. 2015;55(4):502–513. <https://doi.org/10.7868/So030157415040152>
9. Смирнов Ю.Ю., Семёнова А.А., Щур Н.А., Матвеева Т.В. Прогноз распространения ассоциированных с реликтовой мерзлотой газовых гидратов на шельфе моря Лаптевых. В: Морские исследования и образование (MARESEDU-2020). Труды IX Международной научно-практической конференции. Том I (III). Тверь: ПолиПРЕСС; 2020, с. 70–74.

## References

1. Rybalko A.E., Tokarev M.Yu. Features of the glacial formations structure and bottom relief forms related to them according to seismoacoustic profiling data and their role in the decision of discussion issues of the Quaternary sediment cover formation of the Barents Sea. In: Lisitsyn A.P., ed. *The Barents sea system*. Moscow: GEOS Publ.; 2021, p. 25–43. (In Russ.) [https://doi.org/10.29006/978-5-6045110-0-8/\(5\)](https://doi.org/10.29006/978-5-6045110-0-8/(5))
2. Loktev A.S. Engineering and geological surveys in the areas of MMP distribution on the Arctic shelf. In: *Proceedings of the 11th International Conference on Oil and Gas Resources Development of the Russian Arctic and the Continental Shelf of the CIS Countries (RAO/CIS Off shore 2013)*, St. Petersburg, September 10–13, 2013. St. Petersburg: Khimizdat Publ.; 2013, p. 199–203. (In Russ.)
3. Pisarev S.V. Review of the Barents Sea hydrological conditions. In: Lisitsyn A.P., ed. *The Barents sea system*. Moscow: GEOS Publ.; 2021, p. 153–166. (In Russ.) <https://doi.org/10.29006/978-5-6045110-0-8>
4. Polar science center Hydrographic Climatology (PHC3.0) [internet]. Available at: <https://odv.awi.de/data/ocean/phc-30/>
5. Development of the hydrometeorological and ice survey program in the area of the Medynsko-Varandeyevsky license area. RSHU Report under Contract No. 96/NIS-13 dated October 14, 2013. (In Russ.)
6. Rybalko A.E., Luk'yanov S.V., Averk'iev A.S., Karsakov A.L., Shcherbakov V.A. Morpholithodynamics of the shores in the license site Varandey, taking into account the hydrothermodynamics of the water area. In: *Arctic Shores: A Path to Sustainability. Proceedings of the XXVII International Coast Conference*, Murmansk, September 24–29, 2018. Murmansk: Murmansk Arctic University; 2018, p. 136–139. (In Russ.)
7. Schuka S.A., Kremenetsky V.V., Nedospasov A.A., Kryd'nik V.V. Characterization of the thermohaline regime of the Kara Sea. *Ecosystem of the Kara Sea — new data from expeditionary studies*. Proceedings of the scientific conference. Moscow: APR Publ.; 2015, p. 23–28. (In Russ.)
8. Zatsepin A.G., Kremenetsky V.V., Kubryakov A.A., Stanichny S.V., Soloviev D.M. Propagation and transformation of waters of the surface desalinated layer in the Kara Sea. *Oceanology*. 2015;55:450–460. <https://doi.org/10.1134/s0001437015040153>
9. Smirnov Yu. Yu., Semenova A.A., Shchur N.A., Matveeva T.V. Forecast of the distribution of gas hydrates associated with relict permafrost on the Laptev Sea shelf. In: *Marine Research and Education (MARESEDU-2020)*. Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference. Vol. I (III). Tver: Poly PRESS LLC; 2020, p. 70–74. (In Russ.)

ББК 26.239  
УДК 551.588.7  
<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-69-77>



## Изменение климатических условий в районе Обской губы

Акселевич В.И. , Мазуров Г.И.

ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики», Санкт-Петербург, Россия  
[✉ vaksster@gmail.com](mailto:vaksster@gmail.com)

**Аннотация.** В статье описываются погодные условия: характерные для квазиоднородного климатического района Обской губы, перечисляются основные нефтегазоконденсатные, газоконденсатные и газовые месторождения, указываются основные требования к организации полномасштабного мониторинга погодных условий в выбранном районе. Для анализа изменений климата были использованы материалы обзоров погодных условий на территории различных регионов РФ в 2017–2021 годах, выполненных ВНИИГМИ-МЦД. Анализ информации показал, что в основном наблюдались положительные отклонения среднемесячной температуры от нормы. Положительная аномалия температуры наблюдалась в 83 % случаев. В последние 5 лет климат района Обской губы становится суше и в зимний период холоднее, что создает препятствия для зимнего судоходства. За последние 5 лет более сухая погода наблюдалась в 50 % случаев.

**Ключевые слова:** аномалии, климат, изменение климата, влажностный режим, требования к мониторингу, термический режим

**Конфликт интересов:** авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Акселевич В.И., Мазуров Г.И. Изменение климатических условий в районе Обской губы. *Арктика и инновации*. 2023;1(1): 69–77. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-69-77>

## Changes in climatic conditions in the Gulf of Ob region

Akselevich V.I. , Mazurov G.I.

Saint-Petersburg University of Management Technologies and Economics, Saint Petersburg, Russia  
[✉ vaksster@gmail.com](mailto:vaksster@gmail.com)

**Abstract.** The article describes weather conditions characteristic of the quasi-homogeneous climatic region of the Gulf of Ob, lists the main oil and gas condensate, gas condensate, and gas fields, as well as specifying the main requirements for the organization of a full-scale monitoring of weather conditions in the selected region. Climate changes were analyzed using reports on the weather conditions of different regions of the Russian Federation in 2017–2021, prepared by the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information–World Data Centre. The data analysis revealed primarily positive deviations of the mean monthly temperature from the norm. A positive temperature anomaly was observed in 83% of cases. The climate

in the Gulf of Ob region has been getting drier and colder in winter these past five years, which complicates winter navigation. Over the past five years, drier weather has been observed in 50% of cases.

**Keywords:** anomalies, climate, climate change, humidity conditions, monitoring requirements, thermal conditions

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

**For citation:** Akselevich V.I., Mazurov G.I. Changes in climatic conditions in the Gulf of Ob region. *Arctic and Innovations*. 2023;1(1):69–77. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-69-77>

Среди основных угроз национальной безопасности России в Арктике в указе отмечается «неготовность системы мониторинга окружающей среды, размещенной в Арктической зоне Российской Федерации к экологическим вызовам» [1].

Арктические экосистемы уже испытывают на себе влияние изменения климата [2].

Арктическая зона РФ — это один из регионов, где изменение климата не только вызывает новые природные риски, но и дает новые потенциальные возможности для развития экосистем. Основными их составляющими в Арктике выступают растительность и многолетнемерзлые грунты.

Климатические условия в Арктике достаточно суровые как по термическому и ветровому режимам, так и по радиационным условиям и освещенности. Зимой более месяца наблюдается полярная ночь, а в остальное время — низкое положение солнца над горизонтом даже в период полярного дня.

Традиционные сроки календарных сезонов в Арктической зоне резко изменяются. Даже вблизи Северного полярного круга по термическому режиму лето сокращается до 2-х месяцев и продолжается примерно с 15 июня до 15 августа. Осенними месяцами следует считать сентябрь и октябрь. Зато зима продолжается не менее 5 месяцев, захватывая период с ноября по март. Весенними месяцами можно считать апрель и май. При этом чем ближе к полюсу, тем больше количество зимних месяцев, захватывая октябрь и даже часть апреля. Весной и осенью температура близка к 0 °С и даже бывает отрицательной, что затрудняет работу гидротехнических сооружений и судоходство. В связи с продолжительным замерзанием акватории морских портов большое внимание уделяется развитию аэропортов [3].

Для района Обской губы, как и для подавляющего большинства территорий около

полярного круга, отмечаются следующие геофизические и гидрометеорологические особенности. Во-первых, это «полярная ночь» и «полярный день». Во-вторых, в данном регионе распространены полярные сияния, магнитные бури и целый ряд геомагнитных факторов, приводящих к нарушению радиосвязи и радиопомехам. В-третьих, резкое различие условий погоды на каждом арктическом аэродроме и в окружающих районах из-за местных особенностей. В-четвертых, в Арктике наблюдается отсутствие источников пыли. Это обуславливает большую прозрачность атмосферного воздуха. В-пятых, сильные ветры инициируют возникновение метелей и создание снежных заносов и ледяных торосов. В-шестых, высокая повторяемость задерживающих слоев, таких как инверсии и изотермии, под которыми образуются дымки, туманы и низкая облачность, ухудшающие видимость. В-седьмых, однообразная заснеженная или ледяная поверхность, крайне бедная ориентирами. В-восьмых, обилие в морозном воздухе мельчайших ледяных кристаллов, возникающих в результате сублимации водяного пара при низких температурах, скрадывает расстояния и искажает очертания предметов. В-девятых, в Арктике достаточно часто образуются солнечные и лунные вертикальные столбы, в том числе и над фонарями и посадочными огнями аэродромов. В-десятых, наличие белой мглы, связанной с отсутствием контрастности при избытке солнечной радиации [4]. Кроме того, из-за низкого положения Солнца над горизонтом возможно ослепление экипажей летательных аппаратов (ЛА) при взлете и особенно при посадке в простых метеорологических условиях (ПМУ). Это наблюдается в период начала и окончания полярного дня круглые сутки, в середине этого дня — в вечерние, ночные и утренние часы, а также утром и вечером в период от окончания полярной ночи до начала полярного дня и от его окончания до наступления полярной ночи. Далее эти два периода будем

**Таблица 1.** Продолжительность полярного дня и полярной ночи в Арктическом бассейне на различных широтах [5]

**Table 1.** Polar day and night duration in the Arctic Basin at different latitudes [5]

Широта, град. с.ш.	Полярный день			Полярная ночь		
	Начало	Конец	Продолжительность	Начало	Конец	Продолжительность
66	13.VI	30.VI	18			
68	27.V	17.VII	51	09.XII	04.I	26
70	17.V	27.VII	71	26.XI	17.I	52
72	09.V	05.VIII	88	16.XI	26.I	56
74	02.V	12.VIII	102	09.XI	02.II	85
76	25.IV	18.VIII	115	03.XI	09.II	98
78	19.IV	24.VIII	127	27.X	15.II	111
80	14.IV	30.VIII	138	22.X	21.II	121
82	08.IV	04.IX	149	16.X	26.II	133
84	03.IV	09.IX	159	11.X	03.III	142
86	29.III	15.IX	171	06.X	08.III	152
88	24.III	20.IX	181	30.IX	13.III	164
90	19.III	25.IX	189	25.IX	19.III	176

*Примечание.* Во время полярной ночи Солнце не поднимается выше 1°, во время полярного дня не опускается ниже 1°.

*Примечание.* Во время полярной ночи Солнце не поднимается выше 1°, во время полярного дня не опускается ниже 1°.

называть соответственно периодами увеличения и уменьшения светлого времени. Пилоты жалуются на ослепление, поэтому необходимо учитывать повторяемость погодных условий, когда происходит ослепление экипажей Солнцем, в том числе и с отражением его лучей от поверхности воды или льда.

Представляет определенный практический интерес определение для аэродромов в районе Обской губы возможности ослепления экипажей солнечными лучами в зависимости от метеорологических условий, хотя бы по облачности, особенно низкой, и тумана; ориентации ВПП относительно Солнца и сроков и продолжительности периода, предшествующего началу полярного дня и его окончанию, когда Солнце находится ниже 14°.

Экипажи ЛА при посадке на глиссаде снижения могут быть ослеплены даже при нахождении Солнца ниже горизонта (небольших отрицательных углах).

Территория Обской губы представляет собой практически климатически однородный регион Уральского федерального округа. Обская губа — это самый крупный залив Карского моря, эстуарий реки Обь. Она расположена между полуостровами Гыданский и Ямал. В восточной части залива от него ответвляется Тазовская губа, в которую впадает река Таз

(рис. 2). Длина залива — более 800 км, ширина от 30 до 80 км, глубина до 25 м. В губу впадают реки Обь, Таз, Пур, Надым, Ныда.

Данные [3] указывают на ускорение повышения температуры в последнее десятилетие. Региональные тренды за период 1995–2014 гг. в полтора-два раза больше, чем за период 1981–2005 гг.



**Рис. 1.** Район Обской губы

**Fig. 1.** Region of the Gulf of Ob

В связи с повышенным вниманием к развитию арктических территорий большое значение приобретает гидрометеорологическое обеспечение региона. Одним из наиболее интенсивно растущих кластеров является территория Обской губы и ее побережье. Для организации полномасштабного мониторинга погодных условий в выбранном районе целесообразно выполнение целой программы работ и исследований.

Она должна включать в себя автоматизированное определение характеристик ледяного покрова по спутниковым данным оптического спектрального диапазона и спутниковым радиолокационным изображениям высокого разрешения, включающим определение возрастных характеристик ледяного покрова по спутниковым радиолокационным изображениям высокого разрешения, определение сплоченности ледяного покрова по спутниковым данным, прогноз распределения ледяного покрова и его дрейфа, детектирование айсбергов с использованием спутниковой информации высокого пространственного разрешения, получаемой с радиолокационных спутников и спутниковых радиометров оптического спектрального диапазона, оценку и прогноз климатических изменений и связанных с ними опасных природных явлений в арктической зоне РФ, оценку потенциально опасных глобальных и региональных климатических изменений в арктической зоне РФ, включающие экстремальные характеристики с учетом годового хода, расчет повторяемости экстремальных значений и больших аномалий разной обеспеченности, климатический прогноз основных параметров в Арктической зоне РФ.

Должны быть разработаны и адаптированы к условиям Обской губы методики высокочувствительного обнаружения опасных химических элементов и соединений в морских водах и в донных отложениях Арктической зоны РФ, включающие определение тяжелых металлов в морских водах, определение хлорфенолов в морской воде и донных отложениях, определение общего органического углерода в морской воде, определение полициклических ароматических углеводородов в снеге, ледяном покрове и почве.

Целесообразно разработать и апробировать надежные алгоритмы высокоточного восстановления по спутниковым данным параме-

тров атмосферы, в том числе восстановления интегрального влагосодержания атмосферы над океаном по данным спутниковых микроволновых радиометров, интенсивности дождя над океаном по данным спутниковых микроволновых радиометров, полей приводного ветра высокого пространственного разрешения по данным РСА.

Также полезно использовать в мониторинге высокоточное восстановление по спутниковым данным параметров атмосферы и атмосферных явлений, интегрального влагосодержания атмосферы над океаном, интенсивности дождя над океаном по данным спутниковых микроволновых радиометров, полей приводного ветра, автоматическое выявление сейсмической активности и опасных геодинамических явлений, определение местоположения эпицентров сейсмической активности в Арктической зоне РФ, базу данных типовых волновых форм прогностических сейсмологических и акустических сигналов, связанных с деструкцией и калвингом выводных ледников как источника айсберговой угрозы в Арктической зоне РФ, ЭАПК мониторинга гидрометеорологической и геофизической обстановки в Арктической зоне РФ.

Наибольшие различия проекций по индивидуальным моделям наблюдаются в Арктической зоне Уральского федерального округа, то есть в районе Обской губы. Это говорит о низкой предсказуемости климата в данном районе и необходимости организации расширенного мониторинга природных условий в выбранном районе.

На рисунке 2 показаны основные нефтегазоконденсатные, газоконденсатные и газовые месторождения региона, участки работ по геохимическим поискам месторождений нефти и газа и их региональные профили.

В данном регионе выделяются нефтегазоконденсатные (Арктическое, Восточно-Бованенковское, Геофизическое, Западно-Тамбейское, Нейтинское, Новопортовское, Нурминское, Парусное, Ростовцевское, Среднеямальское, Северо-Уренгойское, Утреннее, Южно-Тамбейское), газоконденсатные (Нерстинское, Северо-Тамбейское, Семаковское, Чугорьяхинское, Юрхаровское, Ямбургское), газовые (Антипаютинское, Верхне-Тиутейское, Восточно-Бугорное, Гыданское, Западно-Сеяхинское, Каменномысское, Малоямальское,



**Рис. 2.** Основные месторождения Обской губы  
**Fig. 2.** Main deposits of the Gulf of Ob

Малыгинское, Минховское, Обское, Северо-Каменномысское, Солетское-Ханавейское, Тасийское, Тота-Яхинское, Трехбугорное, Усть-Юрибейское, Хамбатеиское, Штормовое) месторождения.

Анализ данных наблюдений и результаты прогностических расчетов подтвердили достоверность концептуальной модели отклика арктических экосистем на изменения климата [6].

Для анализа изменений климата были использованы материалы обзоров погодных условий на территории различных регионов РФ в 2017–2021 годах, выполненных ВНИИГМИ-МЦД. Для расчета аномалий (отклонений наблюдаемых значений от «нормы») в качестве «нормы» использовали многолетние средние за период 1961–1990 гг. значения метеорологических величин. В обзорах построены карты пространственного распределения среднемесячных аномалий температуры воздуха. Пространственное осреднение за период с 1936 по 2021 год выполнено по данным 383 метеорологических станций РФ.

Исследование режима атмосферных осадков на территории России проводилось по данным инструментальных наблюдений месячного разрешения с 1936 по 2021 год на тех же станциях государственной наблюдательной сети РФ, которые использовались для анализа температурного режима.

На основании открытой информации ВНИИГМИ-МЦД (табл. 2) осуществлен анализ знака аномалий температуры и осадков в районе Обской губы за 5 лет (2017–2021) по осредненным данным ежемесячных наблюдений.

В таблице 2 знак «+» соответствует наличию положительной аномалии температуры

**Таблица 2.** Знаки аномалий температуры и осадков в районе Обской губы в 2017–2021 годах  
**Table 2.** Signs of temperature and precipitation anomalies in the Gulf of Ob region in 2017–2021

Годы	МВ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021	Т-ра	–	–	–	+	+	+	+	+	+	+	+	–
	О-и	–	–	+	–	–	–	–	–	–	+	–	–
2020	Т-ра	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	О-и	+	+	+	–	–	+	–	–	–	+	+	–
2019	Т-ра	+	–	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	О-и	+	+	+	+	–	–	–	–	–	+	+	–
2018	Т-ра	+	+	–	+	–	+	+	+	+	+	+	+
	О-и	–	–	+	–	+	+	–	+	+	+	+	–
2017	Т-ра	+	+	+	+	–	+	+	–	–	+	+	+
	О-и	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–	+	+

и превышению количества осадков над нормой в районе Обской губы, знак «←» — наличие отрицательного отклонения температуры воздуха у поверхности Земли и, соответственно, отрицательного отклонения количества осадков от нормы. Таблицы составлялись на основании приведенных в обзорах карт аномалий среднемесячной температуры воздуха на территории РФ в указанные месяцы и годы и ежемесячных карт отношений к норме месячной суммы осадков на территории РФ в те же месяцы и годы.

Незаполненность некоторых ячеек таблицы объясняется отсутствием соответствующих исходных для нашего исследования карт в обзорах. Поэтому не приводится информация об отношении месячных сумм осадков к норме для августа и ноября 2021 года, декабря 2019 года и декабря 2018 года.

На рисунках 3 и 4 представлены примеры карт аномалий среднемесячной температуры и карт отношений к норме месячной суммы осадков.

Таким образом, из рисунка 3 видно, что во всем регионе Обской губы в январе 2019 года характерна положительная аномалия среднемесячной температуры, а из рисунка 4 — что для большей части исследуемой территории отношение к норме месячной нормы осадков составляет более 80 %.

Анализ информации (см. табл. 2) показывает, что в основном наблюдались положительные отклонения среднемесячной температуры от нормы (весь 2020 год, 11 месяцев, кроме февраля 2019 года, 10 месяцев, кроме марта и мая 2018 года, 9 месяцев, кроме мая, августа, сентября 2017 года, 8 месяцев, кроме января — марта и декабря 2021 года). Итого положительная аномалия температуры наблюдалась в 83 % случаев.

По отношениям количества осадков к норме в 2017–2018 годах наблюдалось 7 положительных отклонений месячных сумм осадков к 5 (2017) и 4 (2018), 6 к 6 (2020), 6 к 5 (2019) и 2 к 8 в 2021 году. То есть превышение количества осадков над нормой

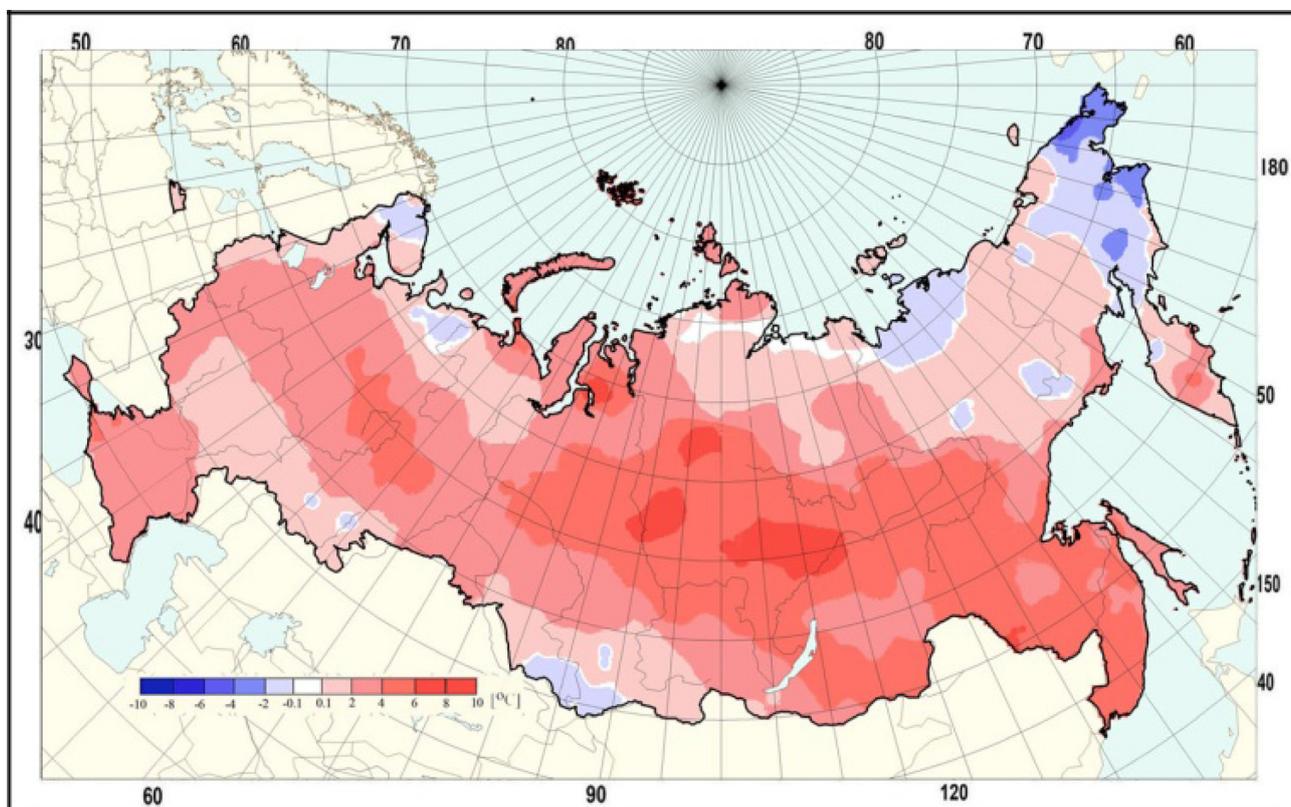
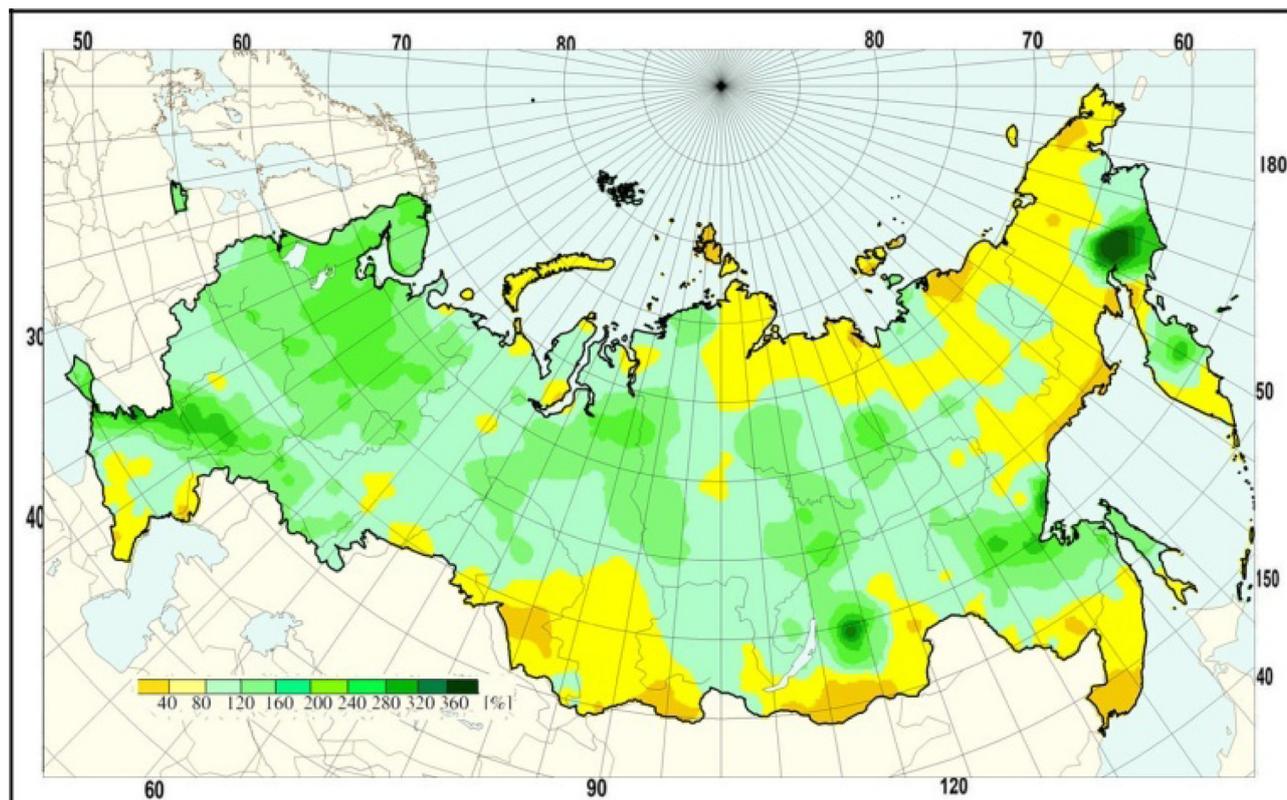


Рис. 3. Аномалии среднемесячной температуры в РФ для января 2019 года

Fig. 3. Mean monthly temperature anomalies in the Russian Federation for January 2019



**Рис. 4.** Отношение к норме месячной суммы осадков на территории России в январе 2019 года

**Fig. 4.** Relation to the norm of monthly precipitation in Russia in January 2019

**Таблица 3.** Периоды, когда Солнце ежегодно не поднимается выше 14° в светлое время до начала полярного дня и перед его окончанием даже в местный суточный полдень, в районах, расположенных за северным полярным кругом

**Table 3.** Periods when the Sun does not rise above 14° during daylight hours before the polar day starts and before it ends, even at local noon, in the regions located above the Arctic Circle

Географическая широта	Даты, когда солнце не поднимается выше 14° в первое полугодие/сутки	Даты, когда солнце не поднимается выше 14° во второе полугодие/сутки	% от продолжительности полярного дня (первое полугодие / второе полугодие)
68° с. ш.	05.I-15.II / 45	23.IX-09.XI / 47	88/92
70° с. ш.	17.I-25.II / 39	17.X-26.XI / 40	54/56
72° с. ш.	26. I-03.III / 36	11.X-16.XI / 36	40/40
74° с. ш.	02.II-09.III / 35	08.X-09.XI / 32	34/34
76° с. ш.	09.II-11.III / 30	05.X-03.XI / 29	24/24
78° с. ш.	15.II-13.III / 26	02.X-27.X / 25	20/20
80° с. ш.	21.II-16.III / 23	29.IX-22.X / 23	17/17
82° с. ш.	26.II-17.III / 20	27.IX-16.X / 19	13/13
84° с. ш.	03.III-18.III / 15	25.IX-11.X / 16	10/10
86° с. ш.	08.III-19.III / 11	24.IX-06.X / 12	6/6
88° с. ш.	13.III-20.III / 7	23.IX — 30.IX / 7	3/3
90° с. ш.	22.III-22.III	22.IX-22.IX	

в 2021 году было отмечено только в марте и октябре. По данным Б.П. Алисова [7] Обская губа находится в зоне избыточного увлажнения со средним годовым количеством осадков около 400 мм, при этом в теплый период их в 2 раза больше, чем

в холодный. Однако в последние 5 лет климат района Обской губы становится суше и в зимний период холоднее, что создает препятствия для зимнего судоходства. За 5 лет более сухая погода наблюдалась в 50 % случаев.

В целом район Обской губы труден для освоения, но очень богат нефтегазоконденсатными, газоконденсатными и газовыми месторождениями, имеет удобные гавани и инфраструктуру, связанную с наличием аэродромов и буровых платформ. Поэтому необходимо тщательно организовывать экологический и климатический мониторинг данной территории.

Для территории Обской губы характерны типичные для Арктики особенности и опасности. В таблице 3 рассчитаны ключевые даты, когда Солнце на данной широте будет находиться выше  $14^\circ$  и ослепления экипажей солнечными лучами при взлете и посадке не будет.

Анализ данных таблицы 3 показывает, что отношение периода времени, когда Солнце не поднимается выше  $14^\circ$  к продолжительности полярного дня, понижается с увеличением широты. Если вблизи полярного круга оно составляет около 90 %, то затем резко уменьшается и на широте  $88^\circ$  достигает 3 %. Если на широте  $68^\circ$  с. ш. выше  $14^\circ$  Солнце не поднимается 45 суток, то на широте  $88^\circ$  с. ш. оно поднимется на эту высоту в течение

трех суток, а затем наступает полярный день, когда, кроме утреннего и вечернего низкого положения Солнца, добавляется и ночное. Во второе полугодие этим заканчивается полярный день.

Целесообразно для исключения возможного ослепления экипажей взлет и посадку ЛА производить в окологлобусные часы, исключая периоды, указанные в таблице 3 для периодов увеличения и уменьшения светлого времени (продолжительности дня), когда Солнце не поднимается выше  $14^\circ$ .

Рекомендуется ограничить взлеты и посадки ЛА в течение периода времени, когда возможно ослепление экипажей Солнцем, с учетом ориентации направления ВПП относительно расположения Солнца.

В заключение следует сказать, что климат Обской губы хотя и суровый, но он мягче, чем в Центральной Арктике и в Сибирском полюсе холода, и тем более мягче, чем в Антарктиде. В настоящее время пришла пора хозяйственного освоения богатейших залежей полезных ископаемых и их использования для поддержания энергетической мощи державы.

## Список литературы

1. Мазуров Г.И., Григорьева И.Н. Десять месяцев зима... Колыма и другие территории РФ. Метеоспектр. 2014;(3):111–113.
2. Об основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года: Указ Президента Российской Федерации от 05.03.2020 г. № 164 [интернет]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45255> (дата доступа 21 июня 2022).
3. Анисимов О.А., Жильцова Е.Л. Устойчивость экосистем Арктики при изменении климата. Метеорология и гидрология. 2022;(5):83–94. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2022-5-83-95>
4. Мазуров Г.И., Нестерук В.Н. Метеорологические условия и полеты вертолетов. СПб.: Гидрометеиздат; 1992.
5. Александров Е.И., Брызгин Н.Н., Дементьев А.А., Радионов В.Ф. Метеорологический режим Арктического бассейна (по данным дрейфующих станций). Т. 2: Климат приледного слоя атмосферы Арктического бассейна. СПб.: Гидрометеиздат; 2004.
6. Анисимов О.А., Жильцова Е.Л., Ренева С.А. Оценка критических уровней воздействия изменения климата на природные экосистемы суши на территории России. Метеорология и гидрология. 2011;(11):31–42.
7. Алисов Б.П., Полтораус Б.В. Климатология. 2-е изд. Москва: Изд-во МГУ; 1974.

## References

1. Mazurov G.I., Grigor'eva I.N. Ten months of winter... Kolyma and other territories of the Russian Federation. Meterspekt. 2014;(3):111–113. (In Russ.)

2. On the fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the Arctic for the period until 2035: Decree of the President of the Russian Federation dated 03/05/2020 No. 164 [internet]. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45255> (accessed 21 july 2022). (In Russ.)
3. Anisimov O.A., Zhił'tsova E.L. Sustainability of Arctic Ecosystems in a Changing Climate. *Meteorologiya i Gidrologiya*. 2022;(5):83–94. (In Russ.) <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2022-5-83-95>
4. Mazurov G.I., Nesteruk V.N. Weather Condition and Helicopter Flights. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat Publ.; 1992. (In Russ.)
5. Aleksandrov E.I., Bryazgin N.N., Dement'ev A.A., Radionov V.F. Meteorological regime of the Arctic basin (according to data from drifting stations). T. 2: Climate of the near-ice layer of the atmosphere of the Arctic basin. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat Publ.; 2004. (In Russ.)
6. Anisimov O.A., Zhił'tsova E.L., Reneva S.A. Estimation of Critical Levels of Climate Change Influence on the Natural Terrestrial Ecosystems on the Territory of Russia. *Meteorologiya i Gidrologiya*. 2011;(11):31–42. (In Russ.)
7. Alisov B.P., Poltoraus B.V. *Climatology*. 2 ed. Moscow: Moscow State University Publishing House; 1974. (In Russ.)

УДК 502.5:[504:628.4.03](210.7)(98)

ББК 51.21(21)

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-78-87>



## Характеристика морского мусора на высокоширотных островах российской Арктики в современных условиях

Валеева Т.А.✉, Мандрыка О.Н.

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

✉ [tanya.valeeva.2000@mail.ru](mailto:tanya.valeeva.2000@mail.ru)

**Аннотация.** На основе данных о загрязнении морским мусором береговой линии национального парка «Русская Арктика» был исследован его состав и выявлены источники происхождения. Показано, что, несмотря на отсутствие мусорных пятен в акватории Северного Ледовитого океана, происходит аккумуляция морского мусора на островах российской Арктики. В ходе анализа было выявлено, что основным видом морского мусора, загрязняющего побережья, является пластик. Мониторинг также помог определить основной источник загрязнения — рыболовство. На основе полученных результатов возможно выстроить план по предотвращению попадания отходов производства и потребления на побережья островов.

**Ключевые слова:** арктические моря, береговая линия, загрязнение, морской мусор, национальный парк «Русская Арктика»

**Конфликт интересов:** авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Валеева Т.А., Мандрыка О.Н. Характеристика морского мусора на высокоширотных островах российской Арктики в современных условиях. *Арктика и инновации*. 2023;1(1):78–87. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-78-87>

## Characteristics of marine litter on Russian High Arctic islands under modern conditions

Valeeva T.A.✉, Mandryka O.N.

Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia

✉ [tanya.valeeva.2000@mail.ru](mailto:tanya.valeeva.2000@mail.ru)

**Abstract.** The study used data on the pollution of the coastline of the Russian Arctic National Park with marine litter to examine its composition and determine its origins. Marine litter is shown to accumulate on the islands of the Russian Arctic despite the absence of garbage patches in the Arctic Ocean. The analysis identified plastic as the main type of marine litter polluting the coasts. Monitoring also helped to identify the main source of pollution—fishing. The obtained results can be used to develop a plan designed to prevent industrial and consumer waste from reaching the coasts of islands.

**Keywords:** Arctic seas, coastline, pollution, marine litter, Russian Arctic park

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

**For citation:** Valeeva T.A., Mandryka O.N. Characteristics of marine litter on Russian High Arctic islands under modern conditions. *Arctic and Innovations*. 2023;1(1):78–87. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2023-1-1-78-87>

## Введение

Арктика — одна из самых хрупких экосистем планеты. В пределах российского сектора Арктики расположены сотни островов. И несмотря на отдаленность и труднодоступность данных территорий, одной из важнейших их проблем является загрязнение побережья отходами производства и потребления. Для отходов, скапливающихся на побережьях или в водном объекте, принят термин «морской мусор» [1].

К морскому мусору относятся любые твердые продукты человеческой деятельности, произведенные, брошенные, выброшенные или потерянные в окружающей среде, включая все материалы, брошенные в море, на берегу или косвенно попавшие в море через реки, канализацию, штормы, волны или ветер. Эксперты ООН сделали вывод, что морской мусор путешествует на большие расстояния вместе с океаническими течениями и ветрами и встречается повсюду в морской и прибрежной среде [2].

Источники морского мусора на суше и в море многочисленны, их можно подразделить на две категории: наземные (полигоны, расположенные на побережье, промышленные объекты, туризм, хозяйственная и иная деятельность) и морские (рыболовные суда, морские нефтегазовые платформы, торговое судостроительство, круизные лайнеры и т.д.).

Основываясь на мировом соотношении количества судов и жителей побережья, можно констатировать, что морские источники загрязнения в Арктическом регионе должны иметь особое значение по сравнению с наземными источниками. Уменьшение площади морского льда в Арктике вследствие изменения климата открывает доступ к новым маршрутам судоходства и ресурсам, это привело к увеличению судоходной активности в арктических водах за последнее десятилетие, что прямым образом увеличивает количество морского мусора в Арктической зоне [3].

В Мировом океане морской мусор переносится течениями и из-за особенностей глобальной циркуляции скапливается в цен-

трах пяти антициклонических круговоротов, которые расположены в тропических зонах, при этом значительное количество морского мусора атлантического происхождения переносится в Арктику [4].

Океанический путь, по которому мусор достиг поверхностных вод Арктики, берет свое начало в северной части Атлантического океана. Модели переноса плавучих частиц предсказывают, что дрейфующий морской мусор попадает в Северный Ледовитый океан через пролив между Шотландией и Исландией. Ветвь атлантических вод, текущая к северу от пролива Шотландия — Исландия, разветвляется и достигает Гренландского и Баренцева морей. Соответственно, были обнаружены возрастающие концентрации пластика к северу в Гренландском море и особенно высокие концентрации у желоба Святой Анны, на северо-восточной окраине Баренцева моря, зоны, где было зарегистрировано глубоководное образование [3]. Архипелаги и острова в Баренцевом и Гренландском морях служат щитом против дальнейшего распространения морского мусора в Северный Ледовитый океан.

По данным ООН, ежегодно в Мировой океан попадает 8 млн тонн морского мусора. Подсчеты этого вида загрязнения в Арктике пока самые приблизительные и составляют менее процента от общего количества — около 1200 тонн. Однако и эти объемы мусора уже причиняют вред экосистемам Арктики. Поэтому так важно осуществлять мониторинг морского мусора на побережьях, это поможет выявить пути и источники поступления, и с помощью данной информации возможно минимизировать проблему морского мусора [5].

## Методы исследования

Мониторинг морского мусора на высокоширотных островах российской Арктики каждый год ведется работниками национального парка «Русская Арктика». К сбору мусора также присоединялись сторонние организации и туристы, что, несомненно, ставит туризм на новый уровень, более разумный и просветительский.

Сбор и учет морского мусора проводились с помощью адаптированной под условия парка методике с модифицированным протоколом (листом исследования участка), который учитывает возможность обнаружения определенных видов морского мусора по результатам предыдущих наблюдений. В основе лежат две методики: 1) MSFD (Marine Strategy Framework Directive), применяемая в европейских морях и на их побережьях [6]; 2) OSPAR, широко используемая при учете и сборе морского мусора на берегах Норвегии, в том числе и архипелага Шпицберген, территории, во многом схожей с территориями национального парка [7, 8].

По возможности следует использовать следующие критерии при выборе участка для сбора и учета морского мусора: минимальная длина 100 метров; низкий или умеренный уклон (15–45°), который исключает очень мелкие приливные илистые участки, ширина которых во время отлива может достигать многих километров; свободный доступ к морю, чтобы морской мусор не был экранирован антропогенными сооружениями [6].

Существует основной список категорий и предметов мусора, которые должны быть зарегистрированы во время обследования.

Окончательный список MSFD содержит 213 товаров, классифицированных по девяти категориям: искусственные полимерные материалы, химикаты, ткань/текстиль, резина, стекло/керамика, металл, бумага/картон, обработанная древесина и неопознанные [6].

## Мониторинг морского мусора в национальном парке «Русская Арктика»

Для сбора и учета морского мусора работниками национального парка «Русская Арктика» были созданы пробные площадки на трех островах: остров Северный архипелага Новая Земля, остров Земля Александры и остров Белл (см. табл. 1, рис. 1) [8, 9].

В 2019 году было выбрано пять пробных площадок: две на о. Земля Александры и три на м. Желания. Весь собранный мусор представлен в таблице 2 [8].

На первом участке было собрано всего 5 кг морского мусора, на втором же 30,3 кг, хотя участки находятся неподалеку друг от друга. В обоих случаях наиболее весомым морским мусором являются рыболовные сети.

**Таблица 1.** Описание местоположения исследуемых пляжей

**Table 1.** Location of the beaches under study

ID пляжа / Beach ID	Остров / Island	Описание места нахождения пляжа / Description of the location of the beach
НЗ001	Мыс Желания (о. Северный, архипелаг Новая Земля)	Побережье Баренцева моря к западу от м. Желания
НЗ002	Мыс Желания (о. Северный, архипелаг Новая Земля)	Побережье Баренцева моря между м. Желания и м. Маврикия
НЗ003	Мыс Желания (о. Северный, архипелаг Новая Земля)	Побережье Карского моря рядом с полевой базой
ЗФИ001	Остров Земля Александры	У м. Бердовского
ЗФИ002	Остров Земля Александры	У безымянного мыса между м. Бердовского и м. Заманчивым
ЗФИ003	Остров Земля Александры	Бухта Северная
ЗФИ005	Остров Белл	Южное побережье

**Таблица 2.** Собранный морской мусор в 2019 году

**Table 2.** Marine litter collected in 2019

Дата / Date	Место сбора мусора / Place of collection of marine litter	Описание мусора / Description of marine litter
24.07.2019	ЗФИ001-19	Сети — 3 кг Канистры — 1 кг Мелкий пластиковый мусор — 0,4 кг Поплавки из алюминия — 0,3 кг Монтажная пена — 0,3 кг
24.07.2019,	ЗФИ002-19	Сети — 17 кг Канистры — 8 кг Ящик для рыбы — 4 кг Монтажная пена — 0,3 кг Мелкий пластик — 1 кг
10.07.2019	НЗ001-19	Веревки, остатки сетей — 40 % Пластиковая тара, упаковка — 50 % Металлический мусор — 10 %
12.08.2019	НЗ002-19	Веревки, остатки сетей — 34 % Пластиковая тара, упаковка — 60 % Металлический мусор — 2 % Стекло — 4 %
13.09.2019	НЗ003-19	Веревки, остатки сетей — 4 % Пластиковая тара, упаковка — 80 % Металлический мусор, консервные банки — 8 % Стекло — 8 %



**Рис. 1.** Расположение мыса Желания, острова Земля Александры и острова Белл на карте Западной Арктики (QGIS)

**Fig. 1.** Location of Cape Zhelaniya, Alexandra Land, and Bell Island on the Western Arctic map (QGIS)

Морской мусор, собранный на двух участках, в большей степени относится к категории «пластик, полистирол», на первом участке это сети, канистры, мелкий пластиковый мусор, монтажная пена, на втором — сети, канистры, ящик для рыбы, монтажная пена и мелкий пластик. Но на первом участке (севернее) кроме пластикового мусора встречается также и металлический мусор в виде поплавков из алюминия.

«Пластик, полистирол» и «металл» — категории морского мусора, которые были собраны за полевой сезон в 2019 году на о. Земля Александры. У безымянного мыса был собран исключительно пластиковый мусор (100 %), а на м. Бердовского он составляет 60 % от всего собранного морского мусора, 40 % составляют алюминиевые поплавки. Судя по собранному морскому мусору, можно сделать вывод, что основным источником загрязнения является рыболовство, это доказывают найденные сети, поплавки и ящик для рыбы.



**Рис. 2.** Диаграммы процентного соотношения морского мусора по категориям на пробных площадках: а) H3001-19; б) H3002-19; в) H3003-19

**Fig.2.** Percentage of marine litter by categories at the test sites: а) NZ001-19; б) NZ002-19; в) NZ003-19

На мысе Желания был собран морской мусор из трех категорий. На рисунке 2 представлены диаграммы процентного соотношения морского мусора по категориям.

Морской мусор, относящийся к категории «пластик, полистирол», составляет подавляющую долю от собранного мусора на всех трех пробных площадках. На пробных площадках, омываемых Баренцевым морем, «веревки, остатки сетей» из категории «пластик, полистирол» составляют 40 и 34 %, а на участке, омываемом Карским морем, «веревки, остатки сетей» составляют всего 4 %.

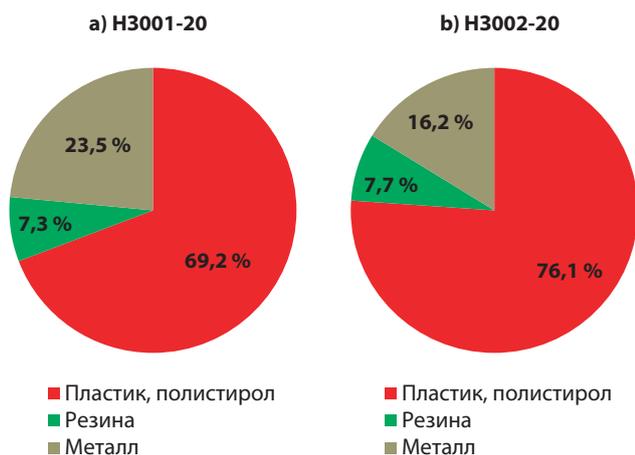
Также на всех трех участках встречается металлический мусор. И только возле полевой базы и между м. Желания и м. Маврикия встречается стеклянный мусор в виде банок и бутылок.

В целом морской мусор, собранный в 2019 году, — это изделия из полимерных материалов. Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что основным источником загрязнения побережья, омываемого Баренцевым морем, является рыболовство, так как было обнаружено множество рыболовных снастей (сети, веревки, поплавки,

**Таблица 3.** Собранный морской мусор в 2020 году

**Table 3.** Marine litter collected in 2020

Дата / Date	Место сбора мусора / Place of collection of marine litter	Описание мусора / Description of marine litter
15.08.2020	H3001-20	Пластик — 12,24 кг (69,2 %) Резина — 1,30 кг (7,3 %) Металлический мусор — 4,15 кг (23,5 %)
15.08.2020	H3002-20	Пластик — 12,65 кг (76,1 %) Резина — 1,28 кг (7,7 %) Металлический мусор — 2,68 кг (16,2 %)
30.07.2020	ЗФИ003-20	2 пластиковые канистры — 0,6 кг, (18,6 %) Целлофан — 0,2 кг (6,2 %) Небольшие куски пластика — 0,22 кг (6,2 %) Поплавков от сети — 0,1 кг (3,1 %) Дерево — 2 кг (62 %)



**Рис. 3.** Диаграмма процентного соотношения по категориям морского мусора, собранного на пробной площадке: а) H3001-20; б) H3002-20

**Fig. 3.** Percentage of marine litter by categories at the test site: а) NZ001-20; б) NZ002-20

ящики для рыбы). На площадке, омываемой Карским морем, рыболовных снастей было обнаружено меньше, зато было найдено множество пластиковых упаковок, стекла и консервных банок, которые, судя по всему, были выброшены уже на месте.

В 2020 году были обследованы три пробных площадки, две на м. Желания и одна

на о. Земля Александры. Собранный морской мусор представлен в таблице 3.

На территории мыса встречается морской мусор из трех категорий «пластик, полистирол», «резина», «металл». Первая занимает свыше 60 % на обоих участках, а наименьшую долю составляет «резина» (7 %). Процентное соотношение морского мусора на пробных площадках м. Желания в 2020 году представлено на рисунке 3.

На первом участке (H3001) было собрано всего 17,69 кг, а на втором (H3002) — 16,61 кг.

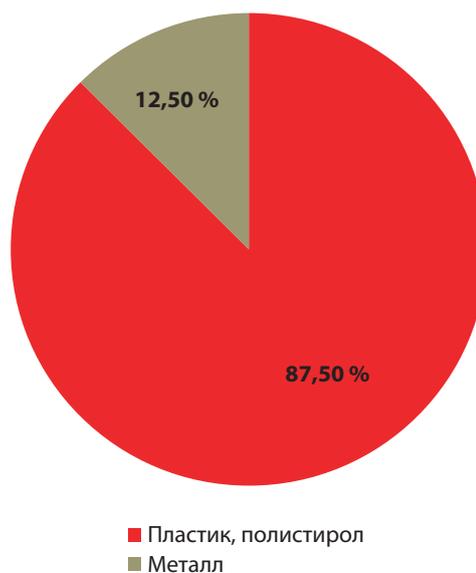
На о. Земля Александры исследовали одну пробную площадку (бухта Северная). Морской мусор из категории «обработанная древесина» преобладает на данном пляже и составляет 62 %, а «пластик, полистирол» — 38 %. По собранному морскому мусору можно предположить, что загрязнение побережья носит местный характер.

В 2021 году было заложено пять пробных площадок для сбора и учета мусора. Весь собранный мусор в 2021 году представлен в таблице 4 [9].

**а) Процентное соотношение морского мусора на п.п. H3001-21.1**



**б) Процентное соотношение морского мусора на п.п. H3001-21.2**



**Рис. 4.** Диаграмма процентного соотношения по 9 категориям морского мусора, собранного на пробной площадке: а) H3001-21.1; б) H3001-21.2

**Fig. 4.** Percentage of marine litter by nine categories at the test site: а) NZ001-21.1; б) NZ001-21.2

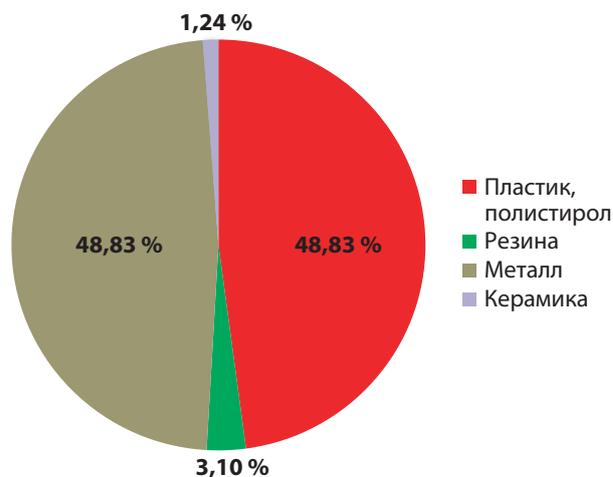
На побережье Баренцева моря к западу от м. Желания (Н3001-21) за один сезон уборка пляжа была проведена два раза (в июне и в августе) для оценки скорости накопления морского мусора.

На рисунке 4 представлена диаграмма процентного соотношения по категориям морского мусора, собранного на пробной площадке Н3001-21.1. Пластиковый мусор составляет 83,69 % от всего собранного мусора. Внутри категории «пластик, полистирол» большой процент занимают веревки менее 1 см в диаметре и куски пластика или полистирола 2,5–50 см.

В июне на побережье Баренцева моря к западу от м. Желания было собрано в общей сложности 1083 предмета, принадлежащих к морскому мусору, с общим весом 82,26 кг. В августе на том же пляже было собрано 8 предметов, из них 87,5 % — пластик, полистирол и 12,5 % — металл. Было собрано мало предметов, это говорит о том, что основное накопление морского мусора происходит в другие сезоны.

На побережье Карского моря рядом с полевой базой (Н3003) была выявлена большая концентрация металлического мусора

**Процентное соотношение морского мусора на п.п. Н3003-21**



**Рис. 5.** Диаграмма процентного соотношения по категориям морского мусора, собранного на пробной площадке Н3003-21

**Fig. 5.** Percentage of marine litter by categories at the NZ003-21 test site

(77 штук), столько же было собрано пластикового мусора, малый процент составляет морской мусор из категории «резина» и «керамика». Из резиновых изделий были найдены сапоги, шины и ремни, и другие предметы.

**Таблица 4.** Собранный мусор в 2021 году

**Table 4.** Marine litter collected in 2021

Дата / Date	Место сбора мусора / Place of collection of marine litter	Описание мусора / Description of marine litter
17.06.2021	Н3001-21.1	Пластик, полистирол — 908 шт., 8,8 кг Резина — 25 шт., 2,5 кг Одежда, текстиль — 3 шт., 5 кг Обработанная древесина — 84 шт., 9,7 кг Металл — 60 шт., 55,76 кг Стекло — 3 шт., 0,5 кг
17.06.2021	Н3003-21	Пластик, полистирол — 77 шт., 1,2 кг Резина — 5 шт., 0,7 кг Металл — 77 шт., 29,87 кг Керамика — 2 шт., 0,5 кг
23.06.2021	ЗФИ005-21	Пластик, полистирол — 157 шт., 11,1 кг
29.08.2021	Н3001-21.2	Пластик, полистирол — 7 шт., 0,5 кг Металл — 1 шт., 0,05 кг
29.08.2021	Н3002-21	Пластик, полистирол — 11 шт., 1,5 кг Обработанная древесина — 2 шт., 0,4 кг



**Рис. 6.** Морской мусор на пробных площадках на мысе Желания, собранный в полевой сезон 2021 года (Google Earth, QGIS)

**Fig. 6.** Marine litter collected at Cape Zhelaniya test sites during the 2021 field season (Google Earth, QGIS)

В августе на побережье Баренцева моря между м. Желания и м. Маврикия был собран морской мусор из двух категорий: «пластик, полистирол» (84,6 %) и «обработанная древесина» (15,4 %).

На рисунке 6 представлены диаграммы в процентном соотношении по категориям морского мусора на различных пробных площадках в 2021 году на мысе Желания.

Исходя из имеющихся данных и полученных диаграмм можно сделать вывод, что на всех заложённых площадках, омываемых Баренцевым морем, пластиковый мусор преобладает и составляет от 83,69 до 100 %.

А на площадке, омываемой Карским морем, доля пластика составляет меньше половины (48 %). Видовой состав собранного морского мусора указывает на то, что преобладает местное загрязнение над загрязнением, приносимым течениями.

На острове Белл впервые была заложена пробная площадка для учета и сбора морского мусора. На данном участке был собран морской мусор исключительно из категории «пластик, полистирол» 157 штук общим

весом 11,1 кг. В основном это кусочки пластика или полистирола 2,5–50 см, веревки менее 1 см в диаметре и крышечки.

На острове Белл не ведется никакой деятельности, следовательно, весь собранный морской мусор был принесен течениями Баренцева моря.

## Заклучение

Морской мусор — любой стойкий, изготовленный или обработанный твердый материал, который брошен, утилизирован или оставлен в морской и прибрежной среде (ООН). Он образуется из множества источников и имеет широкий спектр последствий, связанных с экологией, экономикой, безопасностью, здоровьем и культурой.

В Арктическую зону морской мусор может поступать из густонаселенных районов Северной Атлантики, вовлекаясь в глобальную систему термохалинной циркуляции, и в конечном счете переносится с теплыми поверхностными водами северной части океана к высоким арктическим широтам. Это приводит к накоплению морского мусора в Баренцевом море, где острова и архипелаги

служат препятствием для дальнейшего распределения морского мусора в Северном Ледовитом океане.

За три года сбора и учета морского мусора работниками национального парка «Русская Арктика» было собрано огромное количество морского мусора из шести категорий: «пластик, полистирол», «металл», «обработанная древесина», «стекло», «одежда, текстиль» и «керамика». На всех пробных площадках подавляющую долю составляли изделия из пластика, в основном это были рыболовные сети, веревки, пластиковые тары и куски из пластика. Морской мусор на побережьях островов Арктики накапливается в больших количествах, например в 2021 году было собрано 1422 предмета из различных категорий, и это учитывая то, что на многих площадках год назад уже была проведена уборка.

Мониторинг морского мусора на побережьях островов Арктики доказал, что преобладающим типом морского мусора является пластик. А основным источником загрязнения является рыболовство, множество отходов поступают с течениями из отдаленных районов, были найдены также отходы, которые изначально выбросили или забыли на побережье.

Также одним из основных источников морского мусора являются суда. Необходимо сократить образование отходов на борту

судов и платформ для предотвращения попадания морского мусора в водный объект или на побережье. Что касается морского мусора с рыболовных судов, то работникам следует подготовиться к хранению отходов на борту до тех пор, пока люди не сойдут на берег. Все рыболовные снасти, особенно дрейфтерные сети, должны быть помечены, чтобы их можно было найти снова, если они будут потеряны в море. Рыболовные снасти нельзя намеренно выбрасывать в водный объект, их необходимо доставлять на берег для надлежащей утилизации.

Проблема морского мусора является составной частью более широкой проблемы обращения с отходами, которая становится серьезной проблемой для здравоохранения и охраны окружающей среды во многих странах. Чтобы решить проблему загрязнения окружающей среды морским мусором, необходимо решить проблемы, связанные с обращением отходов.

#### Благодарности

*Мы глубоко благодарны работникам национального парка «Русская Арктика» за предоставление данных, которые легли в основу данного исследования.*

#### Acknowledgments

*We are deeply grateful to the staff of the Russian Arctic National Park for providing us with data used in the investigation submitted.*

## Список литературы

1. Охоткина В.Э., Блиновская Я.Ю., Высоцкий М.В., Высоцкая М.В. Анализ результатов мероприятий по очистке побережья от мусора в приморском крае. Успехи современного естествознания. 2020;(4):130–134. <https://doi.org/10.17513/use.37374>
2. United Nations Environment Programme. Marine Litter. An analytical overview [internet]. Nairobi: UNEP; 2005. Available at: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8348>
3. Cozar A., Marti E., Duarte C.M., Garcia-de-Lomas J., van Sebille E., Ballatore T.J., et al. The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation. Science Advances. 2017;3(4): e1600582. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600582>
4. Погожева М.П., Якушев Е.В., Терский П.Н., Глазов Д.М., Аляутдинов В.А., Коршенко А.Н., Ханке Г., Семилетов И.П. Оценка загрязнения Баренцева моря плавающим морским мусором по данным судовых наблюдения в 2019 г. Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов. 2021;332(2):87–96. <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/2/3045>
5. Гаврило М.В., Мосеев Д.С. Антропогенная нагрузка на берега Земля Франц-Иосифа. В: Арктические берега: путь к устойчивости. Материалы XXVII Международной береговой конференции. Мурманск: МАГУ; 2018, с. 253–256.

6. European Commission. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas [internet]. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2013. Available at: [file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/lb-na-26113-en-n%20\(i\).pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/lb-na-26113-en-n%20(i).pdf)
7. OSPAR Commission. Guidance on Monitoring of Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area [internet]. 2010. Available at: [https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/OSPAR/Guideline\\_forMonitoringMarineLitteronthebeachesof\\_OSPAR%20.pdf](https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/OSPAR/Guideline_forMonitoringMarineLitteronthebeachesof_OSPAR%20.pdf)
8. Корельский М.И., Невцетаева О.П. Анализ распространения морского мусора в высокоширотной Арктике на побережье островов национального парка «Русская Арктика» в 2019 г. В: Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию. Материалы II международной научно-практической конференции. Архангельск; 2020, с. 371–375.
9. Невцетаева О.П., Мизин И.А. Распространение морского мусора в национальном парке «Русская Арктика» по результатам полевого сезона 2021 г. В: Труды Архангельского центра Русского географического общества: сборник научных статей. Вып. 9. Архангельск: КИРА; 2021, с. 207–213.

## References

1. Okhotkina V.E., Blinovskaya Ya.Yu., Vysotsky M.V., Vysotskaya M.V. Analysis of Coastal Cleanup Events Results in Primorsky Krai. *Advances in current natural sciences*. 2020;(4):130–134. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/use.37374>
2. United Nations Environment Programme. Marine Litter. An analytical overview [internet]. Nairobi: UNEP; 2005. Available at: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8348>
3. Cozar A., Marti E., Duarte C.M., García-de-Lomas J., van Sebille E., Ballatore T.J., et al. The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation. *Science Advances*. 2017;3(4): e1600582. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600582>
4. Pogozheva M.P., Yakushev E.V., Tersky P.N., Glazov D.M., Alyautdinov V.A., Korshenko A.N., Khanke G., Semiletov I.P. Assessment of Barents Sea Floating Marine Macro Litter Pollution During the Vessel Survey in 2019. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2021;332(2):87–96. (In Russ.) <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/2/3045>
5. Gavrilov M.V., Moseev D.S. The Anthropogenic Load on the Shores of Franz Josef Land. In: *Arctic Coasts: Way to Sustainability. Materials of the XXVII International Coastal Conference*. Murmansk: Murmansk Arctic University; 2018, p. 253–256. (In Russ.)
6. European Commission. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas [internet]. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2013. Available at: [file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/lb-na-26113-en-n%20\(i\).pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/lb-na-26113-en-n%20(i).pdf)
7. OSPAR Commission. Guidance on Monitoring of Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area [internet]. 2010. Available at: [https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/OSPAR/Guideline\\_forMonitoringMarineLitteronthebeachesof\\_OSPAR%20.pdf](https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/OSPAR/Guideline_forMonitoringMarineLitteronthebeachesof_OSPAR%20.pdf)
8. Korelsky M.I., Netsvetaeva O.P. Analysis of the distribution of marine debris in the high-latitude Arctic on the coast of the islands of the National Park “Russian Arctic” in 2019. In: *Arctic research: from extensive development to complex*. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Arkhangelsk; 2020, p. 371–375. (In Russ.)
9. Netsvetaeva O.P., Mizin I.A. Distribution of marine debris in the National Park “Russian Arctic” according to the results of the field season 2021. In: *Collection of works of the Arkhangelsk center of the Russian geographical society: collection of scientific articles*. Issue 9. Arkhangelsk: KIRA Publ.; 2021, p. 207–213. (In Russ.)