

Том / Vol.

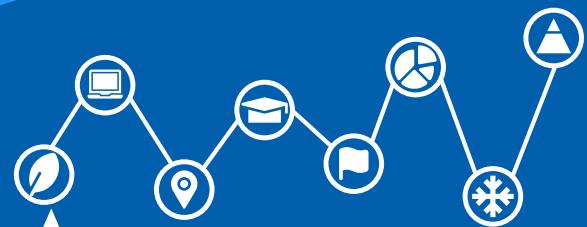
**3**

№ / No.

**4**

2 0 2

**5**



# 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 3 / № 4 / 2025

Scientific Journal

# “Arctic and Innovations”

Vol. 3 / No. 4 / 2025



ФГАОУ ВО «МАУ»  
FSAEI HE "MAU"



Том 3  
№ 4  
2025

#### 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 2025

#### Копирайт

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», оформление, 2025

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

#### Главный редактор

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

#### Заместитель главного редактора

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

#### Редакционная коллегия

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Editor-in-chief

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

## Deputy editor-in-chief

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

## Editorial board

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

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

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

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

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

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

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

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

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



**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 2025

**Copyright**  
Murmansk Arctic University,  
layout, 2025

**Price**  
free

**Distribution**  
The content is distributed under  
the Creative Common License CC BY

**Editors and proofreaders**  
Irina S. Pigulevskaya, Lev A. Zelexon

**Берстка**  
Olga V. Khramova

**6** Скованные одной цепью: формирование экологического подхода к оценке влияния загрязняющих и токсичных веществ на здоровье человека и животных в Арктике при изменении климата  
**Шилин М.Б., Абрамова А.Л., Абрамов В.М., Завьялова А.Н.**

**26** Первый выпуск Гидрографического института Севморпути (1935–1939 гг.). Учебные практики и экспедиции в Арктике  
**Рябчук Д.В.**

**47** Перспективы глубокой переработки бадделеитового концентрата в контексте мирового рынка скандия  
**Калашников А.О., Данилин К.П., Дядик В.В.**

**57** Классические зарубежные модели и их возможность использования на региональном уровне  
**Ивченко Б.П., Черненко В.А., Подгорная Е.А.**

**67** Развитие цифровых технологий в Арктическом регионе  
**Чечурина М.Н., Щебарова Н.Н., Ульянова Е.А.**

**75** Ледокольный мем  
**Сазонов К.Е.**

**84** Океанолог А.П. Алексеев. К 100-летию со дня рождения  
**Аверкиев А.С., Хаймина О.В.**

**94** Заброшенные деревни как фактор расселения зубра (*Bison bonasus*) на Севере  
**Попов И.Ю., Гусаров И.В.**



## CONTENTS

---

Bound by one chain: Forming an ecological approach to assessing the impact of pollutants and toxic substances on human and animal health in the Arctic	<b>6</b>
<i>Michael B. Shilin, Alexandra L. Abramova, Valery M. Abramov, Anna N. Zavyalova</i>	
The first graduation of the Hydrographic Institute of the Northern Sea Route (1935–1939): Educational practices and expeditions in the Arctic	<b>26</b>
<i>Daria V. Ryabchuk</i>	
Prospects for deep processing of baddeleyite concentrate in the context of global scandium market	<b>47</b>
<i>Andrey O. Kalashnikov, Konstantin P. Danilin, Vladimir V. Dyadik</i>	
Classic foreign models and their potential use at the regional level	<b>57</b>
<i>Boris P. Ivchenko, Vladimir A. Chernenko, Elena A. Podgornaya</i>	
Development of digital technologies in the Arctic region	<b>67</b>
<i>Maya N. Chechurina, Natalya N. Shchebarova, Evgeniya A. Ulyanova</i>	
Icebreaking meme	<b>75</b>
<i>Kirill E. Sazonov</i>	
On the 100th birth anniversary of oceanologist A.P. Alekseev	<b>84</b>
<i>Aleksandr S. Averkiev, Olga V. Khaimina</i>	
Abandoned Villages as a Factor in the Northward Expansion of the European Bison ( <i>Bison bonasus</i> )	<b>94</b>
<i>Igor Yu. Popov, Igor V. Gusarov</i>	



УДК 504: [591.5 + 613.64 + 614.7] (985)

ББК 20.19 (21)

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-6-25>

# Скованные одной цепью: формирование экологического подхода к оценке влияния загрязняющих и токсичных веществ на здоровье человека и животных в Арктике при изменении климата

Шилин М.Б.<sup>1</sup>, Абрамова А.Л.<sup>1</sup>, Абрамов В.М.<sup>2</sup>,  
Завьялова А.Н.<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

 [shilin@rshu.ru](mailto:shilin@rshu.ru)

**Аннотация.** Рассматриваются особенности переноса стойких токсичных веществ (СТВ) по экологическим трофическим цепям в условиях арктической тундры. Обсуждается понятие «грязная дюжина» применительно к наиболее распространенным СТВ. Оценивается опасность накопления СТВ в тканях и органах высших хищников и человека для их здоровья в условиях потепления климата. Предлагается концепция «Единое здоровье», направленная на сохранение всех звеньев трофической сети Арктики и в конечном счете — на улучшение здоровья и благополучие людей.

**Ключевые слова:** стойкие токсичные вещества, трофические цепи, высшие хищники, здоровье людей и животных в тундре, изменение климата

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

**Для цитирования:** Шилин М.Б., Абрамова А.Л., Абрамов В.М., Завьялова А.Н. Скованные одной цепью: формирование экологического подхода к оценке влияния загрязняющих и токсичных веществ на здоровье человека и животных в Арктике при изменении климата. *Арктика и инновации*. 2025;3(4):6–25. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-6-25>

# Bound by one chain: Forming an ecological approach to assessing the impact of pollutants and toxic substances on human and animal health in the Arctic

Michael B. Shilin<sup>1</sup>✉, Alexandra L. Abramova<sup>1</sup>,  
Valery M. Abramov<sup>2</sup>, Anna N. Zavyalova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Saint Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russia

✉ [shilin@rshu.ru](mailto:shilin@rshu.ru)

**Abstract.** Specific features of the transfer of persistent toxic substances (PTS) across ecological trophic chains in the conditions of the Arctic tundra are considered. The concept of “dirty dozen” is discussed in relation to the most common PTS. The danger of PTS accumulation in tissues and organs of higher predators and humans for their health in the context of global warming is assessed. The concept of “health as a single unity” is proposed, aimed at preserving all links of the Arctic food web and, ultimately, improving the health and well-being of people.

**Keywords:** persistent toxic substances, food chains, top predators, human and animal health in the tundra, climate change

**Conflict of interests:** there are no conflicts of interests between authors.

**For citation:** Shilin M.B., Abramova A.L., Abramov V.M., Zavyalova A.N. Bound by one chain: Forming an ecological approach to assessing the impact of pollutants and toxic substances on human and animal health in the Arctic. *Arctic and Innovation*. 2025;3(4):6–25. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-6-25>

## 1. Трофические цепи и сети в биоме тундры

Как известно, биом тундры является самым молодым из современных биомов биосфера; он сформировался только после отступления последнего ледника, то есть около 12 тысяч лет назад [1, 2]. Важнейшими экологическими особенностями тундры являются: наличие многолетней («вечной») мерзлоты; недостаточность солнечного тепла и дефицит ультрафиолетовой радиации; низкие среднегодовые температуры; сильные ветры, а в зимнее время — большие объемы снегопереноса; отсутствие древесной растительности и наличие лишайниково-мохового покрова; высокий уровень сейсмичности.

Низкие температуры обусловливают невысокие скорости протекания биологических реакций с участием бактерий, в частности

реакций разложения мертвого органического вещества. Основными продуцентами органического вещества являются лишайники и мхи.

Занимая огромную площадь, биом тундры играет важную роль в стабилизации условий в биосфере в целом и в северном полушарии в особенности [3]. Вечная мерзлота, покрытая лишь тонким активным почвенным слоем действует как гигантский накопитель парниковых газов. Во всяком случае, так продолжалось до наступившего периода последнего потепления климата.

Как это вообще типично для молодых экосистем, уровень разнообразия биологических сообществ в тундре низкий, а пищевые цепи — короткие. Чарлз Элтон, который по результатам своих работ на Севере и ввел в экологию понятие «пищевая (трофическая) цепь» [4], обратил внимание



**Рис. 1.** Охота чукчей на кита (Чукотка, Россия, 2023 г.). Фото: Konkurs.trip2rus.ru

**Fig. 1.** Chukchi whale hunting (Chukotka, Russia, 2023). Photo: Konkurs.trip2rus.ru

на их простоту. Основная пищевая цепь, функционирующая в тундре круглый год — в условиях как полярного дня, так и полярной ночи, — состоит всего из трех звеньев: «олений мох» (ягель) —> северный олень —> волк. По этой цепи осуществляется перенос биомассы на огромных пространствах тундр Евразии, Аляски, Канады и Гренландии.

По мере проникновения в Арктику человек постепенно вливался в местные биологические сообщества и встраивался в пищевые цепочки. Взаимоотношения человека с арктической фауной строились в соответствии с наиболее распространенной моделью взаимодействия видов по типу «хищник — жертва» [2]. Описанная Ч. Элтоном трофическая цепь к настоящему времени оказалась антропогенно трансформированной; сегодня мы все чаще сталкиваемся с ее модификацией в виде: «олений мох» (ягель) —> одомашненный северный олень —> оленевод (человек). В цепи появилось антропическое звено; причем оно является конечным.

В летнее время к этой цепи подключаются лемминги и многочисленные водно-болотные птицы (гуси, утки, кулики и др.), прилетающие в тундру для выведения птенцов, а также такие хищники, как песец и заходящий с моря белый медведь. В результате трофическая цепь разрастается в трофиче-

скую сеть, и перенос вещества по ней становится более сложным процессом. Человек собирает свою «дань» с каждого звена цепи, в том числе со звена продуцентов, собирая «олений мох» для использования в лекарственных целях [2]. Вдобавок жители побережья Северного Ледовитого океана — как коренное, так и приезжее население — в качестве пищевого ресурса активно используют рыбу.

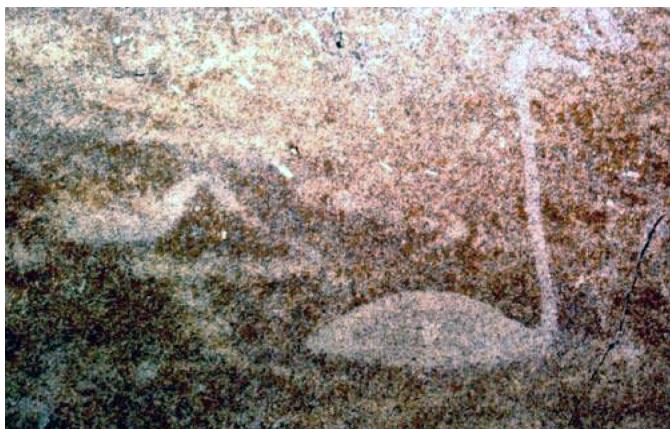
Хотя большинство морских млекопитающих (киты, моржи) включены в Красные книги разных уровней, но коренному населению охота на них разрешена (рис. 1, 2), так что обитателей прибрежных вод шельфовых морей Северного Ледовитого океана также можно считать звеньями трофических цепей, содержащих антропическое звено. Таким образом, все обитатели биома тундры, включая человека, оказываются, по выражению солиста рок-группы «Наутилус» Вячеслава Бутусова, «скованными одной цепью».

Охота и рыболовство всегда были неотъемлемой частью жизни людей в Арктике [5, 6, 7, 8]. Об этом свидетельствуют многочисленные датируемые каменным веком находки орудий рыбного лова и звериного промысла, петроглифы на побережьях Белого моря и Онежского озера, сооруженные



**Рис. 2.** Охота инуитов на нарвалов (Гренландия, 1990 г.). Фото: National Geographic, 1990

**Fig. 2.** Inuit narwhale hunting (Greenland, 1990). Photo: National Geographic, 1990



**Рис. 3.** Лебеди (слева) и лоси (справа) — объекты охоты людей каменного века на петроглифах побережий Онежского озера (слева) и Белого моря (справа) (фото А.Н. Завьяловой и М.Б. Шилина)

**Fig. 3.** Swans (left) and elks (right) — objects of hunting by Stone Age people on petroglyphs of the shores of Lake Onega (left) and the White Sea (right) (photo by A.N. Zavyalova and M.B. Shilin)

из китовых костей «аллеи китов» в Гренландии и на Чукотке, а также изображения сцен охоты на клыках моржей, широкое использование в быту северных народов шкур оленей и — в меньшей степени — белых медведей и др. (рис. 3).

Антропогенное давление на биологические сообщества возросло с ростом численности населения Арктики (главным образом приезжего), которое вдобавок стало использовать все более эффективные методы промысла биоресурсов, в том числе крупные и быстроходные рыболовецкие суда, а также и лодки, усовершенствованные ружья с увеличенной дальностью боя и мелкочаечистые рыболовные сети. В результате численность многих видов фауны, являвшихся промысловыми (гренландский кит, котик, калан), сократилась до критической, а наиболее удобные объекты охоты — морская корова, евразийский овцебык, бескрылая гагарка — оказались полностью истребленными. В настоящее время приняты меры по охране уязвимых видов зверей и птиц; проведены мероприятия по реинтродукции в таймырскую тундру овцебыка.

Определенные изменения в тундровые пищевые цепи и сети внесли домашние собаки — сторожевые, ездовые и пр. У коренного населения действует правило кормить собак мороженой рыбой, а в летнее время они охотятся в тундре на леммингов и подросших птенцов гусей и уток — так что они «встроены» как в тундровые, так и в прибрежно-морские трофические цепи.

## 2. Тундра и ее обитатели — поглотители загрязняющих веществ

В дополнение к таким традиционным факторам антропогенного воздействия на арктические экосистемы, как охота, морской промысел и рыболовство, начиная с XIX века проблемой для биома тундры стало загрязнение природной среды химическими веществами [6, 9–13], в том числе радиоактивными [14]. Последнее является следствием проведения Советским Союзом испытаний ядерного оружия в 1955–1990 гг. на Новой Земле.

Загрязнение тундры тяжелыми металлами — прежде всего свинцом и ртутью — началось в период ранней индустриализации в 1850-е годы и продолжается по сей день [6, 13, 15–17]. После окончания Второй мировой войны в мире началось массовое использование промышленных химикатов и пестицидов. Многие из этих веществ оказались стойкими: внести их в природную среду оказалось легче, чем вывести. Эти вещества начиная с 1950-х гг. стали широко использоваться в хозяйстве практически всех стран, не исключая Советский Союз, в качестве пестицидов, инсектицидов, топливных присадок, технических смазок, красок, герметиков, растворителей и др. Подавляющее большинство этих веществ синтезировано человеком искусственно и не имеет аналогов в природе, то есть они являются ксенобиотиками — чуждыми для живых организмов соединениями. При попадании в организм животного (и человека) эти вещества вызывают отравление — и иногда смертельное.

Их важной и опасной экологической особенностью является способность накапливаться в пищевых цепях, передаваясь от звена к звену и достигая максимальных концентраций в конечных звеньях. По совокупности перечисленных особенностей этим веществам присвоено общее название — стойкие токсичные вещества (СТВ). Наиболее распространенными СТВ являются дихлордифенил-трихлорэтаны (ДДТ), полихлорированные дibenзодиоксины, полихлорированные бифенилы (ПХБ), хлорданы и др. Изначально особо опасные СТВ называли «грязной дюжиной», но впоследствии их список был значительно расширен.

Коварство СТВ заключается в том, что они не имеют вкуса и запаха, токсичны даже в очень малых концентрациях, устойчивы к термическому разрушению и гидролизу — то есть могут долго сохраняться в той среде, в которую были внесены. Благодаря низкой растворимости в воде и летучести СТВ могут переноситься атмосферными потоками, океаническими и речными течениями. Попадая в ткани рыб, птиц и млекопитающих, СТВ разносятся этими биологическими агентами на десятки тысяч километров, иногда — против воздушных и водных потоков.

Биом тундры является одним из мест концентрации СТВ. Они обычно образуются в результате промышленных и бытовых выбросов в регионах с умеренным климатом и разносятся по всей биосфере глобальными атмосферными и океаническими путями. Токсиканты, переносимые теплыми воздушными потоками, осаждаются при столкновении с холодными арктическими воздушными фронтами, что приводит к их осаждению в природной среде Арктики [13, 16, 18–20].

В 1950–2020-х гг. в биом тундры был привнесен целый ряд антропогенных хлорированных, бромированных и фторированных СТВ. Большинство из них встроились в тундровые трофические цепи и в настоящее время обнаруживаются в тканях различных арктических животных, прежде всего в жировых отложениях и в тканях печени.

Арктические рыбы и наземные животные биома тундры используют богатые энергией жировые ткани как основной источник энергии [21–24]. В жировых тканях обычно содержатся различные природные липо-

фильные соединения, такие как специфические витамины (А и Д) и эндогенные стероидные гормоны, которые транспортируются в организме через порталную и периферическую кровеносные системы [11, 15, 17, 22, 24, 25]. Однако большинство СТВ и ментилртуть  $[\text{CH}_3\text{Hg}]^+$  — чрезвычайно токсичное и биодоступное химическое соединение — также обладают высокой липофильностью и поэтому легко накапливаются в жировых тканях, богатых липидами.

Низкий уровень выведения этих соединений из организма приводит к тому, что со временем происходит их накопление в различных органах (прежде всего в печени), называемое биоаккумуляцией. Передаваясь по пищевой цепи от добычи к хищнику, данные вещества накапливаются в конечных звеньях цепи [26, 27].

Коренные северяне и их собаки также являются активными поглотителями СТВ из-за традиционного потребления мяса северных оленей, китов, водоплавающих птиц, а также рыбы [28, 29]. Новые перфторированные соединения (поли- и перфторалкильные вещества), в частности перфтороктансульфонат и другие длинноцепочечные поли- и перфторкарбоновые кислоты, являются белковофильтральными и также накапливаются в организмах животных из-за высокой устойчивости к биологической деградации [16, 21]. Анализ мяса крупных морских млекопитающих, которыми преимущественно питаются инуиты, показал, что в нем в высоких концентрациях содержатся СТВ, причем среди них продолжают доминировать и представляют наибольшую опасность ПХБ — несмотря на то, что они были запрещены к использованию несколько десятилетий назад. Другие СТВ, в том числе хлорорганические пестициды, бромированные антиприрены, поли- и перфторалкильные вещества и ртуть, также могут содержаться в концентрациях, опасных для представителей высших звеньев трофических цепей, в том числе людей [9, 11, 15, 21, 24, 30].

### 3. Воздействие факторов дикой природы на здоровье человека в Арктике

СТВ и ртуть представляют серьезную угрозу для конечных звеньев пищевых цепей в Арктике (как тундры, так и шельфовых

морей Северного Ледовитого океана), равно как и людей, поскольку эти антропогенные соединения и их метаболиты, попадая в организм, вызывают хронический и комбинированный стресс, проявляющийся в виде ряда последствий для здоровья [21–23, 31, 32].

У белых медведей до 70 % общего количества хлорорганических веществ, поступающих в организм, переносится от матери к детенышу в период лактации, в результате чего концентрация этих веществ в жировой ткани детенышей примерно в три раза выше, чем у их матерей [34–37]. Считается, что первые детеныши белых медведей особенно уязвимы; высокое содержание загрязняющих веществ в молоке впервые кормящей самки может повлиять на их нормальное развитие и рост [22, 23]. Предполагается, что хлорированные и бромированные СТВ, по отдельности или все вместе, являются гораздо лучшими предикторами снижения плотности популяций белого медведя, чем плотность популяции человека и сокращение площади морского льда [38–41].

Хищные и рыбоядные китообразные и ластоногие, а также белые медведи содержат в своем жире очень высокие концентрации СТВ и ртути [10, 11, 21, 26, 41]. Поскольку гренландцы традиционно употребляют в пищу значительное количество жировой ткани этих видов, они являются одним из арктических народов, наиболее подверженных воздействию СТВ [12, 13, 42, 43]. Такое воздействие, вероятно, представляет высокий риск для здоровья [43, 44]. Воздействие загрязняющих веществ на человека в Гренландии оценивалось на основе химических анализов жировой ткани видов-жертв и объемов потребления человеком пищи [12, 45–47]. Охотники в Гренландии особенно подвержены воздействию высоких концентраций СТВ из-за частого употребления в пищу тканей белых медведей, косаток, нарвалов и тюленей [13, 43, 48–52]. Концентрация поли- и перфторалкильных веществ в крови мужчин-инуитов из Восточной Гренландии может быть в два-три раза выше, чем у жителей Фарерских островов, в рационе которых мясо морских млекопитающих отсутствует (за исключением гринд) [51, 50, 53].

Воздействие ртути также представляет большую опасность для человека и призна-

но проблемой нейроэндокринного и иммунного здоровья в обществах Фарерских островов, Западной Гренландии (Авандерсак, Туле) и Канады [17, 30, 54].

#### 4. Мониторинг здоровья дикой природы

Знаковым событием явилось введение в мировую науку по результатам Конференции ООН по проблемам окружающей среды человека в 1972 г. термина «мониторинг», под которым было предложено понимать систему регулярных многолетних наблюдений за природными объектами, подвергающимися антропогенному воздействию [55].

От СССР в Конференции принял участие директор Института прикладной геофизики АН СССР, первый заместитель начальника Главного управления Гидрометеослужбы при Совете Министров СССР Ю.А. Израэль, предложивший развивать методы контроля за поступлением загрязняющих веществ в природную среду и изучение воздействия поллютантов даже в предельно малых концентрациях на биоту [55, 56]. Этот подход принято называть «антропогенным мониторингом», принципы которого в настоящее время отрабатываются в России при проведении наблюдений в Арктической зоне Российской Федерации.

В 1991 г. стартовала международная Программа арктического мониторинга и оценки — АМАП (англ. AMAP). АМАП разработана министерствами восьми арктических стран. Она направлена на изучение уровня антропогенных поллютантов и на оценку их влияния на все уровни жизни окружающей среды Арктики. Результаты выполнения программы АМАП позволяют получить объективные оценки состояния природной среды, растительного и животного мира Арктики [6, 9–13, 30, 41, 49].

Таким образом, в течение трех десятилетий программа АМАП и связанные с ней подпрограммы отслеживают состояние здоровья диких животных и людей биома тундры [6, 10, 12, 30, 41, 57, 58]. Для изучения концентраций загрязняющих веществ, пространственных и временных тенденций, а также воздействия на человека в рамках этих программ в качестве ключевых видов для мониторинга используются преимущественно кольчатые нерпы и белые медведи [21, 59].

С 1980-х годов в регионе Восточной Гренландии было получено большое количество образцов органов и тканей белых медведей в рамках традиционной охоты коренного населения [17]. Эти исследования предоставили уникальную возможность изучить воздействие СТВ на отдельные органы и ткани медведей [22]. В частности, проведены гистопатологические и анатомо-морфологические исследования их костей [22, 23, 60, 61]. Аналогичным образом в Канаде и на Аляске были собраны образцы жировой ткани и крови кольчатых нерп — объектов охоты коренного населения, что позволило выявить закономерности распространения загрязнения СТВ [21]. Анализ плотности костной ткани и гистопатологические исследования были проведены на популяциях кольчатых нерп в Западной Гренландии [62, 63]. На Аляске аналогичные исследования выполнены на белых медведях, кольчатых нерпах и китах [64–66].

Использование некоторых из СТВ, таких как ПХБ и ртуть, регулируется международными соглашениями (<http://chm.pops.int>, <http://www.mercuryconvention.org>), однако их концентрация в организмах белых медведей, обитающих, например, в Гренландии и заливе Гудзона, практически не изменилась или даже увеличилась [15, 17, 20, 27, 57, 67]. Вероятно, это связано с влиянием изменения климата на пищевые цепочки, передачей СТВ из поколения в поколение, а также продолжающимися вторичными и непреднамеренными выбросами [17, 19, 27, 58]. Что касается ртути, то ее содержание в организме большинства высших хищников в Арктике постоянно увеличивается, достигнув к настоящему времени 20-кратного превышения базового уровня доиндустриальной эпохи [15, 17, 68, 69].

По данным АМАР, на арктической территории России концентрация веществ из списка «грязной дюжины» в целом ниже, чем в Гренландии, Канаде (Гудзонов залив) и на Аляске.

## 5. Биологические эффекты

### 5.1. Хронические заболевания

Хронические заболевания, в том числе диабет, инфекции верхних дыхательных путей и рецидивирующие инфекции среднего уха, рак и остеопороз, становятся эпидемиями

в биоме тундры и в Арктике в целом (включая зону шельфа). С высокой вероятностью эти заболевания могут быть вызваны хроническим воздействием СТВ и связанным с этим нарушением работы эндокринной системы [10, 12, 70].

### 5.2. Изменения минеральной плотности костной ткани

Снижение минеральной плотности костной ткани, связанное с воздействием ПХБ, отмечено не только у водных животных Арктики (белые медведи, моржи, нарвалы) [22, 61], но и по всему миру — например, у ластоногих Балтики и аллигаторов Флориды, США [75–78].

Исследования, проведенные среди жителей Юго-Западной Гренландии и женщин-кри из восточной части залива Джеймс в Канаде, посвященные остеопорозу в связи с воздействием СТВ, показали, что индекс жесткости костной ткани отрицательно коррелирует с концентрацией СТВ в плазме крови [12, 13, 77, 79].

### 5.3. Эндокринные нарушения и репродуктивные органы

Нарушение работы эндокринной системы из-за воздействия СТВ, вероятно, является серьезной проблемой для дикой природы Арктики [45, 80, 81]. В последние десятилетия особое внимание уделялось белым медведям [45, 81]. Эти исследования были подкреплены контрольными экспериментами на ездовых собаках и песцах [45]. Аналогичным образом у инуитов нарушение эндокринной системы, связанное с СТВ, влияет на физиологические показатели, в том числе на репродуктивную функцию, иммунитет и частоту онкологических заболеваний [43, 82].

Обнаружено, что сезонные гормональные изменения и выработка спермы у песцов зависят от концентрации СТВ в репродуктивных органах [86, 87]. Также есть признаки того, что размер кости пениса, яичек и яичников белых медведей обратно пропорционален концентрации СТВ [61, 85]. Такая информация может быть полезна в медицине, когда имеются подозрения, что СТВ оказывают эндокринное воздействие на человека.

#### 5.4. Иммунные эффекты

Уже в течение многих лет известно, что СТВ влияют на иммунитет, и хотя механизмы подавления ими иммунитета до конца не изучены, но ясно, что они включают в себя как гуморальные, так и клеточные системы [10, 88–92]. Сообщается о влиянии загрязняющих веществ на иммунную систему диких животных Арктики. Это свидетельствует о том, что концентрации СТВ в настоящее время достигают уровня, способного вызвать значительные изменения в иммунной системе млекопитающих, в том числе человека, а это может иметь серьезные последствия для их устойчивости к болезням.

Эксперименты *in vitro*, в ходе которых иммунные клетки подвергались воздействию загрязняющих веществ в лабораторных условиях для определения степени и уровня воздействия, также проводились на представителях дикой природы Арктики. Было обнаружено, что ПХБ, но не ПФАС, вызывают у тюленей значительное подавление пролиферации лимфоцитов при соответствующих концентрациях в окружающей среде [97]. Лейкоциты белухи также использовались для демонстрации того, что воздействие низких уровней ртути может привести к значительному снижению пролиферации лимфоцитов и выработки внутриклеточных тиолов, а также к значительному увеличению выработки металлотионеина [98]. В целом исследования диких животных и эксперименты *in vitro* показывают, что высокая концентрация загрязняющих веществ в Арктике может вызывать у них подавление иммунитета [13, 82, 99–102]. Если СТВ подавляют иммунный ответ организма, то в недалеком будущем это может сказать на скорости распространения в тундре как среди местного, так и приезжего населения туберкулеза, кишечных заболеваний, гепатитов, зоонозных и паразитарных заболеваний, а также и ВИЧ.

#### 5.5. Неврологические эффекты

Многочисленные загрязняющие вещества в окружающей среде могут проникать через гематоэнцефалический барьер, влиять на функционирование мозга и, соответственно, на поведение животных, в частности на спаривание, мотивацию, коммуникацию, агрессию, доминирование и другие социальные проявления, а также на обучение

и другие когнитивные способности [31, 103]. СТВ могут влиять на функции или развитие мозга множеством способов — например, взаимодействуя с нейромедиаторными системами мозга [109]. Кроме того, способность некоторых СТВ вызывать эпигенетические изменения может представлять собой механистический путь нарушения развития нервной системы [111–113]. У белых медведей были обнаружены связи между нейрохимическими и эпигенетическими биомаркерами и уровнем ртути в тканях мозга [17, 114, 115].

Другой предполагаемый механизм нейротоксического воздействия на развитие связан с нарушением выработки гормонов щитовидной железы, необходимых для правильного развития нервной системы плода и новорожденного [117, 118]. Высокий уровень СТВ, обнаруженный у 4-месячных детеныш белых медведей [37], и связанные с этим нарушения работы щитовидной железы у детеныш [119, 120] вызывают опасения по поводу влияния на развитие нервной системы у белых медведей.

#### 5.6. Множественные стрессоры

Арктические экосистемы подвергаются воздействию не только загрязняющих веществ, но и множеству иных стрессовых факторов. Два основных дополнительных аспекта, которые следует учитывать при изучении здоровья зверей и людей в Арктике, — это изменение климата и инфекционные заболевания. Изменение климата оказывает двойное воздействие: оно изменяет пути распространения загрязняющих веществ в пищевых цепочках [67, 121] и способствует распространению и усилению вирулентности связанных со льдами зоонозных заболеваний, переносимых, например, тюленями [122–124].

Следствием потепления климата может стать проникновение в тундру из регионов с более мягким климатом зоонозных инфекций и паразитарных болезней, возбудители которых передаются человеку от других животных. Здесь следует отметить реальную угрозу внедрения в биом тундры энцефалитного клеща, ареал распространения которого в последние годы постоянно расширяется. Прочими возбудителями зоонозов, по данным АМАР, могут стать вирусы, бактерии, простейшие, грибки и гель-

минты. У инуитов и ездовых собак общий микробиом, что повышает риск зоонозных инфекций [87].

Прогнозируемые потери морского льда могут иметь важные последствия для связанных со льдом таких хищников, как белые медведи [128–132]. Это связано с тем, что они занимают большие территории и нуждаются в большем количестве энергии, а значит в большем количестве пищи, что может привести к повышению концентрации ПХБ в их крови [133, 134]. В некоторых регионах сокращение площади морского льда уже привело к изменениям в распространении тех видов тюленей, на которых охотятся белые медведи, а это привело к повышенному биоаккумулированию некоторых СТВ, поскольку медведями потребляется больше загрязненной добычи [67, 135]. Изменение рациона в сторону питания растениями и ягодами снизит, а мясом карibu и яйцами морских птиц — увеличит воздействие СТВ [136–138]. Кроме того, вызванная потеплением климата миграция в Арктику тепловодных видов рыб [139, 140] может действовать как биопереносчик, повышая уровень загрязняющих веществ в морских арктических экосистемах [141, 142], что в конечном счете приведет к повышенному биоаккумулированию этих соединений в организме человека и других высокотрофных морских животных [81, 121].

Потепление климата и таяние вечной мерзлоты неизбежно приведет к переходу многих веществ и патогенной микрофлоры из замороженного состояния в активное. Из-за возрастающей частоты природных катастрофических явлений в тундровом биоме (штормов, землетрясений, интенсивного дрейфа льда, карста и др.) ускорятся переносы загрязняющих веществ на большие расстояния. Повышение уровня Мирового океана (в нашем случае — Северного Ледовитого) вызовет размытие береговой линии и, как следствие, приведет к попаданию в воду накапливавшихся в береговой зоне веществ, воздействие которых на диких животных и человека непредсказуемо [143].

## 5.7. Перспективы и рекомендации

Для оптимизации прогнозирования рисков для здоровья, связанных с воздействием загрязняющих веществ на экосистемном

и индивидуальном уровнях, необходимы дальнейшие исследования токсикокинетики и токсикодинамики СТВ и ртути в дикой природе Арктики и в организмах местных жителей в условиях меняющихся условий.

В настоящее время проводятся обширные и глубокие исследования распространения арктических зоонозов и их влияния на здоровье человека, а также их взаимодействия с изменением климата и воздействием загрязняющих веществ. Дополнительные усилия прилагаются в сфере просвещения населения — как коренного, так и приезжего.

Выполненный обзор исследований, проведенных в арктической тундре и прилегающих шельфовых морях, убедительно показывает, что концентрация природоохранных усилий на каком-либо одном звене трофических цепей и трофической сети в целом не будет эффективным решением задачи борьбы с загрязнением. Растения, дикие животные Арктики и человек поистине, по словам Вячеслава Бутусова, «скованы одной цепью» — трофической.

Перспективной представляется концепция «Единое здоровье», направленная на сохранение всех звеньев трофической сети Арктики и в конечном счете — на улучшение здоровья и благополучия людей за счет предотвращения рисков и смягчения последствий кризисов, возникающих на стыке между людьми, животными и окружающей средой (<http://www.onehealthglobal.net>). Учитывая тесную связь между дикой природой, ездовыми собаками и людьми в Северной Атлантике, а также долгосрочные программы биомониторинга с использованием различных ветеринарных инструментов на протяжении последних трех десятилетий, подход «Единое здоровье» в Арктике требует сосредоточения внимания на всех ключевых видах и областях исследований, которые связывают здоровье дикой природы, людей и экосистем в целом [87].

Результаты исследований обладают высокой научной новизной и могут быть использованы при разработке методов управления развитием арктических регионов [150–152].

Исследования выполнены в рамках государственного задания, проект FSZU-2023-0002 (РГГМУ).

## Литература

1. Одум Ю. Основы экологии. Москва: Мир; 1975. [Odum Yu. Fundamentals of ecology. Moscow: Mir Publ.; 1975. (In Russ.)].
2. Федоров М.П., Шилин М.Б., Блинов Л.Н., Бобылев Н.Г., Молодкина Л.М., Романов М.В. Экологические основы управления природно-техническими системами. СПб.: изд-во Политехнического ун-та; 2007. [Fedorov M.P., Shilin M.B., Blinov L.N., Bobylev N.G., Molodkina L.M., Romanov M.V. Ecological foundations of natural and technical systems management. St. Petersburg: Publishing House of the Polytechnic University; 2007. (In Russ.)].
3. Odum E. Ecology — A Bridge Between Science and Society. Sinauer Ass.; 1997.
4. Элтон Ч. Экология животных. Москва — Ленинград: Гос. изд-во биол. и мед. лит-ры; 1934. [Elton Ch. Animal ecology. Moscow — Leningrad: Гос. изд-во биол. и мед. лит-ры; 1934. (In Russ.)].
5. Крупник И.И. Арктическая этноэкология: модели традиционного природопользования морских охотников и оленеводов Северной Евразии. Москва: Наука; 1989. [Krupnik I.I. Arctic Ethnoecology: models of traditional nature management of marine hunters and reindeer herders of Northern Eurasia. Moscow: Nauka Publ.; 1989. (In Russ.)].
6. AMAP. Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) [internet]. Oslo, Norway; 1998. Available at: [https://gridarendal-web-site-live.s3.amazonaws.com/production/documents/s\\_document/821/original/AMAP\\_1.pdf?1629126805](https://gridarendal-web-site-live.s3.amazonaws.com/production/documents/s_document/821/original/AMAP_1.pdf?1629126805)
7. Малори Ж. Аллея китов. Москва: Нота бене; 2007. [Malori Zh. Whale Alley. Moscow: Nota bene; 2007. (In Russ.)].
8. Айтматов Ч.Т. Пегий пес, бегущий краем моря. Москва: Азбука; 2024. [Aitmatov Ch.T. A piebald dog running along the edge of the sea. Moscow: Azbuka Publ.; 2024. (In Russ.)].
9. AMAP. AMAP assessment 2002 — Human Health in the Arctic 2003 [internet]. Oslo, Norway; 2003. Available at: <https://www.apmap.no/documents/doc/amap-assessment-2002-human-health-in-the-arctic/95>
10. AMAP. AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic [internet]. Oslo, Norway; 2004. Available at: <https://www.apmap.no/documents/doc/amap-assessment-2002-persistent-organic-pollutants-in-the-arctic/96>
11. AMAP. AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic [internet]. Oslo, Norway; 2005. Available at: <https://www.apmap.no/documents/doc/amap-assessment-2002-heavymetals-in-the-arctic/97>
12. AMAP. AMAP Assessment 2009: Human Health in the Arctic [internet]. Oslo, Norway; 2009. Available at: <https://www.apmap.no/documents/doc/amap-assessment-2009-human-health-in-the-arctic/98>
13. AMAP. AMAP Assessment 2015: Human Health in the Arctic [internet]. Oslo, Norway; 2009. Available at: <https://www.apmap.no/documents/doc/Amapassessment-2015-Human-health-in-the-Arctic/1346>
14. Shilin M. Radioactive contamination of Russia's Northern Seas: how to evaluate a real treat. The Monitor. 1998;4(4):52–53.
15. Dietz R., Outridge P.M., Hobson K.A. Anthropogenic contribution to mercury levels in present-day Arctic animals — a review. Sci. Total Environ. 2009;407(24):6120–6131. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.036>
16. Muir D.C.G., de Wit C.A. Trends of legacy and new persistent organic pollutants in the circumpolar Arctic: overview, conclusions, and recommendations. Sci. Total Environ. 2010;408(15):3044–3051. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.11.032>
17. Dietz R., Basu N., Braune B., O'Hara T., Letcher R., Scheuhammer T., et al. What are the toxicological effects of mercury in Arctic biota? Sci. Total Environ. 2013;443:775–790. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.046>
18. Butt C.M., Berger U., Bossi R., Tomy G.T. Levels and trends of poly- and perfluorinated compounds in the Arctic environment. Sci. Total Environ. 2010;408(15):2936–2965. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.03.015>
19. Houde M., De Silva A.O., Muir D.C.G., Letcher R.J. Monitoring of perfluorinated compounds in aquatic biota: an updated review. Environ. Sci. Technol. 2011;45(19):7962–7973. <https://doi.org/10.1021/es104326w>

20. Rigét F., Vorkamp K., Bossi R., Sonne C., Letcher R.J., Dietz R. Twenty years of monitoring of persistent organic pollutants in Greenland biota. A review. *Environ. Pollut.* 2016;217:114–123. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.11.006>
21. Letcher R.J., Bustnes J.O., Dietz R., Jنسen B.M., Jørgensen E.H., Sonne C. et al. Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish. *Sci. Total Environ.* 2010;408(15):2995–3043. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.038>
22. Sonne C. Health effects from long-range transported contaminants in Arctic top predators: an integrated review based on studies of polar bears and relevant model species. *Environ. Int.* 2010;36(5):461–491. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.03.002>
23. Sonne C., Letcher R.J., Bechshøft T.Ø., Rigét F.F., Muir D.C.G., Leifsson P.S. et al. Two decades of biomonitoring polar bear health in Greenland: a review. *Acta Vet. Scan.* 2012;54:S15. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-54-S1-S15>
24. Brown T.M., Macdonald R.W., Muir D.C.G., Letcher R.J. The distribution and trends of persistent organic pollutants and mercury in marine mammals from Canada's Eastern Arctic. *Sci. Total Environ.* 2017;618:500–517. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.052>
25. Tartu S., Bourgeon S., Aars J., Andersen M., Polder A., Thiemann G.W., Welker J.M., Routti H. Sea ice-associated decline in body condition leads to increased concentrations of lipophilic pollutants in polar bears (*Ursus maritimus*) from Svalbard, Norway. *Sci. Total Environ.* 2017;576:409–419. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.132>
26. Pedro S., Boba C., Dietz R., Sonne C., Rosing-Asvid A., Hansen M., Provatas A., McKinney M.A. Blubber-depth distribution and bioaccumulation of PCBs and organochlorine pesticides in Arctic-invading killer whales. *Sci. Total Environ.* 2017;601–602:237–246. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.193>
27. Letcher R.J., Morris A.D., Dyck M., Sverko E., Reiner E., Blair D.A.D., Chu S. G., Shen L. Legacy and (re)emerging halogenated persistent organic pollutants in polar bears from a contamination hotspot in the Arctic, Hudson Bay Canada. *Sci. Total Environ.* 2018;610–611:121–136. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.035>
28. Kirkegaard M., Sonne C., Dietz R., Jنسen B.M., Leifsson P.S., Jensen J.E.B., Letcher R. J. Testosterone concentrations and male genital organ morphology in Greenland sled dogs (*Canis familiaris*) dietary exposed to organohalogen contaminants. *Toxicol. Environ. Chem.* 2010;92(5):955–967. <https://doi.org/10.1080/02772240903143836>
29. Sonne C., Kirkegaard M., Jacobsen J., Jنسen B.M., Letcher R.J., Dietz R. Altered 25-hydroxyvitamin D<sub>3</sub> in liver tissue from Greenland sledge dogs (*Canis familiaris*) dietary exposed to organohalogen polluted minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) blubber. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2014;104:403–408. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.11.017>
30. AMAP. AMAP Assessment 2013: Arctic Ocean Acidification [internet]. Oslo, Norway; 2013. Available at: [https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc1258544/m2/1/high\\_res\\_d/АОA-science-sec.pdf.pdf](https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc1258544/m2/1/high_res_d/АОA-science-sec.pdf.pdf).
31. Grandjean P., Landrigan P.J. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *Lancet.* 2006;368(9553):2167–2178. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(06\)69665-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(06)69665-7)
32. Jنسen B.M., Dehli Villanger G., Gabrielsen K.M., Bytingsvik J., Ciesielski T.M., Sonne C., Dietz R. Anthropogenic flank attack on polar bears: interacting consequences of climate warming and pollutant exposure. *Front. Ecol.* 2015;(3):1–7. <https://doi.org/10.3389/fevo.2015.00016>
33. Polischuk S.C., Norstrom R.J., Ramsay M.A. Body burdens and tissue concentrations of organochlorines in polar bears (*Ursus maritimus*) vary during seasonal fasts. *Environ. Pollut.* 2002;118(1):29–39. [https://doi.org/10.1016/s0269-7491\(01\)00278-0](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(01)00278-0)
34. Dietz R., Rigét F.F., Sonne C., Letcher R.J., Born E.W., Muir D.C.G. Seasonal and temporal trends in polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*), 1990–2001 // *Sci Total Environ.* 2004;331(1-3):107–124. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.025>
35. Muir D.C.G., Backus S., Derocher A.E., Dietz R., Evans T.J., Gabrielsen G.W. et al. Brominated flame retardants in polar bears (*Ursus maritimus*) from Alaska, the Canadian Arctic, East Greenland, and Svalbard. *Environ. Sci. Technol.* 2006;40(2):449–455. <https://doi.org/10.1021/es051707u>
36. Dietz R., Rigét F.F., Sonne C., Muir D.C.G., Backus S., Born E.W., Kirkegaard M., Muir D.C.G. Age and seasonal variability of polybrominated diphenyl ethers in free-ranging East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*). *Environ. Pollut.*, 2007;146(1):177–184. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.05.040>

37. Bytingsvik J., Lie E., Aars J., Derocher A.E., Wiig Ø., Janssen B.M. PCBs and OH-PCBs in polar bear mother-cub pairs: a comparative plasma levels in 1998 and 2008. *Sci. Total Environ.* 2012;417-418:117–128. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.12.033>
38. Nijhuis R.J.M., Hendriks A.J., Janssen B.M., Schipper A.M. Circumpolar contaminant concentrations in polar bears (*Ursus maritimus*) and potential population-level effects. *Environ. Res.* 2016;151:50–57. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.021>
39. Dietz R., Gustavson K., Sonne C., Desforges J.P., Rigét F.F., McKinney M.A., Letcher R.J. Physiologically-based pharmacokinetic modelling of immune, reproductive and carcinogenic effects from contaminant exposure in polar bears (*Ursus maritimus*). *Environ. Res.* 2015;140:45–55. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.03.011>
40. Pavlova V., Grimm V., Dietz R., Sonne C., Vorkamp K., Rigét F.F. et al. Modelling population level effects of PCB contamination in East Greenland polar bears. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2016;70:143–154. <https://doi.org/10.1007/s00244-015-0203-2>
41. AMAP. AMAP Assessment 2018: Biological Effects of Contaminants on Arctic Wildlife and Fish. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) [internet]. Oslo, Norway; 2018. Available at: <https://www.apam.no/documents/doc/amap-assessment-2018-biological-effects-of-contaminants-on-arctic-wildlife-and-fish/1663>.
42. Lindh C.H., Rylander L., Toft G., Axmon A., Rignell-Hydbom A., Giwercman A. et al. Blood serum concentrations of perfluorinated compounds in men from Greenlandic Inuit and European populations. *Chemosphere*, 2012;88(11):1269–1275. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.03.049>
43. Sonne C., Dietz R., Letcher R.J. Chemical cocktail party in East Greenland: a first time evaluation of human organohalogen exposure from consumption of ringed seal and polar bear tissues and possible health implications. *Toxicol. Environ. Chem.* 2013;95(5):853–859. <https://doi.org/10.1080/02772248.2013.809917>
44. Wielsoe M., Kern P., Bonefeld-Jørgensen E.C. Serum levels of environmental pollutants is a risk factor for breast cancer in Inuit: a case control study. *Environ. Health*, 2017;16:56. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0269-6>
45. Deutel B., Dyerberg J., Pedersen H.S., Asmund G., Møller P., Hansen J.C. Dietary composition and contaminants in north Greenland, in the 1970s and 2004. *Sci. Total Environ.* 2006;370:372–381. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.07.015>
46. Johansen P., Muir D.C.G., Asmund G., Rigét F.F. Human exposure to contaminants in the traditional Greenland diet. *Sci. Total Environ.* 2004;331(1-3):189–206. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.029>
47. Nielsen E., Larsen J.C., Ladefoged O. Risk assessment of contaminant intake from traditional Greenland food items [internet]. Danish Veterinary and Food Administration; 2006. Available at: [https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/3563700/Risk\\_assesment\\_traditional\\_Greenland\\_food\\_items.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/3563700/Risk_assesment_traditional_Greenland_food_items.pdf).
48. Bonefeld-Jørgensen E. Biomonitoring in Greenland: human biomarkers of exposure and effects—a short review. *Rural Remote Health*. 2010;10:1362. <https://doi.org/10.22605/rrh1362>
49. AMAP. AMAP Assessment 2011: Mercury in the Arctic [internet]. Oslo, Norway; 2011. Available at: <https://www.apam.no/documents/doc/amap-assessment-2011-mercury-in-the-arctic/90>.
50. Grandjean P., Satoh H., Murata K., Eto K. Adverse effects of methylmercury: environmental health research implications. *Environ. Health Perspect.* 2010;118(8):1137–1145. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901757>
51. Long M., Bossi R., Bonefeld-Jørgensen E.C. Level and temporal trend of perfluoroalkyl acids in Greenlandic Inuit. *Int. J. Circumpolar health*. 2012;71(1):17998. <https://doi.org/10.3402/ijch.v71i10.17998>
52. Sonne C., Gustavson K., Rigét F.F., Dietz R., Krüger T., Bonefeld-Jørgensen E.C. Physiologically based pharmacokinetic modeling of POPs in Greenlanders. *Environ. Int.* 2014;64:91–97. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.12.006>
53. Bonefeld-Jørgensen E., Long M., Bossi R., Ayotte P., Asmund G., Krüger T. et al. Perfluorinated compounds are related to breast cancer risk in Greenlandic Inuit: a case control study. *Environ. Health*, 2011;10:88. <https://doi.org/10.1186/1476-069x-10-88>
54. Grandjean P., Landrigan P.J. Neurobehavioural effects of development toxicity. *The Lancet Neurology*. 2014;13(3):330–338. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(13\)70278-3](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(13)70278-3)
55. Погребов В.Б., Шилин М.Б. Экологический мониторинг прибрежной зоны арктических морей. СПб.: Гидрометеоиздат; 2001. [Pogrebov V.B., Shilin M.B. Environmental monitoring of the coastal zone of the Arctic seas. St. Petersburg: Gidrometeoizdat Publ.; 2001. (In Russ.)].

56. Сnyтko B.A., Сobisevich A.V. Система экологического мониторинга в научном наследии академиков И. П. Герасимова и Ю. А. Израэля. Архивная копия от 4 апреля 2022 на Wayback Machine. В: Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование: тр. пятой междунар. науч.-практ. конф., 30 нояб. – 3 дек. 2017 г.: сб. ст. Москва; 2017, с. 393–398. [Snnytko V.A., Sobisevich A.V. *System of environmental monitoring in the scientific heritage of academicians I. P. Gerasimov and Yu. A. Israel. Archived copy dated April 4, 2022 on the Wayback Machine. In: Environmental status indication: theory, practice, education: proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference, Nov 30 – Dec 3. 2017: sat. art. Moscow; 2017, pp. 393–398. (In Russ.)*].

57. Dietz R., Born E.W., Rigét F.F., Aubail A., Sonne C., Drimmei R.C., Basu N. Temporal trends and future predictions of mercury concentrations in Northwest Greenland polar bear (*Ursus maritimus*) hair. *Environ. Sci. Technol.* 2011;45(4):1458–1465. <https://doi.org/10.1021/es1028734>

58. Innovative Digital Technologies Development for Projects Management within Northern Sea Route Area / V. M. Abramov, E. P. Istomin, N. N. Popov [et al.] // Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations through Sustainable Economic Competitive Advantage: Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2019, Madrid, 13–14 November 2019. — Madrid: International Business Information Management Association, 2019. — P. 10132-10141. EDN ARNAIR.

59. Rigét F.F., Bossi R., Sonne C., Vorkamp K., Dietz R. Trends of perfluorochemicals in Greenland ringed seals and polar bears: indications of decreasing trends. *Chemosphere*. 2013;93(8):1607–1614. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.08.015>

60. Pertoldi C., Sonne C., Wiig Ø., Baagøe H.J., Loeschke V., Bechshøft T.Ø. East Greenland and Barents Sea polar bears (*Ursus maritimus*): adaptive variation between two populations using skull morphometrics as an indicator of environmental and genetic differences. *Hereditas*. 2012;149(3):99–107. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.2012.02259.x>

61. Sonne C., Dyck M., Rigét F.F., Bech-Jensen J.E., Hyldstrup L., Letcher R.J. et al. Penile density and globally used chemicals in Canadian and Greenland polar bears. *Environ Res.* 2015;137:287–291. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.026>

62. Andersen-Ranberg A. Metals and flukes in West Greenland ringed seals (*Pusa hispida*)—a histopathological, toxicological, parasitological and molecular study [M.Sc. thesis]. University of Copenhagen; 2014.

63. Sonne-Hansen C., Dietz R., Leifsson P.S., Hyldstrup L., Rigét F.F. Cadmium toxicity to ringed seals (*Phoca hispida*)—an epidemiological study of possible cadmium induced nephropathy and osteodystrophy in ringed seals (*Phoca hispida*) from Qaanaaq in Northwest Greenland. *Sci. Total Environ.* 2002;295(1-3):167–181. [https://doi.org/10.1016/s0048-9697\(02\)00092-x](https://doi.org/10.1016/s0048-9697(02)00092-x)

64. Woshner V.M. Concentrations and interactions of selected elements in tissues of four marine mammal species harvested by Inuit hunters in arctic Alaska, with an intensive histologic assessment, emphasizing the beluga whale [Ph.D. Dissertation]. University of Illinois at Urbana—Champaign; 2000.

65. Woshner V.M., O'Hara T.M., Bratton G.R., Suydam R.S., Beasley V.R. Concentrations and interactions of selected essential and non-essential elements in bowhead and beluga whales of Arctic Alaska. *J. Wildl. Dis.* 2001;37(4):693–710. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-37.4.693>

66. Woshner V.M., Knott K., Wells R., Willetto.C, Swor R., O'Hara T. Mercury and selenium in blood and epidermis of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from Sarasota Bay, FL: interaction and relevance to life history and hematologic parameters. *EcoHealth*. 2008;5:360–370. <https://doi.org/10.1007/s10393-008-0164-2>

67. McKinney M.A., Iverson S.J., Fisk A.T., Sonne C., Rigét F.F., Letcher R.J. et al. Global change effects on the long-term feeding ecology and contaminant exposures of East Greenland polar bears. *Glob. Change Biol.* 2013;19(8):2360–2372. <https://doi.org/10.1111/gcb.12241>

68. Rigét F.F., Braune B., Bignert A., Wilson S., Aars J., Born E., et al. Temporal trends of Hg in Arctic biota, an update. *Sci. Total Environ.* 2011;409(18):3520–3526. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.05.002>

69. Woshner V.M., O'Hara T.M., Bratton G.R., Beasley V.R. Concentrations and interactions of selected essential and non-essential elements in ringed seals and polar bears of Arctic Alaska. *J. Wildl. Dis.* 2001;37(4):711–721. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-37.4.711>

70. Donaldson S.G., Van Oostdam J., Tikhonov C., Feeley M., Armstrong B., Ayotte P. et al. Environmental contaminants and human health in the Canadian Arctic. *Sci. Total Environ.* 2010;408(22):5165–5234. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.04.059>
71. Gebbink W.A., Sonne C., Dietz R., Kirkegaard M., Rigét F.F., Born E.W., Muir D.C.G., Letcher R.J. Tissue-specific congener composition of organohalogen and metabolite contaminants in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*). *Environ. Pollut.* 2008;152(3):621–629. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.07.001>
72. Lagueux J., Pereg D., Ayotte P., Dewailly E., Poirier G.G. Cytochrome P450 CYP1A1 enzyme activity and DNA adducts in placenta of women environmentally exposed to organochlorines. *Environ. Res.* 1999;80(4):369–382. <https://doi.org/10.1006/enrs.1998.3920>
73. Medehouenou T.C., Laroche C., Dumas P., Dewailly E., Ayotte P. Determinants of AhR-mediated transcriptional activity induced by plasma extracts from Nunavik Inuit adults. *Chemosphere.* 2010;80(2):75–82. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.04.017>
74. Sandau C.D., Ayotte P., Dewailly E., Duffe J., Norstrom R.J. Pentachlorophenol and hydroxylated polychlorinated biphenyl metabolites in umbilical cord plasma of neonates from coastal populations in Québec. *Environ. Health Perspect.* 2002;110(4):411–417. <https://doi.org/10.1289/chp.02110411>
75. Lind P.M., Bergman A., Olsson M., Orberg J. Bone mineral density in male Baltic grey seal (*Halicotheres grypus*). *Ambio.* 2003;32(6):385–388.
76. Lind P.M., Milnes M.R., Lundberg R., Bermudez D., Örberg J., Guillette L.J. Abnormal bone composition in female juvenile American alligators from a pesticide-polluted lake (Lake Apopka, Florida). *Environ Health Perspect.* 2004;112(3):359–362. <https://doi.org/10.1289/chp.6524>
77. Côté S., Ayotte P., Dodin S., Blanchet C., Mulvad G., Petersen H.S., Gingras S., Dewailly É. Plasma organochlorine concentrations and bone ultrasound measurements: a cross-sectional study in peri- and postmenopausal Inuit women from Greenland. *Environ. Health.* 2006;5(1):33. <https://doi.org/10.1186/1476-069x-5-33>
78. Herlin M., Kalantari F., Stern N., Sand S., Larsson S., Viluksela M. et al. Quantitative characterization of changes in bone geometry, mineral density and bio-mechanical properties in two rat strains with different Ah-receptor structures after long-term exposure to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin. *Toxicology.* 2010;29(1-3):1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2010.04.006>
79. Paunesku A.C., Dewailly E., Dodin S., Nieboer E., Ayotte P. Dioxin-like compounds and bone quality in Cree women of Eastern James Bay (Canada): a cross-sectional study. *Environ. Health.* 2013;12:54. <https://doi.org/10.1186/1476-069x-12-54>
80. Jenssen B.M. Endocrine-disrupting chemicals and climate change: a worst-case combination for Arctic marine mammals and seabirds? *Environ. Health Perspect.* 2006;114(1):76–80. <https://doi.org/10.1289/chp.8057>
81. Dallaire R., Dewailly E., Ayotte P., Forget-Dubois N., Jacobson S.W., Jacobson J.L., Muckle G. Growth in Inuit children exposed to polychlorinated biphenyls and lead during fetal development and childhood. *Environ. Res.* 2014;134:17–23. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.06.023>
82. Dallaire R., Dewailly E., Ayotte P., Muckle G., Laliberte C., Bruneau S. Effects of prenatal exposure to organochlorines on thyroid hormone status in newborns from two remote coastal regions in Quebec, Canada. *Environ. Res.* 2008;108(3):387–392. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.08.004>
83. Gustavson L., Ciesielski T.M., Bytingsvik J., Styrishave B., Hansen M., Lie E., Aars J., Jenssen B.M. Hydroxylated polychlorinated biphenyls decrease circulating steroids in female polar bears (*Ursus maritimus*). *Environ. Res.* 2015;138:191–201. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.02.011>
84. Ciesielski T.M., Hansen I.T., Bytingsvik J., Hansen M., Lie E., Aars J., Jenssen B.M., Styrishave B. Relationships between POPs, biometrics and circulating steroids in male polar bears (*Ursus maritimus*) from Svalbard. *Environ. Pollut.* 2017;230:598–608. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.06.095>
85. Sonne C., Leifsson PS., Dietz R., Born EW., Letcher RJ., Hyldstrup L. et al. Xenoendocrine pollutants may reduce size of sexual organs in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*). *Environ. Sci. Technol.* 2006;40(18):5668–5674. <https://doi.org/10.1021/es060836n>
86. Desforges J.P.W., Sonne C., Levin M., Siebert U., De Guise S., Dietz R. Immunotoxic effects of environmental pollutants in marine mammals. *Environ. Int.* 2016;86:126–139. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.007>

87. Sonne C., Letcher R. J., Janssen B. M., Desforges J. P., Eulaers I., Andersen-Ranberg E., Dietz R. A veterinary perspective on One Health in the Arctic. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2017;59:84. <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0353-5>
88. Vos J.G., Luster M.I. Immune alterations. In: Kimbrough R.D., Jensen A.D., eds. Halogenated biphenyls, terphenyls, naphthalenes, dibenzodioxins, and related products. Amsterdam: Elsevier; 1989, pp. 295–322. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-81029-8.50014-x>
89. Janeway C.A., Travers P., Walport M., Shlomchik M. Immune biology — the immune system in health and disease. 5<sup>th</sup> ed. New York: Garland Publishing, Taylor and Francis; 2001.
90. Tryphonas H. Immunotoxicity of Genaro polychlorinated-biphenyls—present status and future considerations. In: Esser C., Gleichmann E., Karger S., eds. Dioxins and the Immune System: Mechanisms and Consequences of Interference. Karger; 1994, pp. 149–162. <https://doi.org/10.1159/000424206>
91. Hertz-Pannier I., Park H.Y., Dostal M., Kocan A., Trnovec T., Sram R. Prenatal exposures to persistent and non-persistent organic compounds and effects on immune system development // *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol.* 2008;102(2):146–154. <https://doi.org/10.1111/j.1742-7843.2007.00190.x>
92. Klecha A.J., Barreiro Arcos M.L., Frick L., A.M., Cremaschi G. Immune-endocrine interactions in autoimmune thyroid diseases. *Neuroimmunomodulation*. 2008;15:68–75. <https://doi.org/10.1159/000135626>
93. Lie E., Larsen H.J.S., Larsen S., Johansen G.M., Derocher A.E., Lunn N.J., et al. Does high organochlorine (OC) exposure impair the resistance to infection in polar bears (*Ursus maritimus*)? Part I: effect of OCs on the humoral immunity. *J. Toxicol. Environ. Health A*. 2004;67(7):555–582. <https://doi.org/10.1080/15287390490425597>
94. Lie E., Larsen H.J.S., Larsen S., Johansen G.M., Derocher A.E., Lunn N.J., et al. Does high organochlorine (OC) exposure impair the resistance to infection in polar bears (*Ursus maritimus*)? Part II: possible effect of OCs on mitogen- and antigen-induced lymphocyte proliferation. *J. Toxicol. Environ. Health A*. 2005;68(6):457–484. <https://doi.org/10.1080/15287390590903685>
95. Routti H., Arukwe A., Janssen B.M., Letcher R.J., Nyman M., Bäckman C., Gabrielsen G.W. Comparative endocrine disruptive effects of contaminants in ringed seals (*Phoca hispida*) from Svalbard and the Baltic Sea. *Comp. Biochem. Physiol. Toxicol. Pharmacol.* 2010;152(3):306–312. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2010.05.006>
96. Brown T.M., Ross P.S., Reimer K.J., Veldhoen N., Danger N.J., Fisk A.T., Helbing C.C.. PCB related effects thresholds as derived through gene transcript profiles in locally contaminated ringed seals (*Pusa hispida*). *Environ. Sci. Technol.* 2014;48(21):12952–12961. <https://doi.org/10.1021/es5032294>
97. Levin M., Gebhard E., Jasperse L., Desforges J.P., Dietz R., Sonne C., et al. Immunomodulatory effects of exposure to polychlorinated biphenyls and perfluoroalkyl acids in East Greenland ringed seals (*Pusa hispida*). *Environ. Res.* 2016;151:244–250. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.013>
98. Frouin H., Loseto L.L., Stern G., Haulena M., Ross P.S. Mercury toxicity in beluga whale lymphocytes: limited effects of selenium protection. *Aquat. Toxicol.* 2012;109:185–193. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2011.09.021>
99. Weisglas-Kuperus N. Neurodevelopmental, immunological and endocrinological indices of perinatal human exposure to PCBs and dioxins. *Chemosphere*. 1998;37(9–12):1845–1853. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(98\)00250-1](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(98)00250-1)
100. Dewailly É., Ayotte P., Bruneau S., Laliberté C., Gingras S., Belles-Isles M., Roy R.. Susceptibility to infections and immune status in Inuit infants exposed to organochlorines. *Environ. Health Perspect.* 2000;108(3):205–211. <https://doi.org/10.2307/3454435>
101. Dallaire F., Dewailly É., Vézina C., Muckle G., Weber J.-P., Bruneau S., Ayotte P.m Effect of prenatal exposure to polychlorinated biphenyls on incidence of acute respiratory infections in preschool Inuit children. *Environ. Health Perspect.* 2006;114(8):1301–1305. <https://doi.org/10.1289/ehp.8683>
102. Parkinson A.J. The Arctic human health initiative: a legacy of the international polar year 2007–2009. *Int. J. Circumpolar Health*. 2013;72:10. <https://doi.org/10.3402/ijch.v72i0.21655>
103. Grandjean P., Landrigan P.J. Neurobehavioural effects of developmental toxicity *The Lancet Neurology*, 2014;13:330–338. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(13\)70278-3](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(13)70278-3)

104. Greaves A.K., Letcher R.J., Sonne C., Dietz R., Born E.W. Tissue-specific concentrations and patterns of perfluoroalkyl carboxylates and sulfonates in East Greenland polar bears. *Environ. Sci. Technol.* 2012;46(21):11575–11583. <https://doi.org/10.1021/es30340of>
105. Krey A., Kwan M., Chan H.M. Mercury speciation in brain tissue of polar bears (*Ursus maritimus*) from the Canadian Arctic. *Environ. Res.* 2012;114:24–30. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.01.006>
106. Greaves A.K., Letcher R.J., Sonne C., Dietz R. Brain region distribution and patterns of bioaccumulative perfluoroalkyl carboxylates and sulfonates in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*). *Environ. Toxicol. Chem.* 2013;32(3):713–722. <https://doi.org/10.1002/etc.2107>
107. Pedersen K.E., Basu N., Letcher R.J., Greaves A.K., Sonne C., Dietz R., Styrishave B. Brain region-specific perfluoroalkylated sulfonate (PFSA) and carboxylic acid (PFCA) accumulation and neurochemical biomarker responses in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*). *Environ. Res.* 2015;138:22–31. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.01.015>
108. Pedersen K.E., Basu N., Letcher R.J., Sonne C., Dietz R., Styrishave B. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs)—new endocrine disruptors in polar bears (*Ursus maritimus*). *Environ. Int.* 2016;138:22–31. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.01.015>
109. Fonnum F., Mariussen E. Mechanisms involved in the neurotoxic effects of environmental toxicants such as polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants. *J. Neurochem.* 2009;111(6):1327–1347. <https://doi.org/10.1111/j.1471-4159.2009.06427.x>
110. Mariussen E. Neurotoxic effects of perfluoroalkylated compounds: mechanisms of action and environmental relevance. *Arch. Toxicol.* 2012;86:1349–1367. <https://doi.org/10.1007/s00204-012-0822-6>
111. Polder A., Gabrielsen G.W., Odland J.Ø., Savinova T.N., Tkachev A., Loken K.B., Skaare J.U. Spatial and temporal changes of chlorinated pesticides, PCBs, dioxins (PCDDs/PCDFs) and brominated flame retardants in human breast milk from northern Russia. *Sci. Total Environ.* 2008;391(1):41–54. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.10.045>
112. Bollati V., Baccarelli A. Environmental epigenetics. *Heredity*. 2010;105:105–112. <https://doi.org/10.1038/hdy.2010.2>
113. Crews D. Epigenetic modifications of brain and behavior: theory and practice. *Horm. Behav.* 2011;59(3):393–398. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2010.07.001>
114. Basu N., Scheuhammer A.M., Sonne C., Letcher R.J., Born E.W., Dietz R. Is mercury in the environment of neurotoxic concern to polar bears? *Environ. Toxicol. Chem.* 2009;28(1):133–140. <https://doi.org/10.1897/08-251.1>
115. Pilsner J.R., Lazarus A.L., Nam D., Letcher R.J., Sonne C., Dietz R., Basu N. Mercury-associated DNA hypomethylation in polar bear brains via the Luminometric Methylation Assay (LUMA): a sensitive method to study epigenetics in wildlife. *Mol. Ecol.* 2010;19(2):307–314. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04452.x>
116. Siegel G.J., Albers R.W., Brady S.T., Price D.L. Basic neurochemistry. Molecular, cellular and medical aspects. 7th ed. — Burlington: Elsevier Academic; 2006.
117. Ahmed E.I., Zehr J.L., Schulz K.M., Lorenz B.H., Don Carlos L.L., Sisk C.L. Pubertal hormones modulate the addition of new cells to sexually dimorphic brain regions. *Nat. Neurosci.* 2008;11:995–997. <https://doi.org/10.1038/nn.2178>
118. Zoeller R.T., Crofton K.M. Mode of action: developmental thyroid hormone insufficiency—neurological abnormalities resulting from exposure to propylthiouracil. *Crit. Rev. Toxicol.* 2005;35(8–9):771–781. <https://doi.org/10.1080/10408440591007313>
119. Bytingsvik J., Simon E., Leonards P.E.G., Lamoree M., Lie E., Aars J., et al. Transthyretin-binding activity of contaminants in blood from polar bear (*Ursus maritimus*) cubs. *Environ. Sci. Technol.* 2013;47(9):4778–4786. <https://doi.org/10.1021/es305160v>
120. Simon E., van Velzen M., Brandsma S.H., Lie E., Løken K., de Boer J., et al. Effect-directed analysis to explore the polar bear exposome: identification of thyroid hormone disrupting compounds in plasma. *Environ. Sci. Technol.* 2013;47(15):8902–8912. <https://doi.org/10.1021/es401696u>
121. McKinney M.A., Pedro S., Dietz R., Sonne C., Fisk A.T., Roy D., Janssen B.M., Letcher R.J. A review of ecological impacts of global climate change on persistent organic pollutant and mercury pathways and exposures in arctic marine ecosystems. *Curr. Zool.* 2015;61(4):617–628. <https://doi.org/10.1093/czoolo/61.4.617>

122. Harvell C.D., Mitchell C.E., Ward J.R., Altizer S., Dobson A.P., Ostfeld R.S., Samuel M.D. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*. 2002;296(5576):2158–2162. <https://doi.org/10.1126/science.1063699>

123. Burek K.A., Gulland F.M.D., O'Hara T.M. Effects of climate change on Arctic marine mammal health. *Ecol. Appl.* 2008;18(sp2):126–134. <https://doi.org/10.1890/06-0553.1>

124. Dudley J.P., Hoberg E.P., Jenkins E.J., Parkinson A.J. Climate change in the North American Arctic: a One Health perspective. *EcoHealth*. 2015;12:713–725. <https://doi.org/10.1007/s10393-015-1036-1>

125. Bradley M., Kutz S.J., Jenkins E., O'Hara T.M. The potential impact of climate change on infectious diseases of Arctic fauna. *Int. J. Circumpolar Health*. 2005;64(5):468–477. <https://doi.org/10.3402/ijch.v64i5.18028>

126. Greer A., Ng V., Fisman D. Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead. *CMAJ*. 2008;178(6):715–722. <https://doi.org/10.1503/cmaj.081325>

127. Rand A.A., Mabury S.A. Is there a human health risk associated with indirect exposure to perfluoroalkyl carboxilates? *Toxicology*. 2017;375:28–36. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2016.11.011>

128. Durner G.M., Douglas D.C., Nielson R.M., Amstrup S.C., McDonald T.L., Stirling I. et al. Predicting 21st-century polar bear habitat distribution from global climate models. *Ecol. Monogr.* 2009;79(1):25–58. <https://doi.org/10.1890/07-2089.1>

129. Molnár P.K., Derocher A.E., Klanjscek T., Lewis M.A. Predicting climate change impacts on polar bear litter size. *Nat. Commun.* 2011;2:186. <https://doi.org/10.1038/ncomms1183>

130. Derocher A.E., Aars J., Amstrup S.C., Cutting A., Lunn N.J., Molnár P.K. et al. Rapid ecosystem change and polar bear conservation. *Conserv. Lett.* 2013;6(5):368–375. <https://doi.org/10.1111/conl.12009>

131. Hamilton S.G., de la Guardia L.C., Derocher A.E., Sahanatien V., Tremblay B., Huard D. Projected polar bear sea ice habitat in the Canadian Arctic Archipelago. *PLoS ONE* 2014;9(11):e113746. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113746>

132. Amstrup S.C., Marcot B.G., Douglas D.C. A Bayesian network modeling approach to forecasting the 21st century worldwide status of polar bears. In: DeWeaver E.T., Bitz C.M., Tremblay L.-B., (eds.). Arctic sea ice decline: observations, projections, mechanisms, and implications, vol. 180. Washington, DC: American Geophysical Union; 2018, p. 213–268. <https://doi.org/10.1029/18ogm14>

133. Olsen G.H., Mauritzen M., Derocher A.E., Sørmo E.G., Skaare J.U., Wiig O., Jenssen B.M. Space-use strategy is an important determinant of PCB concentrations in female polar bears in the Barents Sea. *Environ. Sci. Technol.* 2003;37(21):4919–4924. <https://doi.org/10.1021/es034380a>

134. van Beest F.M., Aars J., Routti H., Lie E., Andersen M., Pavlova V., Sonne C., Nabe-Nielsen J., Dietz R. Spatiotemporal variation in home range size of female polar bears and correlations with individual contaminant load. *Polar. Biol.* 2016;39(8):1479–1489. <https://doi.org/10.1007/s00300-015-1876-8>

135. McKinney M.A., Peacock E., Letcher R.J. Sea ice-associated diet change increases the levels of chlorinated and brominated contaminants in polar bears. *Environ. Sci. Technol.* 2009;43(12):4334–4339. <https://doi.org/10.1021/es900471g>

136. Gormezano L.J., Rockwell R.F. What to eat now? Shifts in polar bear diet during the ice-free season in western Hudson Bay. *Ecol. Evol.* 2013;3(10):3509–3523. <https://doi.org/10.1002/ece3.740>

137. Iles D.T., Petersen S.L., Gormezano L.J., Koons D.N., Rockwell R.F. Terrestrial predation by polar bears: not just a wild goose chase. *Polar. Biol.* 2013;36:1373–1379. <https://doi.org/10.1007/s00300-013-1341-5>

138. Iverson S.A., Gilchrist H.G., Smith P.A., Gaston A.J., Forbes M.R. Longer ice-free seasons increase the risk of nest depredation by polar bears for colonial breeding birds in the Canadian Arctic. *Proc. R. Soc. B.* 2014;281(1779):20133128. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3128>

139. Valdimarsson H., Astthorsson O.S., Palsson J. Hydrographic variability in Icelandic waters during recent decades and related changes in distribution of some fish species. *ICES J. Mar. Sci.* 2012;69(5):816–825. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fss027>

140. MacKenzie B.R., Payne M.R., Boje J., Hoyer J.L., Siegstad H. A cascade of warming impacts brings bluefin tuna to Greenland waters. *Glob. Chang. Biol.* 2014;20(8):2484–2491. <https://doi.org/10.1111/gcb.12597>

141. Macdonald R.W., Harner T., Fyfe J. Recent climate change in the Arctic and its impact on contaminant pathways and interpretation of temporal trend data. *Sci. Total. Environ.* 2005;342(1-3):5–86. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.059>

142. Carrie J., Wang F., Sanei H., Macdonald R.W., Outridge P.M., Stern G.A. Increasing contaminant burdens in an arctic fish, burbot (*Lota lota*), in a warming climate. *Environ. Sci. Technol.* 2010;44(1):316–322. <https://doi.org/10.1021/es902582y>

143. Чусов А.Н., Шилин М.Б., Абрамов В.М., Жигулевский В.А. Управление природными рисками. СПб.: Политех-Пресс; 2024. [Chusov A.N., Shilin M.B., Abramov V.M., Zhigul'skii V.A. Natural risk management. St. Petersburg: Polytech-Press; 2024. (In Russ.)].

144. Parkinson A.J., Butler J.C. Potential impacts of climate change on infectious diseases in the Arctic. *Int. J. Circumpolar Health.* 2005;64(5):478–486. <https://doi.org/10.3402/ijch.v64i5.18029>

145. Tryland M., Nesbakken T., Robertson L., Grahek-Ogden D., Lunestad B.T. Human pathogens in marine mammal meat — a northern perspective. *Zoonoses Publ. Health.* 2013;61(6):377–394. <https://doi.org/10.1111/zph.12080>

146. Wilkinson J. L., Hooda P.S., Barker J., Barton S., Swinden J. Ecotoxic pharmaceuticals, personal care products, and other emerging contaminants: a review of environmental, receptor-mediated, developmental, and epigenetic toxicity with discussion of proposed toxicity to humans. *Crit. Review Environ. Sci Technol.* 2016;46(4):336–381. <https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1096876>

147. Janssen B.M. Marine pollution: the future challenge is to link human and wildlife studies. *Environ. Health Perspect.* 2003;111(4):A198–199. <https://doi.org/10.1289/ehp.111-a198>

148. Parkinson A.J. The Arctic human health initiative: a legacy of the international polar year 2007–2009. *Int. J. Circumpolar Health.* 2013;72(1):10. <https://doi.org/10.3402/ijch.v72i0.21655>

149. Weihe P., Debes F., Halling J., Petersen M.S., Muckle G., Odland J.O., et al. Health effects associated with measured levels of contaminants in the Arctic. *Int. J. Circumpolar Health.* 2016;75(1):33805. <https://doi.org/10.3402/ijch.v75.33805>

150. Карлин Л.Н., Абрамов В.М., Гогоберидзе Г.Г., Леднова Ю.А. Анализ социально-экономической ситуации в арктических приморских субъектах Российской Федерации на основе индикаторной оценки морского потенциала. Ученые записки Российской государственного гидрометеорологического университета. 2013;(30):181–188. [Karlin L.N., Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Lednova Yu.A. Analysis of the socio-economic situation in the Arctic coastal regions of the Russian Federation on the basis of indicator assessment of the marine economic potential. Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University. 2013;(30):181–188. (In Russ.)].

151. Abramov V.M., Sokolov A.G., Baikov E.A., Lukyanov S.V., Tatarenko Yu.A., Vekshina T.V., Isaev D.I., Trunin S.V. Geo-information Tools Develop for Integrated Coastal Zone Management in Arctic and Subarctic. In: Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference (IBIMA), Madrid, Spain, 13–14 November, 2019, pp. 10763–10771.

152. Shilin M.B., Abramov V.M., Andreeva E.S., Andreev S.S., Yaily E.A. Innovative technologies for geo-ecological support while artificial coastal territories development. In: 19th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2019: Conference proceedings. Vol. 19. Sophia; 2019, pp. 399–406. <https://doi.org/10.5593/sgem2019/5.1/S20.050>

## Сведения об авторах

Шилин Михаил Борисович — доктор географических наук, профессор Института информационных систем и геотехнологий Российского государственного гидрометеорологического университета (ФГБОУ ВО РГГМУ).

Россия, 192007, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79  
E-mail: [shilin@rshu.ru](mailto:shilin@rshu.ru)

Абрамова Александра Леонидовна — аспирант, Российский государственный гидрометеорологический университет (ФГБОУ ВО РГГМУ)  
Россия, 192007, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79  
E-mail: [alexandria567@mail.ru](mailto:alexandria567@mail.ru)

## Information about the authors

Mikhail B. Shilin — Dr. Sci. (Geography), Prof., Institute of Information Systems and Geotechnologies, Russian State Hydrometeorological University Russia, 192007, Saint Petersburg, Voronezhskaya str., 79 E-mail: [shilin@rshu.ru](mailto:shilin@rshu.ru)

Alexandra L. Abramova — Postgraduate Researcher, Russian State Hydrometeorological University Russia, 192007, Saint Petersburg, Voronezhskaya str., 79 E-mail: [alexandria567@mail.ru](mailto:alexandria567@mail.ru)

**Абрамов Валерий Михайлович** — кандидат физико-математических наук, доцент, доцент Института «Морская академия» Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова (ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»)  
Россия, 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7  
E-mail: [val.aramov@mail.ru](mailto:val.aramov@mail.ru)

**Завьялова Анна Никитична** — доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры пропедевтики детских болезней с курсом общего ухода за детьми ФГБОУ ВО СПбГПМУ  
194100, Россия, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2  
E-mail: [anzavjalova@mail.ru](mailto:anzavjalova@mail.ru)

**Valery M. Abramov** — Cand. Sci. (Phys.-Math.),  
Assoc. Prof., Marine Academy Institute of the Admiral S.O. Makarov State University of the Marine and River Fleet (Admiral S.O. Makarov GUMRF)  
198035, Russia, Saint Petersburg, Dvinskaya str., 5/7  
E-mail: [val.aramov@mail.ru](mailto:val.aramov@mail.ru)

**Anna N. Zavyalova** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.,  
Professor of the Department of Propaedeutics of Childhood Diseases with a Course in General Child Care, St. Petersburg State Medical University  
Russia, 194100, Saint Petersburg, Litovskaya str., 2  
E-mail: [anzavjalova@mail.ru](mailto:anzavjalova@mail.ru)

## Вклад авторов

**Шилин Михаил Борисович** — разработка общей концепции статьи, работа с источниками, подготовка экологической компоненты, обобщение материала.  
**Абрамова Александра Леонидовна** — работа с источниками, подготовка рукописи к изданию.  
**Абрамов Валерий Михайлович** — работа с источниками, подготовка рукописи к изданию.  
**Завьялова Анна Никитична** — разработка общей концепции статьи, работа с источниками, подготовка медико-токсикологической компоненты, обобщение материала.

## Author contribution statement

**Mikhail B. Shilin** — general concept development, literature review, preparation of the ecological component, generalization of the material.  
**Alexandra L. Abramova** — literature review, preparing the manuscript for publication.  
**Valery M. Abramov** — literature review, preparing the manuscript for publication.  
**Anna N. Zavyalova** — general concept development, literature review, preparation of the medical and toxicological component, generalization of the material.

# Первый выпуск Гидрографического института Севморпути (1935–1939 гг.). Учебные практики и экспедиции в Арктике

Рябчук Д.В.

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.А. Карпинского», Санкт-Петербург, Россия  
[✉ Daria\\_Ryabchuk@mail.ru](mailto:Daria_Ryabchuk@mail.ru)

**Аннотация.** Настоящая статья продолжает цикл публикаций, посвященных студентам, поступившим в 1935 г. в только что созданный Гидрографический институт Севморпути и получившим дипломы инженеров-гидрографов в 1938–1940 гг. В статье рассмотрены учебные и производственные практики 1936–1938 годов, в ходе которых студенты-гидрографы овладевали знаниями и опытом работы в суровых условиях Арктики и принимали участие в работах гидрографического управления Главсевморпути, в том числе в ходе зимовки ледокольных пароходов «Садко», «Малыгин» и «Георгий Седов» в 1937–1938 гг.

**Ключевые слова:** Арктика, Гидрографический институт, Северный морской путь

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

**Для цитирования:** Рябчук Д.В. Первый выпуск Гидрографического института Севморпути (1935–1939 гг.). Учебные практики и экспедиции в Арктике. Арктика и инновации. 2025;3(4):26–46. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-26-46>

## The first graduation of the Hydrographic Institute of the Northern Sea Route (1935–1939): Educational practices and expeditions in the Arctic

Daria V. Ryabchuk

Karpinsky Russian Geological Institute, St. Petersburg, Russia  
[✉ Daria\\_Ryabchuk@mail.ru](mailto:Daria_Ryabchuk@mail.ru)

**Abstract.** The present article continues a series of publications dedicated to students who entered the newly established Hydrographic Institute of the Northern Sea Route in 1935 and received diplomas as hydrographic engineers in 1938–1940. The article examines the educational and industrial practices of 1936–1938, during which student hydrographers acquired knowledge and experience of working in harsh Arctic conditions and took part in the work of the hydrographic directorate of the Northern Sea Route, including during the wintering of Sadko, Malygin and Georgy Sedov icebreaker steamships in 1937–1938.

**Keywords:** Arctic, Hydrographic Institute, Northern Sea Route

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

**For citation:** Ryabchuk D.V. The first graduation of the Hydrographic Institute of the Northern Sea Route (1935–1939): Educational practices and expeditions in the Arctic. *Arctic and Innovation*. 2025;3(4):26–46. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-26-46>

## Введение

25 апреля 1935 года в Ленинграде был открыт Гидрографический институт Главного управления Северного морского пути (ГУСМП) при СНК (Совете народных комиссаров) СССР. Основной задачей института была срочная подготовка специалистов-гидрографов, дефицит которых остро ощущался при организации экспедиционной деятельности в ходе освоения Северного морского пути. Истории создания института, его учебному плану, профессорско-преподавательскому составу и студентам первых выпусков посвящена статья [1]. Одним из важнейших направлений учебы были учебные и производственные практики.

«Практика студентов 3, 4 и 5-го курсов должна носить производственный характер, причем студенты 3-го курса должны плавать со своим педагогическим составом на учебном судне, но, в отличие от практики студентов первых двух курсов, студенты 3-го курса должны плавать в северных морях и выполнять производственные задания Главсевморпути, а также учебную практику по астрономии, гидрологии и прочим разделам кораблевождения. Студенты 4-го и 5-го курсов для проведения летних практических занятий должны расписываться по судам гидрографических экспедиций и отрядов», — писал зав. учебной частью института С.С. Рузов в статье в журнале «Советская Арктика» [2].

Предлагаемая вниманию читателя статья посвящена учебно-производственным экспедиционным работам 1936 и 1937–1938 гг., проходивших в Баренцевом, Карском морях и море Лаптевых в сложнейших технических, погодных и организационных условиях.

## Использованные материалы

Наряду с публикациями в открытых источниках [3–11] и интернет-ресурсами [<http://www.polarpost.ru>] статья базируется на материалах российских государственных архивов (Российский государственный архив экономики (РГАЭ), ф. 9570, Учреждения

Северного морского пути; Архив Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова; Центральный государственный архив Санкт-Петербурга (ЦГА СПб), ф. Р-3365), а также семейном архиве автора.

Схема движения л/п «Малыгин» от момента выхода из порта Архангельск до постановки на зимовку отстроена с помощью программы ArcGIS на основе анализа рейсового журнала капитана А.Г. Карельского [12].

## Учебно-производственная практика 1936 года

Летом 1936 года студенты 3-го курса Гидрографического института (В. Буйницкий, А. Постников, В. Калин, Г. Крутов, Я. Власов, Г. Тимофеев, И. Богданов, Б. Крониковский, Н. Дмитриев, Б. Малютин, Н. Мальцев, Г. Колосков, И. Школьников, Г. Ланцетов, З. Борисов, И. Долотов, Б. Екатеринин, Н. Якимов, В. Кожухов, В. Артамонов, В. Бахвалов, Ф. Котов, Д. Шереметьев) и присоединившийся к ним второкурсник И. Григоров [13, с. 85] впервые участвовали в арктическом плавании. Для организации учебно-производственной практики приказом № 67 по Главному управлению Северного морского пути при СНК СССР г. Москвы от 16 марта 1936 г. Гидрографическому институту был передан пароход «Ломоносов» [13, с. 55]. Капитаном судна был назначен А.И. Дубинин.

Истории судов, на которых довелось работать в Арктике первым студентам Гидрографического института, как и истории людей, напоминают захватывающие приключенческие романы, полные героических и трагических страниц.

Будущий «Ломоносов» был построен в 1867 году как трехмачтовый китобойный барк с паровой машиной в 69 лошадиных сил и первоначально носил имя Aberdeen. В тот момент он являлся самым современным китобойным судном в Шотландии. Вскоре его переименовали в Holly Co,

а потом в Eclipse. Под последним именем барк вошел в историю арктических плаваний. В июне 1914 года барк с норвежским экипажем под командованием капитана Отто Свердрупа был отправлен российским правительством на поиски пропавших за два года до этого (1912) экспедиций Русанова, Брусицова и Седова. Судно вышло из Осло. Результатом плавания стало спасение команд «Вайгача» и «Таймыра» — затертых льдами судов Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана. Позднее «Эклипс» вошел в состав флотилии Северного Ледовитого океана как вспомогательное судно, а в 1918 году в результате пожара затонул в Гремише. Подняли «Эклипс» только в 1928 году. Во время ремонта прямое парусное вооружение переменили на косое, отчего барк превратился в шхуну, и судну дали новое имя «Ломоносов». С 1931 года «Ломоносов» регулярно участвовал в полярных исследованиях [<http://www.polarpost.ru/forum>], а в 1936 году был передан Гидрографическому институту.

Учебно-производственная практика студентов Гидрографического института проходила с 5 июня по 25 сентября 1936 года. Задачей ее было выполнение топографических и гидрографических работ на Новой Земле. Руководителем практики был назначен Е.С. Гернет [13, с. 85], начальником учебно-производственного отряда —

Г.Ф. Шарин [13, с. 85]. Третьекурсники были разделены на четыре бригады (бригадиры В. Буйницкий, И. Долотов, Н. Дмитриев, И. Школьников). Студенты «получили со склада три шлюпки с полным спасательным снаряжением» [13, с. 105–106].

Учебно-производственное плавание широко освещалось в газетах. На форуме «Полярная почта» собраны уникальные материалы — газетные вырезки и даже фотографии.

«НА ПРАКТИКУ В БАРЕНЦЕВО МОРЕ. На днях в Мурманск из Ленинграда выезжают 23 студента Ленинградского гидрографического института, которые будут проходить производственную практику на учебном судне «Ломоносов» в Баренцевом море. После прохождения студентами практики кораблевождения, «Ломоносов» зайдет в Мурманск, возьмет дополнительные запасы продовольствия и направится к Новой Земле». [«Полярная правда», № 127 от 4 июня 1936 года, [polarpost.ru/forum](http://www.polarpost.ru/forum).]

ПО СТРАНИЦАМ ГАЗЕТ. На практику в Арктику. Радио с борта учебного судна «Ломоносов», вышедшего на морскую практику к берегам Новой Земли со студентами Ленинградского гидрографического института, сообщает о приходе на Новую Землю. Это первый опыт практики студентов в Арктике. [«Советская Балтика», Ленинград, [polarpost.ru/forum](http://www.polarpost.ru/forum)].

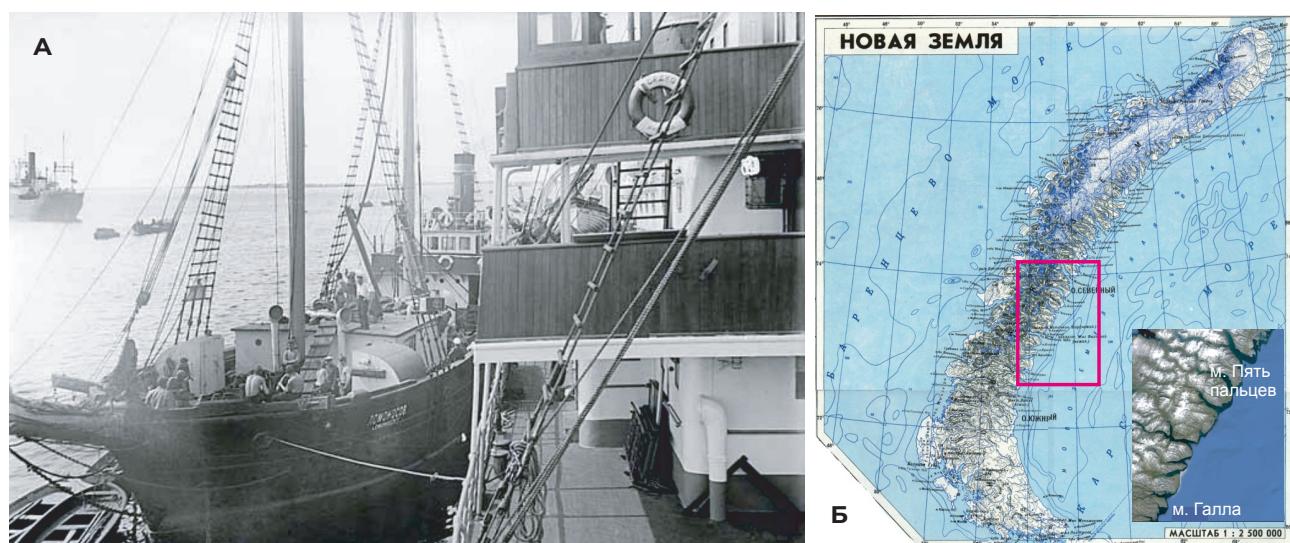


Рис. 1. Шхуна «Ломоносов» в Архангельске [[polarpost.ru/forum](http://www.polarpost.ru/forum)] (А) и карта Новой Земли с изображением участка гидрографических работ 1936 года (Б)

Fig. 1. Lomonosov schooner in Arkhangelsk [[polarpost.ru/forum](http://www.polarpost.ru/forum)] (A) and a map of Novaya Zemlya depicting the site of hydrographic surveys in 1936 (B)

В газете «Полярная правда» № 173 от 28 июля 1936 года была напечатана фотография, сделанная в Архангельске перед отходом шхуны «Ломоносов». Подпись под фотографией гласит: «Группа студентов-практикантов Ленинградского гидрографического института на судне «Ломоносов» отправилась на Новую Землю. На борту судна студенты проводят практические занятия. На снимке: «Ломоносов» в Архангельском порту. Рядом стоит «Садко». Фото Курилова (Союзфото)» (рис. 1) [polarpost.ru/forum].

Несмотря на некоторые организационные и технические сложности, которые привели к задержке выхода судна в экспедицию («Контора Архангельского Торгового порта... задержала выход судна в море, т. к. спасательные средства судна не находились в состоянии, обеспечивающем охрану человеческой жизни на море. В частности, шлюпки не имели сертификатов и не были принайтованы, в шлюпках не было сухарей и спичек, одна из шлюпок не имела фонаря и уключины, весел для шлюпок было недостаточно, на судне не было сигнальных фальшфаеров, спасательные пояса у половины команды были не на месте») [13, с. 113], практика прошла успешно. «В районе от м. Галла до м. Пять Пальцев было выполнено «850 км систематического судового промера и 330 км ходового промера, взято 1056 глубин». На суше было выполнено 340 км триангуляционной съемки».

К сожалению, в архивах не удалось найти отчет капитана А.И. Дубинина об этом плавании «Ломоносова», однако о том, что студентам в полной мере пришлось прочувствовать суровую романтику и испытать опасности, связанные с профессией полярного гидрографа, свидетельствует отрывок из книги А.И. Постникова, посвященной гибели парома «Эстония»:

«В 1936 году, будучи студентом Гидрографического (и штурманского) института, я ходил на старой баркентине «Ломоносов». У мыса Святой Нос в Баренцевом море нас захватил жестокий шторм. Капитан — из поморов, отличный моряк — вывел судно из бухты, когда шторм уже начинался. Когда мы подошли к Святому Носу, волнение достигло ужасной высоты. Его осложняли сильные сувои (встречные течения, образующие толчею). Но не это

было самое страшное. Во время шторма остановилась машина, и нас понесло к скалистому берегу. Баркентину выбросило и разбило бы, если бы механики в самый последний момент не устранили неисправность» [14, с.90].

В приказе № 122 от 25 сентября 1936 года [13, с. 142] директор института П.Д. Белоновский с гордостью пишет об итогах практики:

«Результаты учебно-производственной работы, проведенной студентами III-го курса в текущем учебном году в районе Новой Земли, указывают на высокосознательное отношение студентов к практике, в результате чего в короткий срок, при неблагоприятных метеорологических условиях были пройдены все намеченные учебными планами виды гидрографических работ (триангуляция, мензульная съемка и судовой промер).»

Объем и качество выполненных работ подтверждают хорошую подготовленность студентов к предстоящей производственной работе и дают надежду ожидать от них в будущем еще более высоких образцов работы в подтверждение того, что студенты достойны будут высокого звания инженеров-гидрографов. Объявляю студентам III-го курса БЛАГОДАРНОСТЬ» [13, с. 142].

Еще больших похвал студенты удостаиваются в приказе от 20 октября:

«...Просмотр результатов студенческой работы и отзыв, полученный из Гидрографического Управления, а также заключение начальника учебного отдела Института показывают, что программа производственной практики выполнена с превышением, а полученные результаты качественно не уступают работам производителей экспедиций.

Значение этих показателей не ограничивается успешным овладением студентами Института программными знаниями, так как проведенные ими работы обеспечили известную долю успеха в деле освоения Севморпути и показали способность Гидрографического Института оказывать полноценное содействие проведению производственных планов Гидрографического управления» [13, с. 164].

Успехи студентов были отмечены ГУСМП. В обзорной статье, опубликованной в декабрьском номере журнала «Советская Арктика» и посвященной итогам гидрографических работ в навигацию 1936 года, В.И. Воробьев писал:

«Вполне оправдал себя опыт работы учебно-производственного отряда на «Ломоносове». Этот отряд, сформированный из студентов Гидрографического института Главсевморпути и руководимый специалистами-гидрографами, одновременно с практическим обучением студентов получил производственное задание по гидрографическому обследованию восточного Новоземельского побережья от мыса Гессена до мыса Пять Пальцев. Работа выполнена успешно, достигнуты хорошие качественные показатели. Это дает основание запроектировать на будущий год для учебного отряда большое производственное задание в том же Новоземельском районе» [15, с. 93].

Приказом О.Ю. Шмидта № 537 по ГУСМП от 14 ноября 1936 г. П.Д. Белоновскому, С.С. Рузову, Г.Ф. Шарину, а также всем 24 студентам была объявлена благодарность с занесением в личное дело [13, с. 185].

## Производственная практика 1937 года

В 1937 году студенты двух младших курсов проходили практику на Онежском озере [16, с. 77], а оба старших курса (19 третьекурсников и 22 студента четвертого курса) были направлены уже на производственную практику, поступив непосредственно в распоряжение ГУСМП. Эта практика оказалась невероятно сложной, для 21 ее участника она затянулась почти на год, а самый блестящий из плеяды студентов — В.Х. Буйницкий — вернулся домой только в феврале 1940 года. В тот же полевой сезон на л/п «Седове» старшим гидрографом работал Н.Н. Настай [17], который, уже имея опыт работы, поступил на 1-й курс Гидрографического института в октябре 1936 года [16, с. 171], а в марте 1937 года был переведен на 3-й курс [16, с. 33].

Практика проходила на трех ледокольных пароходах (л/п) — «Малыгин», «Садко» и «Седов».

«Садко» был построен в 1913 году в Ньюкасле (Великобритания) и при «рождении»

получил имя «Линтрос». С 1913 по 1915 год работал в качестве почтово-пассажирского парома в районе Ньюфаундленда, на линии Порт-о-Баск — Нью-Сидни через пролив Кабота. В 1915 году (вместе с другим паромом пролива Кабота, «Брюс»), был приобретен русским правительством для работы на линии Мурманск — Архангельск и в 1916 году переименован «Садко». 16 июня 1916 года при перевозке груза для строительства железной дороги Кандалакша — Мурманск «Садко» затонул в Кандалакшской губе, а в 1933 году был поднят и 9 июля 1934 года вышел в первый после ремонта рейс. В 1934 году экспедиция на «Садко» основала полярную станцию на острове Уединения, а в 1935 году совершила Первую высокоширотную экспедицию Главсевморпути под руководством Г.А. Ушакова, в ходе которой был установлен мировой рекорд свободного плавания за Полярным кругом (82°41,6 с. ш.) и открыт остров Ушакова [<https://polarpost.ru/forum>].

Л/п «Седов» был спущен со стапелей на верфи «Гендерсон и К°» в Глазго (Шотландия) в 1909 году под названием Beothic. Базировался в порту Сент-Джонс, Ньюфаундленд. Куплен Министерством торговли и промышленности России в конце 1916 года для управления морским транспортом Беломорско-Мурманского района. В 1916–1919 гг. использовался для перевозки грузов во время зимней навигации на Белом море и как ледокол. С января 1917 года вошел в состав флотилии Северного Ледовитого океана, в 1917–1919 гг. находился в руках интервентов. В 1920 году участвовал в первой Карской экспедиции. В 1928 году — в операции по поиску участников экспедиции Нобиле. В 1929 году на «Седове» была проведена экспедиция Института по изучению Севера под руководством О.Ю. Шмидта (капитан В.И. Воронин), которая обследовала Землю Франца-Иосифа и организовала в бухте Тихой о. Гукера полярную станцию. В 1930 г. открыл Землю Визе. В 1934–1935 гг. на борту «Седова» работал плавучий филиал Арктического института в Карском море [<https://polarpost.ru/forum>].

Однотипный с «Садко» л/п «Малыгин» был построен в Англии в 1912 г. для морского флота Канады под названием «Брюс». В 1914 г. был куплен русским правительством и получил имя «Соловей Будимирович». В 1921 г. был

переименован в честь русского полярного исследователя капитан-командора С.Г. Малыгина. В годы Первой мировой войны использовался управлением морским транспортом Беломорско-Мурманского района. В конце января 1920 года в ходе экспедиции О. Свердрупа затерт льдами в Чешской губе и вынесен в Карское море. Из ледового плена освобожден пароходами «Свято-гор» и «Канада». Участник хлебных рейсов в Сибирь (1920–1925 гг.), экспедиции Главморнина (1921 г.), спасения итальянской экспедиции на дирижабле «Италия» (1928 г.), обеспечения баз для посадки международной арктической экспедиции на германском дирижабле «Граф Цеппелин» (1931 г.). В 1932 совершил два рейса (июль, август) за одну навигацию на Землю Франца-Иосифа, достигнув  $82^{\circ}24'$  с. ш., что было рекордом для того времени. Проводил транспорты из Енисея вокруг м. Желания на Новой Земле и осуществлял другие важные арктические рейсы [<https://polarpost.ru/forum>].

В.Х. Буйницкий в июне 1937 г. начал работу на борту ледокольного парохода «Садко». После короткого (10 июня — 10 июля) рейса на Землю Франца-Иосифа он стал участником Третьей высокосиротной экспедиции, в задачи которой входило, в частности, обследование островов архипелага де Лонга и поиски Земли Санникова (либо доказательство, что ее не существует). Этой экспедиции посвящено огромное количество литературы, которая позволяет восстановить состав ее участников и происходящие события буквально по минутам [3, 6, 4, 7, 9, 11 и др.]. Можно без преувеличения сказать, что на борту «Садко» собрался цвет арктической науки того времени. Руководителем экспедиции был «директор Арктики» Р.Л. Саймович, в экспедиции участвовали руководитель Гидрографического управления Главсевморпути П.В. Орловский, доктор географических наук Н.И. Евгенов, профессора М.М. Ермоловым, В.Ю. Визе, И.Д. Жонголович, возглавлявшие научные группы гидрологов, гидробиологов, геофизиков, гидрографов, геологов. Несмотря на невероятно тяжелые ледовые условия и организационные сложности, экспедиция достигла своих целей. Был выполнен большой объем научных исследований, обследованы ранее малоизвестные районы Восточно-Сибирского моря к северу от Новосибирских островов и острова архипелага де Лонга, основана полярная станция на острове Генриетты.

Согласно неопубликованному отчету Р.Л. Саймовича, хранящемуся в фондах ААНИИ [11]:

«В ходе завершенной первой части экспедиции были обследованы слабо описанные районы севернее Новосибирских островов. Согласно программе, на «Садко» проводились работы по следующим направлениям: 1) астрономические и 2) магнитные наблюдения, 3) гравитационные исследования, 4) гидрографические работы — морские промеры, прокладка курса, описание берегов, 5) топографическая съемка, 6) гидрологические наблюдения, 7) геология морского дна и островов, 8) гидробиологические наблюдения (бентос и планктон), 9) ледовые наблюдения, включая физико-химические свойства льда, 10) геофизические работы — актинометрия и др. 11) метеорологические работы.

В районах плавания «Садко» производились промеры глубин эхолотом. На карту в этом ранее не посещавшемся судами районе моря были проложены новые глубины. Важным открытием стало обнаружение на участке между параллелями  $77^{\circ}20'$  и  $78^{\circ}40'$  и меридианами  $116^{\circ}$  и  $118,5^{\circ}$  южной части глубоководного (до 2381 м) желоба, расположенного севернее в Полярном бассейне. Большое значение для навигации имели астрономические и гравиметрические исследования проф. И.Д. Жонголовича. Под руководством проф. В.Ю. Визе проводились гидрологические наблюдения (выполнено 55 гидрологических станций). Исследования грунтов глубоководной впадины, проведенные проф. М.М. Ермоловым, показали, что грунты относятся к тому же типу отложений, что и во впадинах Карского моря, но значительно менее подвержены воздействию атлантических вод» [11, с. 326].

Значительно меньше данных удалось найти в опубликованных источниках о работе в 1937 году л/п «Малыгин» (рис. 2), на борту которого оказалось большинство (21 человек) из студентов Гидрографического института, направленных на практику летом 1937 года. Однако по счастливому стечению обстоятельств в Российском государственном архиве экономики (РГАЭ) сохранились рейсовые донесения капитана л/п «Малыгин» Александра Гавриловича Корельского за 1936 и 1937 гг. [18, с. 9–18; 12, с. 1–26].



Рис. 2. Ледокольный пароход «Малыгин» [19, л. 7]

Fig. 2. Malygin icebreaker steamship [19, p. 7]

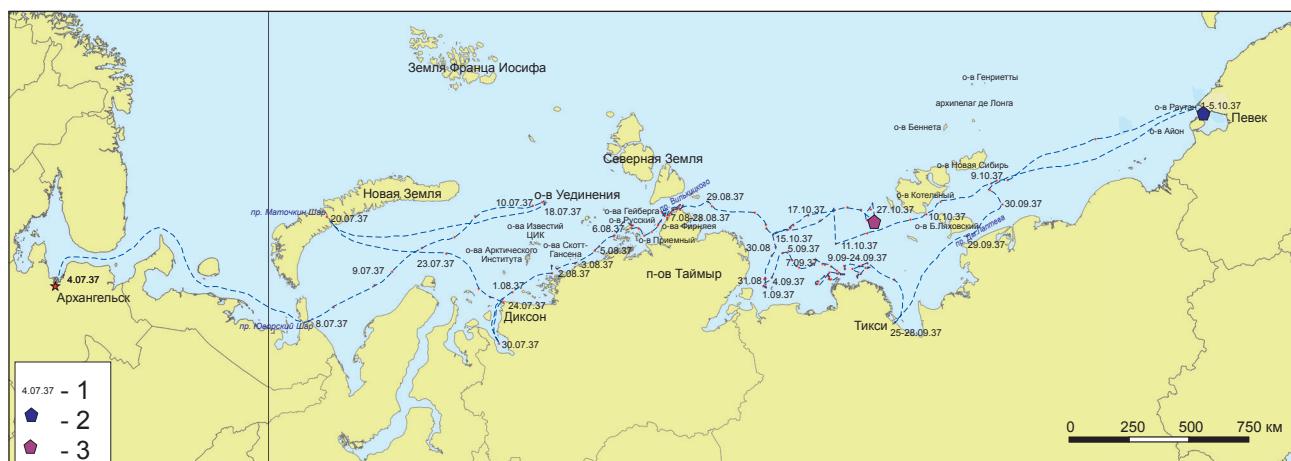


Рис. 3. Маршрут л/п «Малыгин» в навигацию 1937 год от момента выхода из порта Архангельск до постановки на зимовку, построенный по координатам и описанию маршрута из рейсового донесения капитана А.Г. Корельского [12]. Точками обозначены координаты точек, указанные в рейсовом донесении. 1 — даты; 2 — место, где экспедиционный состав, включая студентов Гидрографического института, перешел на борт п/х «Кузнецкстрой»; 3 — место постановки на зимовку вместе с л/п «Садко» и «Георгий Седов»

Fig. 3. Navigation route of the Malygin icebreaker steamship in 1937 from the moment of departure from the port of Arkhangelsk until wintering; the route is reconstructed according to the coordinates and description from the voyage report of captain A.G. Korelsky [12]. The dots indicate the voyage report coordinates. 1 — dates, 2 — location, where the expedition crew, including students from the Hydrographic Institute, transferred aboard the Kuznetskstroy steamship; 3 — location of wintering together with Sadko and Georgy Sedov icebreaker steamships

Отчеты капитана А.Г. Корельского отличаются от других аналогичных документов детальностью и скрупулезностью описаний, в том числе глубин и рельефа дна, ледовой обстановки, характера берегов и наилучших подходов к берегу, а также своеобразным стилем изложения. Эти «рейсовые донесения», безусловно, заслуживают опубликования, являясь

бесценным документом эпохи. Объем статьи не позволяет привести достаточно обширные выдержки из текста, однако благодаря рейсовому отчету можно детально проследить путь л/п «Малыгин» и ход производственной практики находившихся на борту студентов (рис. 3). В этот полевой сезон им довелось испытать на себе все возможные сложности

и опасности экспедиционной работы полярного гидрографа, поучаствовать в судовом и шлюпочном промере, отборе проб воды и грунта, астрономических и магнитных наблюдениях, выполнившихся в том числе в условиях высадки на лед, топографических работах на берегах, постройке навигационных знаков.

Начальником экспедиции на «Малыгине» был Константин Константинович Дерюгин [17], тогда совсем молодой человек, только два года назад (в 1935 году) окончивший Ленинградский государственный университет, позже — известный гидролог, океанолог, кандидат географических наук. Руководителем студенческой практики был Андрей Георгиевич Ефремов — гидрограф-навигатор, штурман, участник нескольких арктических плаваний [6], судя по воспоминаниям коллег и имеющимся в открытом доступе фотографиям, — открытый и обаятельный человек. Кроме того, на борту находился еще один выдающийся гидрограф — Иван Алексеевич Киреев [12, с. 19 об].

Согласно рейсовому отчету А.Г. Корельского, в производственной практике на борту «Малыгина» участвовал 21 студент Гидрографического института. К сожалению, их фамилии в отчете не упоминаются. Очевидно, на «Малыгине» работали десять студентов четвертого курса (И.А. Богданов, Н.Д. Дмитриев, В.Я. Калин, Г.В. Колосков, Г.С. Крутов, Б.Г. Малютин, Н.П. Мальцев, А.И. Постников, Г.Ф. Тимофеев, Д.К. Шереметьев) и четверо студентов четвертого курса (К.В. Гедройц, И.И. Григоров, В.П. Юнок и В.Г. Скворцов) которые, согласно документам, вернулись в Ленинград 22 ноября 1937 г. [16, с. 173, 175]. Установить фамилии остальных студентов, проходивших практику на борту «Малыгина», а также тех, кто летом 1937 г. работал на «Седове», пока не удалось.

В статье Э.Ф. Крастина, опубликованной в № 7 (июль) журнала «Советская Арктика» за 1937 год, о планируемых работах экспедиции было написано следующее: ««Малыгин» с капитаном Корельским будет занят на гидрографических работах в проливе Вилькицкого и в районе к востоку от него, кроме того, в задачу «Малыгина» входит еще совершение одного рейса на остров Рудольфа для доставки необходимого снабжения нашей полярной станции» [20, с. 24].

В ходе работ план был изменен, вместо о-ва Рудольфа было осуществлено снабжение и смена состава на полярных станциях островов Уединения и Русский.

Согласно рейсовому отчету А.Г. Корельского, с 28 июня по 3 июля в Архангельске была произведена погрузка на борт снаряжения и экспедиционного состава Гидрографической экспедиции, а также снаряжения и зимовщиков, которых необходимо было доставить на о-в Уединения. «Имеем на борту экспедиционного состава 50 человек, зимовщиков на Уединения 9 человек, команды 48 человек, и представителя ВОХР. Всего на борту 108 человек. Груза 350 тонн, угля 600 тонн, воды пресной 185 тонн, 4 спасательных вельбота, две шлюпки четверки, два трехтонных карбаса и один полуторатонный молочник... 4 июля 1937 г. в 14 часов 25 минут по окончании прописки выбрали якорь, дали ход и пошли в Карское море для снабжения полярных станций [остров] Уединение и [остров] Русский, а также для гидрографических работ в проливе Вилькицкого» [12, с. 1].

Красной нитью сквозь текст всего рейсового отчета проходит постоянная борьба с тяжелыми ледовыми условиями. Путь от Архангельска до Югорского Шара (в тексте отчета употребляются принятые в то время сокращения — Юшар (Югорский Шар) и Матшар (Маточкин Шар)) «прошли при относительно благоприятной погоде», однако уже 8 июля «Малыгин» остановился около поля 8-балльного льда. На лед дважды высаживались научные группы для проведения магнитных наблюдений [12, с. 2].

С 10 июля «Малыгин» двигался к острову Уединения сквозь поля «крупно-мелко-битого льда с шугой в 9 баллов». Вокруг берега острова располагалась полоса припая, и необходимо было найти наиболее благоприятное место для разгрузки. С 11 по 18 июля в сложнейших условиях — по льду, на расстояние семи километров — круглосуточно производилась доставка груза на полярную станцию. 15 июля работа прерывалась «из-за чрезмерной усталости команды», а 16 июля стала очень сложной из-за начавшегося таяния льда [12, с. 2]. «Малыгин» доставил на о-в Уединения новую смену зимовщиков во главе с П.А. Маккавеевым. О жизни и работе на этой полярной станции можно прочитать в его статье

в журнале «Советская Арктика» и книге «Остров Уединения» [21, 22].

Однако следовать намеченным экспедиционным планам, в том числе программе научных гидрографических, гидрологических и геофизических исследований, в навигацию 1937 года не удалось ни одному из ледокольных пароходов. 17 июля А.Г. Корельским был получен приказ руководителя операциями А.П. Ковеля следовать на Новую Землю для проводки иностранных судов [12, с. 2].

В РГАЭ хранится фотография, сделанная на борту «Малыгина» в 1937 году в проливе Маточкин Шар [23, с. 18] (рис. 4).

В отчете капитан не сдерживает неудовольствия: «Мне не понятно совершенно, для чего «Малыгин» был заслан из Уединения в Матшар. На всем пути от Матшара до места ожидания каравана «Ермаком» была чистая вода. Если же засыпать только для того, чтобы провести иностранцев Матшаром, то это очень дорогое удовольствие, да и ненужное, так как на п/х «Правда» в Лагерное пришел групповой капитан Койвунен, который мог бы вполне провести суда» [12, с. 3].

18 июля «Малыгин» встретился в Карском море с «Седовым», а на Диксоне, куда под его проводкой 25 июля пришли торговые суда, произошла первая встреча с «Садко». Вот как это описывает К.С. Бадигин, тогда штурман «Садко», позже — капитан «Седова»: «У острова Диксон, к которому «Садко» пошел 31 июля, мы застали целую эскадру торговых кораблей. Среди них был и переполненный студентами-практикантами «Малыгин» — родной брат «Садко», строившийся на одной верфи с ним» [6].

Пополнив запасы угля и пресной воды, 1 августа л/п «Малыгин» отправился на восток с караваном судов «Крестьянин» и «Диксон» [12, с. 3 об]. Капитан А.Г. Корельский подробно описывает встречающиеся поля льда, глубины, характер береговой линии: «На зюйд-вест от большого острова [Скотт-Гансен] со знаков тянутся цепочкой три продолговатых островка, в виде хребта, в одну линию, немного возвышаясь над водой. К оstu от большого острова разбросана группа островов, положение которых на карте № 1547 не верно» [12, с. 3 об].

А 3 августа л/п «Малыгин», «переполненный студентами-практикантами», обходя ледяные поля по мелководью, попал в серьезное



Рис. 4. Л/п «Малыгин» в проливе Маточкин Шар. 1937 год [23, л. 18]

Fig. 4. Malygin icebreaker steamship in the Matochkin Shar Strait, 1937 [23, p. 18]

происшествие. А.Г. Карельский пишет: «С 5 часов 35 минут до 6 часов старший штурман, будучи на вахте, встретив на пути лед, повернул влево, чтобы обойти его с веста. Я в это время спал в навигационной рубке, до этого приказав будить меня при встрече со льдом и при обнаружении подозрительных глубин, для чего приказал измерять глубины как можно чаще. В 7 часов 33 минуты, идя малым ходом, машина давала до 45 оборотов, вылетели на каменистую банку, с наименьшей глубиной под корпусом с ледового борта, около выхода из кочегарки 18 футов» [12, с. 4].

Операция по снятию «Малыгина» с банки описана не только в судовом журнале, но и в отчетах других капитанов, и воспоминаниях К.С. Бадигина. Вокруг севшего на мель ледокола силами экипажа и экспедиции был выполнен шлюпочный промер, в попытках снять «Малыгина» с мели принимали участие п/х «Диксон» и л/п «Седов», именно последнему эта операция удалась к вечеру того же дня.

А.Г. Карельским был составлен подробный отчет о результатах промера, вокруг банки поставлены ограждения. «Район к зюйд-осту от островов Рингнес, Уэкий, Крайний из-за обнаруженных здесь глубин несомненно необходимо признать недоступным для плавания судов с большой осадкой (по крайней мере до момента, пока не будет произведен трашовый промер). Так как в 1937 году и в будущем возможно значительное скопление льдов между островами Скотт-Гансен с одной стороны и островами Известия ЦИК и Арктического института с другой, препятствующих прохождению транспортных судов при следовании их даже за ледокольными судами, и когда прибрежный район к востоку от Скотт-Гансен свободен от льда, по моему мнению, этот район, как лежащий на трассе Северного Морского пути, необходимо в первую очередь надлежаще обследовать и оградить его для свободного и безопасного прохождения судов» [12, с. 4 об, 5].

4 августа был произведен осмотр полученных повреждений и ремонт (в том числе были зацементированы течи (!)), после чего «имея в кильватере пароходы «Крестьянин», «Кузнецкстрой», «Андреев» и «Диксон», «Малыгин» повел их навстречу л/п «Ермак», которому и передал караван судов вечером 5 августа [12, с. 5 об].

Следующей задачей экспедиции было посещение полярной станции на о-ве Русский. 6 августа началась транспортировка груза на станцию «на санках» «по приплюю». Тем временем, участники экспедиции выполняли топографическую съемку и астрономические наблюдения. А.Г. Корельский упоминает о полученных результатах: «Остров Русский оказался нанесенный на карту также неверно, после работ наших астрономических и топографических партий на нем выяснилась необходимость сдвинуть на зюйд-ост на 19 градусов северную оконечность» [12, с. 5 об]. Вокруг острова был также осуществлен шлюпочный промер.

10 августа работы по снабжению полярной станции о-ва Русский были закончены, и «Малыгин» направился к о-ву Приемный. По дороге были выполнены работы на двух гидрологических станциях. На острове Приемный «силами команды и экспедиционного состава» из привезенных с собой материалов был построен навигационный знак «в виде небольшой усеченной пирамиды, наверху ее поставлен фонарь с проблесковым огнем» «немного севернее знака, ранее построенного «Ермаком», но от ветра уже немного наклонившегося» [12, с. 6 об].

12 августа «Малыгин» направился дальше на восток, к островам Фирнлея. На Южном о-ве Фирнлея 13–14 августа был также сооружен навигационный знак — «четырехгранная усеченная пирамида, обшитая досками; на верху знака установлен фонарь с проблесковым огнем» [12, с. 7 об].

На всех трех островах Фирнлея экспедицией были выполнены топографические работы и астрономические наблюдения, в проливах — шлюпочный промер. Вновь на страницах отчета отмечается, что острова архипелага «нанесены на карту неправильно», и приводится подробное описание глубин, рельефа и даже «характера грунта». На Южном острове был сооружен астрономический пункт, для работы на котором остались трое сотрудников экспедиции [12, с. 7 об].

17 августа на 10-балльный лед, окружавший о-в Гейберга, были «высажены астрономы для магнитных наблюдений». Все это время за «Малыгиным» следовали торговые суда, останавливаясь в ожидании на время

выполнения гидрографических работ. 18 августа ледовая обстановка изменилась. А.Г. Корельский пишет о том, что «все суда оказались окружеными тяжелым льдом». «Малыгин» вывел их на чистую воду вблизи материка, а сам направился к о-ву Гейберга для высадки береговых партий [12, с. 7].

19 августа, «подойдя к восточной оконечности восточного острова Гейберга, остановились в 2 кабельтовых от него на глубине 11 сажен, сразу же начали высаживать партии астрономов и топографов, с катера измеряли глубину с самого припая в 25 саженях от берега — глубина 7 сажень. Часть судовой команды с экспедиционным составом приступили на этом острове к постройке знака» [12, с. 7].

20 августа экспедиционные работы вновь были прерваны — поступило распоряжение провести торговые суда через пролив Вилькицкого в море Лаптевых. «Малыгин» снял с острова береговые партии и двинулся в сторону о-ва Гансена. Обнаруженные по маршруту глубины, значительно меньшие, чем были указаны на карте, заставили выполнять попутный промер. И вновь в рейсовом отчете приводятся детальные сведения, необходимые для уточнения карт и локации [12, с. 7–8].

После траверса м. Челюскин караван судов вышел на чистую воду. Торговые суда больше не нуждались в помощи «Малыгина», и экспедиция вернулась к своей работе. Выполнены гидрологические станции, осуществлен промер «по направлению к островам Гейберга» [12, с. 8–8 об]. Вернувшись на остров, экспедиция завершила достройку навигационного знака — «четырехгранный усеченной пирамиды, с установленным на верху ее фонарем, огонь проблесковый» [12, с. 8 об].

21 августа топографическая партия была высажена на «у южного мыса 2-го острова Гейберга», а «Малыгин» направился к острову Гансена, где предстояло соорудить навигационный знак. Работы были закончены на следующий день. 23 августа в густом тумане «пошли в бухту Тессема для шлюпочного промера» [12, с. 9].

25 августа ледокол вернулся к острову Гейберга, вблизи которого «спустили катер для судового промера вблизи берега

и снятия топографической партии». На протяжении нескольких дней экспедиция занималась в этом районе судовым промером [12, с. 9].

В рейсовом отчете за 28 августа А.Г. Корельский пишет: «пошли в море Лаптевых по распоряжению Ковеля в помощь л/к «Литке» по проводке судов. Таким образом, считается, что с этого момента судно прекратило гидрографические работы в полном масштабе и приступило к оперативным работам, хотя в последующем гидрологи, астрономы и навигаторы, пользуясь всяким свободным моментом, производили работы по своей специальности» [12, с. 9 об].

Вторая половина рейсового отчета капитана А.Г. Корельского содержит в себе полный нарастающего дня ото дня драматизма рассказ о ледовой проводке судов. Литературные источники, описывающие и анализирующие сложности арктической навигации 1937 года и причины зимовки 26 судов — большей частью флота ГУСМП и арендованных судов, — говорят о тяжелой ледовой обстановке, ошибочности ледовых прогнозов, отсутствии ледовой авиаразведки, так как самолеты были задействованы на поисках пропавшего самолета летчика С.А. Леваневского, непоследовательных и не всегда обоснованных приказах руководителей, поступавших с л/к «Ермак», который находился в Западной Арктике, и из Москвы, недостаточное количество остро необходимого угля [6, 8, 11 и др.]. Все эти обстоятельства подтверждаются страницами рейсового отчета А.Г. Корельского.

С 28 августа по 11 сентября л/п «Малыгин» шел «генеральным курсом ост», выводил из ледового плена и на чистую воду торговые суда («Диксон», «Андреев», «Урицкий», «Молоков»), самостоятельно осуществляя ледовую разведку в поисках свободных от льда участков акватории. 8 и 9 сентября удалось выполнить работы на четырех гидрологических станциях [12, с. 11].

12 сентября начался сложнейший этап ледовой проводки — за «Малыгиным» шли пароходы «Молотов» и «Беломорканал», «каждый из которых имел на буксире по две деревянных баржи, нагруженные лесоматериалами» [12, с. 12 об]. Была поставлена задача провести суда с баржами на запад. Записи в рейсовом журнале становятся

все более напряженными, позволяя представить себе тяжелую борьбу со стихией. В районе островов Дунай на мель сел п/х «Молотов». 13 сентября: «...так как ни «Малыгин», ни «Беломорканал» по своим осадкам не могут помочь «Молотову», то с рассветом решил совместно с одним «Беломорканалом» попытаться прорваться на запад, для чего в 3 часа 45 минут снялись с якоря и пошли курсом на норд-вест, с тем, чтобы выбраться на более разреженный лед, видный по этому направлению». «Оставив «Беломорканал» в разреженном льду, сам пошел на вест-норд-вест в ледовую разведку. В 14 часов 55 минут начал застrevать, убедившись в том, что через этот лед «Беломорканал» не провести не только с баржами, но и одного» [12, с. 13]. 14 сентября: «Ночью разразился шторм от норд-веста со снегом. Информировал Ковеля, что проводить баржи южным путем из-за тяжелого льда, а также малых глубин нельзя» [12, с. 13 об]. 15 сентября: «Информировал Ковеля (мое радио 387), что у «Молотова» обои баржи имеют пробоины, обтекают, откачке не поддаются. У «Беломорканала» обтекает одна баржа, у «Ванцетти» текут обе баржи. Поэтому, а также учитывая тяжелую ледовую обстановку, считаю, что самым благообразным в данное время следует отправлять суда с баржами обратно, в Тикси» [12, с. 14]. 18 сентября: «Вследствие уплотнившегося льда «Ванцетти» по руслу «Малыгина» следовать не может, поэтому в 7 часов 15 минут предложил ему бросить баржи, идти одному, мы же, приняв на боксир баржи, начали выводить их из льда. При выводке барж на самом коротком боксире еще раз убедился, что деревянные баржи работать во льду не могут. Шли льдом 6–7 баллов на самом малом ходу с двумя баржами, судно не слушает руля, и не всегда может расчищать себе русло, если же увеличить ход, каждая льдина, вылетая из «Малыгинской» струи, ударяется в скрулу баржи или наносит ей повреждения или даже пробоину». «В 16 часов 40 минут ... на глубине 30 метров встали на якорь. Здесь же «Молотов» и «Беломорканал». Таким образом, весь караван собран на чистую воду. Стоим в ожидании разрешения на отправку судов с баржами в Тикси (от Ковеля). 22 часа 35 минут, получив от Ковеля распоряжения отправить «Молотова» и «Ванцетти» с их баржами в Тикси, самому же с «Беломорканалом» и баржами на боксире еще раз попытаться прорваться в Нордвик» [12, с. 15].

20 сентября: «1 час 40 минут получил радио от «Искры», что она терпит бедствие: стоя на якоре пронесло льдину, которая якобы в левый борт ударила и сделала пробоину в бункере, вода начинает заливать кочегарку... Просит оказать помощь.

Начали готовить машину, в это время у «Беломорканала» оторвало обои баржи с людьми, он из-за сильного ветра не может подойти к нам. «Ванцетти» радиирует нам, что из-за шторма оторвало баржи, к каждой из-за шторма также не может подойти, просит помощи.

Поручив «Беломорканалу» при первой возможности принять на боксир обои баржи и отправился на зюйд-ост по направлению к «Искре». Снялся и самым полным ходом пошел к ней, сообщили по радио, что моя помощь более необходима именно «Искре», до которой от нашего места было около 80 миль, около 3 часов получил радио с «Молотова», что у него так же оторвало баржи, и он просит помочь принять их на боксир, так как в балласте при сильном ветре не может подойти к барже» [12, с. 15 об].

21 сентября шторм стих. Аварийные суда удалось спасти, на «Искре» заделали пробоину. Все люди с барж были спасены.

22 сентября было получено сообщение, что в лед вмерз п/х «Ленсовет». «Малыгин» был отправлен ему на помощь. Читая описание того, как ледокольный пароход «с каждого удара пробивается не более полкорпуса» через 10-балльный лед [12, с. 16], невольно вспоминаешь о годе его постройки и непростой судьбе.

23 сентября: «5 часов 35 минут заклинились носом в лед, не можем отойти обратно, лед набит до грунта».

«9 часов 25 минут с помощью аммиака выскочили из сжатия, продолжаем пробиваться ударами, чем дальше, тем более тяжелым становится лед, подсовов все больше и больше.

11 часов 45 минут остановились, так как судно из-за очень тяжелого спрессованного льда не может отходить назад для разбега, попросили «Садко» подойти на помощь.

14 часов 10 минут подул крепкий зюйд-вест, лед, в который вмерз «Ленсовет», начал давать трещины, снова начали пробиваться.

18 часов 50 минут подошли к «Ленсовету», снабдили его двухнедельным запасом продовольствия, сразу же развернулись и пошли сначала разводьями, а потом молодым льдом 10 баллов по направлению на нордост, на кромку льда, еще не доходя до «Ленсовета», радиорвали «Садко», что его помочь не нужна» [12, с. 16].

24 сентября капитан А.Г. Корельский получил распоряжение идти в Тикси для бункеровки (погрузки угля). О прибытии «Малыгина» в порт также сохранились воспоминания очевидцев. К.С. Бадигин, тогда штурман «Садко», пишет: «24 сентября «Садко» вернулся в Тикси, где нас ждало большое общество. Словно в заправском порту, здесь высился лес мачт и труб. На рейде стояли «Беломорканал», «Кингисепп», «Искра», «Молотов», «Ванцетти». Отправив на берег команду «Хронометра», «Садко» присоединился к этой компании. А немного погодя в порт вошел «Малыгин». Он лихо развернулся и стал рядом с нами» [6].

26–27 сентября экипаж «Малыгина» принимал на борт уголь, осматривал и чинил лопасти поврежденного винта. Капитаны собравшихся в Тикси судов обсуждали ледовую обстановку и количество имевшегося у них угля. Еще одна цитата из книги К.С. Бадигина: «После дележа остатков топлива на нашу долю пришлось всего 150 тонн угля. С таким голодным пайком трудно было рассчитывать на успешную борьбу с крепнущими льдами. В голове роились мысли о зимовке, о долгой разлуке с семьей. В одну из таких трудных минут я случайно нашел на самом дне чемодана маленький незнакомый сверточек. Из свертка выпала плитка шоколада и листок бумаги, исписанный знакомым, родным почерком. Этот наивный, искренний дар взволновал и ободрил меня. Из Тикси в этот день улетел на юг последний самолет, и я отправил с ним письмо в Москву. Старался писать боцнее и веселее, говорил о близкой встрече, хотя сам-то я уже не был в ней уверен» [6].

Как уже говорилось, никто из студентов или других членов экспедиции, находившихся на борту «Малыгина», не оставил опубликованных воспоминаний, но можно предста-

вить себе, что и их посещали аналогичные мысли. Впереди была неизвестность.

28 сентября «Малыгин» вышел из Тикси и направился в Восточно-Сибирское море, ведя за собой п/х «Кингисепп». Позже к каравану должны были присоединиться «Молотов», «Беломорканал», «Ванцетти» и «Искра» [12, с. 17 об]. Несмотря на критически сложную обстановку, А.Г. Корельский продолжает тщательно описывать в судовом журнале характер берегов пролива Дм. Лаптева и пролива Санникова.

1 октября «Малыгин» пошел в Чаунскую губу, «куда и пришел 3 октября в 16 часов, пришвартовались левым бортом к правому борту «Красина», стоящего к северу от острова Раутан» [12, с. 18]. На ледокол погрузили уголь, а «экспедиционный состав в количестве 40 человек, а также 6 человек судового состава «Малыгина»... перешли на «Кузнецкстрой», которым они поедут по Владивосток и дальше к месту службы» [12 РГАЭ, с. 18 об].

В числе «экспедиционного состава» находились и те студенты Гидрографического института, которые через полтора месяца вернулись в Ленинград и после короткого отпуска продолжили свою учебу, в том числе 11 старшекурсников, изображенных на фотографии первого выпуска лета 1938 года [1, рис. 1]. Путь их до Владивостока тоже оказался непростым, о чем сохранилась строчка в уже упоминавшейся книге А.И. Постникова «В 1937 году судно, на котором я плавал, попав в жестокий шторм в районе Курильской гряды, с большим трудом справлялось с огромными волнами» [14, с. 90].

Тем временем «Малыгин» двинулся обратно. «7 октября в 7 часов 30 минут по готовности «Красина» пошли ему в кильватере в море Лаптевых к «Садко» и «Седову». На борту 42 человека команды и 5 человек экспедиционного состава во главе с начальником экспедиции И.А. Киреевым» [12, с. 19 об].

Ведя судно на запад, в сторону каждый день увеличивающихся ледяных полей, А.Г. Корельский остается верен себе, тщательно записывая в судовой журнал для рейсового отчета: «Мыс Шелагский обрывистый, черный, виден с моря на расстоянии 35–40 миль, открывается при следовании с запада в виде купольной горы. Остров Малый Айон

открылся с расстояния не далее 12 миль и только сверху, берег низменный. Остров Раутан — плоский высокий с обрывистыми берегами остров, вытянут с оста на вест. С остронной стороны по направлению к материковому берегу, далеко от него выступает низменная коса, а от нее еще подводная песчаная, как видно, гряда. На самой косе был установлен знак, разрушенный, когда мы были в октябре. При следовании к фактории с моря, или от нее в море, этой косы и отходящей от нее гряды следует особо опасаться, проходя как можно ближе к материковому берегу» [12, с. 19 об].

### Зимовка во льдах. «Дрейфующий вуз»

9 октября к западу от Новосибирских островов ледокольные пароходы «Г. Седов», «Садко» и «Малыгин» встретились и после нескольких попыток вырваться из ледового плена по согласованию с руководством остановились на зимовку. 23 октября 1937 года начался совместный дрейф трех судов.

Эта без преувеличения героическая эпопея подробно описана как самими участниками [3, 4, 6, 7, 9, 10 и др.], так и исследователями [8, 11 и др.]. Условия жизни были очень суровыми, несколько раз начинались «сжатия», судам грозила гибель. На судах погасили практически все топки, оставив под парами лишь по одному вспомогательному котлу на корабль. Спали не раздеваясь, морозы превышали 40 градусов, и даже во внутренних помещениях температура редко превышала +5 °С.

Бытовые условия можно представить себе по письму капитана Хромцова жене от 4/IV 1938 года (отправлено с зимовки в Ленинград с самолетами Алексеева) [7]:

«...После того, как перешли на камельковое отопление и керосиновое освещение — помещение получилось очень мрачное. Экономя незначительные запасы керосина, выдавали на одну лампу по 120 граммов в сутки. Этого керосина хватало только на четыре часа горения, а остальное время как-нибудь так ухитрялись: жгли лампы не одновременно и поэтому где-нибудь держался огонек... В кают-компании поставили маленький камелек, чтобы ее немного подогревать во время обеда и ужина. После прекращения пара сразу же почув-

ствовали, что значит зимовать с таким количеством людей. Морозы все усиливались. У меня в каюте под койкой температура была от минус 3 до минус 5 градусов, а на уровне стола — от +3 до +10 градусов, выше не поднималась. На стенах каюты и на потолке намерзали лед, который приходилось скальывать... Но холод еще ничего, если бы не сырость. В моей каюте все отсыревало, и с потолка, и по стенам текло и капало. Из-за этого на полу постоянно сырь... Заниматься чем-либо очень трудно, прямо невозможна. Бумага размокла от сырости, книги тоже, да и читать негде. В каюте сидеть холодно, а у камельков — темно. У новового камелька поставили стол, где могли работать одновременно 6 человек. Но этот стол был всегда занят, так как наши ученые занимались обработкой научных материалов. У нас и баня есть, в которой тоже стоит камелек. Когда разденешься, то со стороны камелька поджаривает, а с другой стороны подмораживает. Но ничего, мыться можно. Моемся два раза в месяц...

...Когда не стало дневного света, то при полнолунии и во время полярной ночи довольно светло. Зато без луны видимость очень плохая. Когда луны не было, то при ясном небе хорошо освещало окрестности северное сияние. А какая красота, когда полнолуние, тихо и нет ветра! Отойдешь вечером от судна метров на двести и стоишь как зачарованный. Тихо-тихо, как-то своеобразный лунный свет заливает «Садко», а он стоит, весь покрытый инеем, как сказочный богатырь, закованный в лед. Смотришь на него, и грустно становится. Невольно приходит в голову: когда-то ты теперь, мой «Садко», опять пойдешь, переваливаясь с борта на борт, по волнам и будет ли это когда-нибудь?» [7].

Тем не менее, судя по книгам и дневникам, обстановка на судах в основном была довольно оптимистичная. На «Седове» работал «дрейфующий вуз» — профессора читали лекции, студенты сдавали зачеты. Для экипажей судов были организованы штурманские курсы. Постоянно велись научные наблюдения — гляциологические, магнитные, астрономические, работы по определению силы тяжести [3, 4, 6], были выполнены лабораторные исследования образцов донных отложений, отобранных летом [11 и др.]. Ожидая эвакуации, зимовщики строили и поддерживали в рабочем состоянии

аэродромы, которые периодически разрушало из-за подвижек льда. Издавалась «стенгазета», на льду играли в футбол, 7 ноября провели демонстрацию, на новогодний праздник соорудили самодельную елку [4].

К.С. Бадигин пишет: «К празднованию нового, 1938 года мы готовились заблаговременно. Хотелось провести эту ночь в тесном дружеском кругу, повеселиться, вспомнить о наших близких, празднующих Новый год, — одним словом, хоть на несколько часов забыть о том, что творится по ту сторону тонкой металлической стенки корабля.

В глубокой тайне от всех изобретательные научные сотрудницы Елтышева и Пергамент мастерили подарки каждому участнику праздника. В кубрике изготавлялся самый сложный предмет, необходимый для празднования Нового года, — елка... Ствол елки сделали из старого весла. В нем просверлили отверстия, куда вставили прутья от метел, выкрашенные в зеленый цвет.

Несколько дней работал «цех елочных украшений». Профессора и их ассистенты выудили из моря актиний, гигантских морских тараканов и ежей, морских лилий. Все это было высушенено, покрыто золотой и серебряной краской и водружено на елку. На самую вершину поместили великолепную морскую звезду, пойманную еще в Карском море. Из этикеток от консервных банок наделали флагов. Механики подготовили елочные свечи. Одним словом, елка получилась хоть куда.

31 декабря... вечером у дверей кают-компании столпились все садковцы, расфранченные настолько, насколько это возможно в ледовом дрейфе..., улыбающиеся женщины распахнули двери, грянула музыка, по слышались шутки, зазвенел смех, и стало так весело, как давно уже не было на корабле. Рядом со столовым прибором у каждого лежал остроумный подарок. Ловко сделанные из тонкой проволоки дружеские шаржи, веселые карикатуры и прочие сувениры переходили из рук в руки под дружный хохот собравшихся...

За прекрасно сервированным столом у всех быстро развязались языки. Читали стихи, написанные в честь Нового года. Под губную гармошку, на которой играл профессор Жонголович, двое научных сотрудников исполняли частушки.

Прибыл на вторую гастроль джаз малыгинцев во главе с капитаном дальнего плавания, случайно зазимовавшим на «Малыгине». Чтобы не сидеть без дела, капитан организовал джаз и сам дирижировал оркестром; один из научных сотрудников экспедиции под аккомпанемент джаза пел песни из кинофильмов» [6].

Зимовщики старались не думать об опасности, которая подстерегала в любой момент. Из дневника В.Х. Буйницкого:

«1 января 1938 года. Новый год начался страшной силы сжатием, едва не погубившим наш корабль. Ровно в 5 часов 30 минут под действием каких-то еще не постигнутых разумом чудовищных сил на месте ровного ледяного поля внезапно образовался огромный ледяной вал. Не успел вахтенный отзвонить сигнал ледовой тревоги, как вал вплотную придинулся к нашему аварийному транспорту, и на глазах у него начал заваливать два карбаса и шлюпку. К счастью, большая часть экипажа еще бодрствовала, каждый немедленно занял свое место по расписанию и дружными усилиями нам удалось своевременно оттащить карбасы на безопасное место. Опоздай мы хотя бы на 1–2 минуты, карбасы были бы завалены льдом и раздавлены, как это случилось со шлюпкой. Вскоре на помощь к нам прибежали команды «Садко» и «Малыгина». К этому времени совсем было прекратившееся сжатие возобновилось с еще большей силой. Появились масса трещин, огромные глыбы льда наползали друг на друга, торосились в гряды. Снова пришлось перетаскивать катера и карбасы, теперь уже через трещины и битый торосящийся лед. Тем временем ледяной вал, образовавшийся в начале сжатия, подошел к левому борту корабля, стал давить на подзор и выжал корму метра на полтора из льда. В этот критический момент, когда казалось, что гибель корабля уже неотвратима, ледяной вал, начавший было заваливать палубу, внезапно замер; сжатие прекратилось» [4].

Тем не менее все три судна и все находившиеся на борту 217 человек выдержали зимовку.

В упоминавшемся выше очерке о В.Х. Буйницком профессор И.Д. Жонголович писал: «На «Садко» был центр научной работы, а на «Седове» — «дрейфующее отделение

Гидрографического института». ...были организованы занятия по программам института, чтобы студенты максимально использовали время зимовки и не потеряли учебного года» [24, с. 69].

Результаты донного пробоотбора и лабораторных исследований, выполненных в сложнейших условиях зимовки, вошли в базы данных, которыми до сих пор пользуются морские геологи для составления карт поверхности отложений [25] (рис. 5).

Осенью 1937 года приказом по Гидрографическому институту все студенты, оставшиеся на зимовку, были переведены на 4-й и 5-й курс соответственно [16, с. 186].

При описании «дрейфа трех судов» всегда упоминаются 22 студента Гидрографического института, однако ни в одной публикации не названы их имена. Сейчас это можно сделать уверенно, пользуясь двумя источниками — приказами по Гидрографическому институту из архива ГУРМФ за 1938 год [26, с. 102, 108, 109, 113] и «Списком экспедиционного состава и пассажиров каравана «Садко», назначенных к снятию самолетами» [27, с. 20].

5-й курс: В.Н. Артамонов, В.Н. Бахвалов, С.С. Борисов, В.Х. Буйницкий, Я.Т. Власов, И.И. Долотов, Б.М. Екатеринин, В.П. Кожухов, Б.А. Крониковский, И.Б. Школьников, Н.Д. Якимов.

4-й курс: В.И. Вильчинский, Л.И. Виноградов, Г.М. Гильман, Н.Я. Колодиев, А.П. Лейкин, А.А. Миронов, Н.Н. Настай, В.А. Оглоблин, Н.И. Саламатин, П.Г. Скворцов, И.Ф. Тыткин.

Всю весну строили аэродромы, а море ломало их один за другим. Об этом тоже подробно пишут все участники зимовки. Самолеты смогли прилететь только в апреле 1938 года, тремя рейсами на них улетели 184 из 217 зимовщиков. В дневнике В.Х. Буйницкого за 18 апреля такая запись: «В 11 часов 13 минут, забрав 83 человека, самолеты стартовали обратно в Тикси. С этой партией улетели Иван Данилович [Жонголович] и все мои товарищи» [4]. Сам Виктор Харламьевич не только остался на «Садко» в апреле 1938 года, но и стал участником дрейфа л/п «Седов», который продлился до 3 февраля 1940 года. В ходе дрейфа в сложнейших условиях он продолжал вести научные наблюдения. Все 15 участников

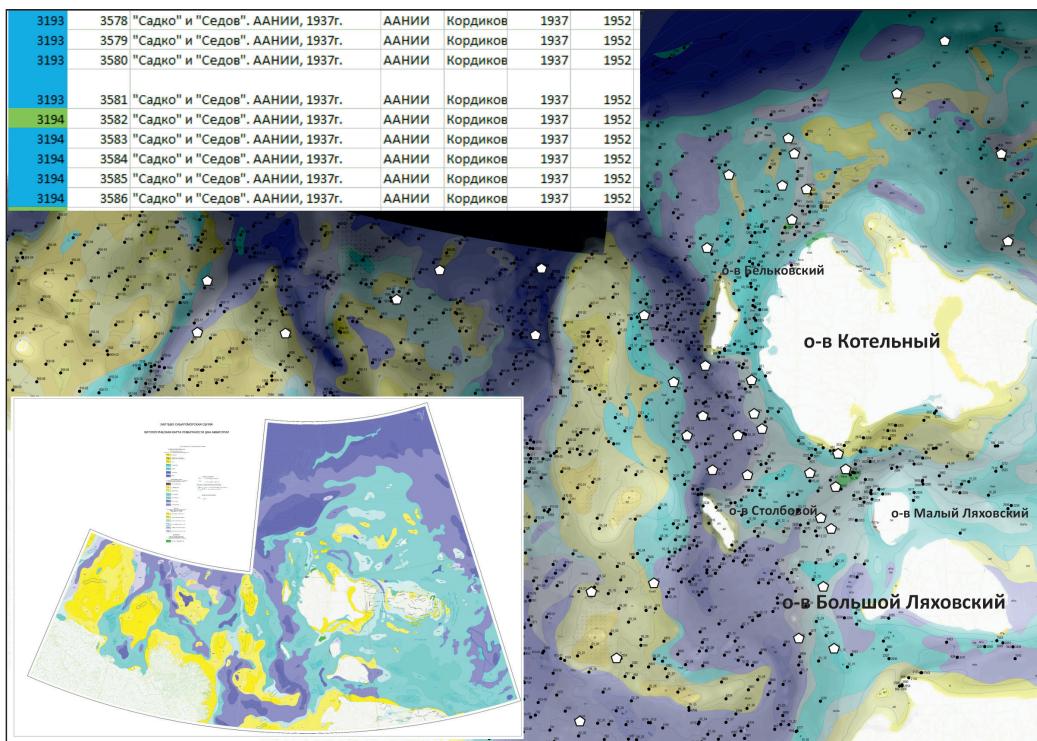


Рис. 5. Станции отбора проб донных отложений, выполненные в 1937 г. (показаны белыми точками), на черновике литологической карты дна акватории м-ба 1:10 000 000 Лаптево-Сибироморской серийной легенды

Fig. 5. Bottom sediment sampling stations completed in 1937 (shown as white dots) on the draft lithological map of the water bottom area at a scale of 1:10,000,000 of the Laptev-Siberian Sea serial legend

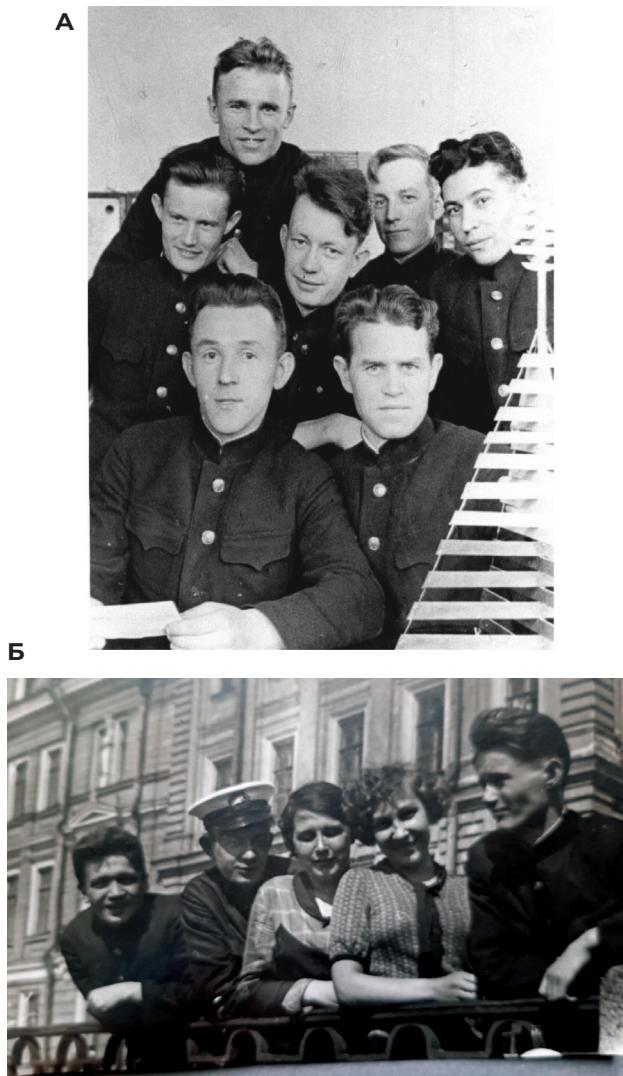
дрейфа «Седова» получили звания Героя Советского Союза.

Судьба же руководителей Третьей высокоширотной экспедиции, закончившейся «дрейфующей зимовкой», была трагической. Сразу по возвращении с героической зимовки на «Садко», «Седове» и «Малыгине» арестованы Петр Владимирович Орловский (21 мая), Николай Иванович Евгенов (в ночь на 27 мая),

Рудольф Лазаревич Самойлович и Михаил Михайлович Ермолаев (в июле 1938 года). «На волне репрессий в стране грянуло так называемое «дело гидрографов». 13 известных полярных исследователей были обвинены в измене родине и создании контрреволюционной диверсионно-террористической организации» [30]. П.В. Орловский и Р.Л. Самойлович были расстреляны. Н.И. Евгенов и М.М. Ермолаев после длительного заключения смогли вернуться к научной и образовательной деятельности [10].

В этом же печальном ряду, вероятно, следует назвать фамилию студента 3-го курса К.В. Гедройца, который вернулся в Ленинград с практики на л/п «Малыгин» 22 ноября 1937 года. 2 января 1938 года датируется приказ по институту: «Отчислить из списков студента III курса Янчевского И.А. со 2 января 1938 года. Отчислить из списков студента IV курса Гедройца К.В. со 2 января 1938 года» [26, с. 2]. В отличие от обычных формулировок об отчислении или переводе на другой курс, которые содержат детальные мотивировки об академических задолженностях и не сданных вовремя экзаменах, этот приказ свидетельствует о других причинах отчисления. Сведений о судьбе К.В. Гедройца найти не удалось, однако известно, что, по данным проекта «Возвращенные имена», отчисленный в один день с ним Иосиф Адамович Янчевский, студент Гидрографического института, был арестован 29 декабря 1937 г. Комиссией НКВД и Прокуратуры СССР, 17 января 1938 г. приговорен по ст. 58-6 УК РСФСР к высшей мере наказания и расстрелян в г. Ленинграде 25 января 1938 г. [<https://visz.nlr.ru/person/show/268938>].

Первый выпуск Гидрографического института [1, рис. 1] состоялся 1 июля 1938 года. Дипломы с отличием получили Дмитриев Н.Д., Колосков Г.В. и Малютин Б.Г. [26, с.70]. Были выпущены именные бронзовые посеребренные знаки 1-го выпуска, ставшие в настоящее время раритетом. «Для организации проведения 2 июля 1938 года вечера, посвященного первому выпуску инженеров-гидрографов Гидрографического института Главсевморпути», под председательством проф. Б.М. Яновского была назначена комиссия (трогательная деталь — от «совета жен» в нее вошли Е.И. Ющенко и М.И. Белоновская) [26, с. 104]. Б.Г. Малютин в ноябре 1938 года поступил в аспирантуру [26, с. 189] (рис. 6).



**Рис. 6.** Выпускники Гидрографического института, июль 1938 г. А — слева направо нижний ряд: А.И. Постников, Г.С. Крутов; второй ряд: Н.Д. Дмитриев, Н.П. Мальцев, Г.Е. Ланцетов, Г.В. Колосков; верхний ряд: В.Я. Калин. Б — Ленинград, июнь 1938 г. (слева направо, за исключением девушек): Д.К. Шереметьев, Н.П. Мальцев, Н.Д. Дмитриев (из семейного архива автора)

**Fig. 6.** Graduates of the Hydrographic Institute, July 1938. A — from left to right, bottom row: A.I. Postnikov and G.S. Krutov; second row: N.D. Dmitriev, N.P. Maltsev, G.E. Lantsetov and G.V. Koloskov; top row: V.Ya. Kalin. B — Leningrad, June 1938 (from left to right, excluding women): D.K. Sheremetev, N.P. Maltsev and N.D. Dmitriev (photo from the author's family archive)

Через полгода после возвращения с зимовки летом 1938 года, 4 января 1939 года, институт окончили В.И. Артамонов, В.Н. Бахвалов, З.С. Борисов, И.И. Долотов, Б.М. Екатеринин, В.П. Кожухов (диплом с отличием), Б.А. Крониковский, И.Б. Школьников и Н.Д. Якимов [27, с. 17].

Семнадцать студентов следующего курса — Н.Я. Колодиев, А.П. Лейкин, В.Г. Скворцов, Я.В. Вариес, С.А. Бузо, И.Ф. Тыткин, Х.У. Илайев, В.И. Вильчинский, В.П. Юнок, А.П. Назаров, Л.И. Виноградов, В.А. Оглоблин, Н.М. Саламатин, И.П. Григоров, П.Г. Скворцов и Н.Н. Настай — окончили Гидрографический институт 7 августа 1939 года [27, с. 118]. Из приказов по личному составу ГУСМП [28] следует, что успешно окончил институт и начал работать в гидрографии их однокурсник И.П. Краснощеков.

Формально последним, в марте 1940 года, получил диплом «первый ученик» первого выпуска — В.Х. Буйницкий. 7 марта на совместном заседании Ученого совета и государственной экзаменационной комиссии Гидрографического института он прочитал доклад об исследованиях, выполненных во время дрейфа л/п «Георгий Седов», который был зачен в качестве дипломной работы, ему вручили диплом с отличием об окончании вуза и присвоили звание инженера-гидрографа [29].

В ЦГА СПб и РГАЭ удалось также найти большое количество материалов, содержащих сведения о работе студентов первого и второго выпусков Гидрографического института в Арктике, а также их участии в Великой Отечественной войне. Анализу этих данных будет посвящена следующая статья цикла.

## Литература

1. Рябчук Д.В. Первый выпуск Гидрографического института Севморпути (1935–1939 гг.). Преподаватели и студенты. Арктика и инновации. 2025;3(3):18–37. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-3-18-37>
2. Рузов С.С. Готовим гидрографов-полярников. Советская Арктика. 1935;(2, сентябрь):36–39.
3. Двадцать семь месяцев на дрейфующем корабле «Георгий Седов»: материалы о геройской экспедиции пятнадцати полярных моряков на борту ледокольного корабля «Георгий Седов» (1937–1940). Ленинград: Изд-во Главсевморпути; 1940.
4. Буйницкий В.Х. 812 дней в дрейфующих льдах: Дневник. Москва, Ленинград: Изд-во Главсевморпути; 1945.
5. Буйницкий В.Х. Основные итоги и перспективы научно-исследовательских работ Арктического института. Доклады юбилейной сессии. Москва, Ленинград: Издательство Главсевморпути; 1945.
6. Бадигин К.С. Три зимовки во льдах Арктики. Москва: Молодая гвардия; 1950.
7. Николаева А.Г., Хромцова М.С. Ледовыми трассами. Ленинград: Гидрометеоиздат; 1980.
8. Попов С.В. Автографы на картах. Архангельск: Северо-Западное книжное издательство; 1990.
9. Корелский В.П. На моем веку: Воспоминания, предания рода, размышления старейшего северного капитана. Архангельск: Правда Севера; 1996.
10. Евгенова Н.Н. Студеные вахты: воспоминания об исследователе Арктики. СПб: Нестор-История; 2006.
11. Емелина М.А., Савинов М.А., Филин П.А. Летопись Арктического института: от Севэкспедиции до ГНЦ РА ААНИИ, 1920–2020 гг. История полярных исследований. Том I. Москва: Паулсен; 2020.
12. РГАЭ. Ф. 9570. Оп. 2. Д. 794. Рейсовые донесения капитанов судов за 1937 год. 139 с.
13. Архив ГУРМФ. Ф. 1. Оп. 1. Архив 2. Гидрографический институт Главсевморпути при СНК СССР. Управление делами. Приказы директора института за 1936 г. 205 л.
14. Постников А.И. Катастрофы на море. Гибель парома «Эстония». Санкт-Петербург: Судостроение; 1999.
15. Воробьев В.И. Гидрографические работы в Арктике. Советская Арктика. 1936;(12):92–95.
16. Архив ГУРМФ. Ф. 1. Оп. 1. Архив 3. Гидрографический институт Главсевморпути при СНК СССР. Управление делами. Приказы директора института за 1937 г. 202 л.

17. Емелина М.А. Научное значение дрейфа ледокольного парохода «Г. Седов» (1937–1940). *Российские полярные исследования*. 2022;(4):38–42.
18. РГАЭ. Ф. 9570. Оп. 2. Д. 696. Сводка движения судов за 1936 г. 36 с.
19. РГАЭ. Ф. 9570. Оп. 7. Д. 43. Л.7. Ледокольный пароход «Малыгин».
20. Крастин Э.Ф. Арктическая навигация 1937 года. *Советская Арктика*. 1937;(7, июль): 23–25.
21. Маккавеев П.А. День полярных станций. Остров Уединения. *Советская Арктика*. 1938;(1):43–44.
22. Маккавеев П.А. Остров Уединения. Москва: Гос. изд-во географической литературы; 1957.
23. РГАЭ. Ф. 9570. Оп. 7, Д. 43. Л. 18. Ледокольный пароход «Малыгин» в проливе Маточкин Шар. 1937.
24. Жонголович И.Д. Виктор Харламьевич Буйницкий. В: Двадцать семь месяцев на дрейфующем корабле «Георгий Седов». Москва: Изд-во Главсевморпути; 1940, с. 64–72.
25. Бурский А.З., Яковлева Т.В., Маркова Т.В., Денисевич О.А. Банк данных «Морское донное опробование» шельфа Арктических морей России и Северного Ледовитого океана (пример его использования). *Региональная геология и металлогения*. 2014;(57):17–26.
26. Архив ГУРМФ. Ф. 1. Оп. 1. Архив 4. Гидрографический институт Главсевморпути при СНК СССР. Управление делами. Приказы директора института за 1938 год. 209 л.
27. Архив ГУРМФ. Ф. 1. Оп. 1. Архив 6. Гидрографический институт Главсевморпути при СНК СССР. Управление делами. Приказы директора института за 1939 год. 202 л.
28. ЦГА СПб. Фонд Р-3365. Опись 5. Дело 25. Приказы по личному составу № с 117 по 288. Том 2. 30.07.1940–31.12.1940 гг. 291 л.
29. ЦГА СПб. Фонд Р-3071. Опись 1. Дело 82. Стенографический отчет заседания Ученого Совета института совместно с государственной экзаменационной комиссией по докладу Буйницкого В.Х. «Результаты научных работ во время дрейфа орденоносного ледокольного судна «Седов»». 34 л.
30. Земцов А.Н. (ред.). Враги народа за Полярным кругом: сб. статей. Москва: Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН; 2007, с. 7–92.

## References

1. Ryabchuk D.V. First graduates of the Hydrographic Institute (1935–1939). Professors and students. *Arctic and Innovations*. 2025;3(3):18–37. (In Russ.). <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-3-18-37>
2. Ruzov S.S. Training polar hydrographers. *Sovetskaya Arktika*. 1935;(2):36–39. (In Russ.).
3. Twenty-seven months on the drifting ship Georgy Sedov: materials about the heroic expedition of fifteen polar sailors aboard the icebreaker Georgy Sedov (1937–1940). Leningrad: Glavsevmorput Publ.; 1940. (In Russ.).
4. Buinitskii V.Kh. 812 Days Adrift in the Ice: a Journal. Moscow, Leningrad: Glavsevmorput Publ.; 1945. (In Russ.).
5. Buinitskii V.Kh. Main Results and Prospects of Research Work at the Arctic Institute: Proceedings of the anniversary session. Moscow, Leningrad: Glavsevmorput Publ.; 1945. (In Russ.).
6. Badigin K.S. Three Winters in the Arctic Ice. Moscow: Molodaya Gvardiya Publ; 1950. (In Russ.).
7. Nikolaeva A.G., Kromtsova M.S. Through the Ice Routes. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1980. (In Russ.).
8. Popov S.V. Autographs on Maps. Arkhangelsk: North-Western Book Publ.; 1990. (In Russ.).
9. Korel'skii V.P. In My Lifetime: Memories, Family Legends, Reflections [of the Oldest Northern Captain]. Arkhangelsk: Pravda Severa Publ; 1996. (In Russ.).
10. Evgenova N.N. Cold Watches: Memories of an Arctic Explorer. St. Petersburg: Nestor-Istoriya Publ.; 2006. (In Russ.).
11. Emelina M.A., Savinov M.A., Filin P.A. Chronicle of the Arctic Institute: from the Northern Expedition to the State Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 1920–2020. History of Polar Research. Vol. 1. Moscow: Paulsen Publ.; 2020. (In Russ.).
12. Russian State Economic Archive. Fund 9570. Inventory 2. Case 794. Ship captains' voyage reports for 1937. 1937. 139 p. (In Russ.).

13. Archive of the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. Fund 1. Inventory 1. Archive 2. Hydrographic Institute of the Chief Directorate of the Northern Sea Route under the Council of People's Commissars of the USSR. Administrative Department. Orders of the Director of the Institute for 1936. 205 pages. (In Russ.).
14. Postnikov A.I. Maritime Disasters: The Sinking of the Ferry Estonia. St. Petersburg: Sudostroenie Publ.; 1999. (In Russ.).
15. Vorob'ev V.I. Hydrographic works in the Arctic. Sovetskaya Arktika. 1936;(12):92–95. (In Russ.).
16. Archive of the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. Fund 1. Inventory 1. Archive 3. Hydrographic Institute of the Chief Directorate of the Northern Sea Route under the Council of People's Commissars of the USSR. Administrative Department. Orders of the Director of the Institute for 1937. 202 pages. (In Russ.).
17. Emelina M.A. The scientific significance of the drift of the icebreaker "G. Sedov" (1937–1940). Rossiiskie polyarnye issledovaniya. 2022;(4):38–42. (In Russ.).
18. Russian State Economic Archive. Fund 9570. Inventory 2. Case 696. Vessel traffic summary for 1936. 36 p. (In Russ.).
19. Russian State Economic Archive. Fund 9570. Inventory 7. Case 43. Page 7. Icebreaker Malygin.
20. Krastin E.F. Arctic navigation in 1937. Sovetskaya Arktika. 1937;(7):23–25. (In Russ.).
21. Makkaveev P.A. Day of polar stations. Uedineniya Island. Sovetskaya Arktika. 1938;(1):43–44. (In Russ.).
22. Makkaveev P.A. Uedineniya Island. Moscow: State Publishing House of Geographical Literature; 1957. (In Russ.).
23. Russian State Economic Archive. Fund 9570. Inventory 7. Case 43. Page 18. Icebreaker Malygin in the Matochkin Shar Strait. 1937.
24. Zhongolovich, I.D. Viktor Kharlampievich Buinitsy. In: Twenty-seven months on the drifting-ship Georgy Sedov. Leningrad: Glavsevmorput Publ.; 1940; pp. 64–72. (In Russ.).
25. Burskiy A.Z., Yakovleva T.V., Markova T.V., Denisevich O.A. The Marine Bottom Sampling Data Bank of the shelf of the Arctic Seas of Russia and the Arctic Ocean (an example of its use). Regional Geology and Metallogeny. 2014;(57):17–26. (In Russ.).
26. Archive of the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. Fund 1. Inventory 1. Archive 4. Hydrographic Institute of the Chief Directorate of the Northern Sea Route under the Council of People's Commissars of the USSR. Administrative Department. Orders of the Director of the Institute for 1938. 209 pages. (In Russ.).
27. Archive of the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. Fund 1. Inventory 1. Archive 6. Hydrographic Institute of the Chief Directorate of the Northern Sea Route under the Council of People's Commissars of the USSR. Administrative Department. Orders of the Director of the Institute for 1939. 202 pages. (In Russ.).
28. Central State Archive of St. Petersburg. Fund R-3365. Inventory 5. Case 25. Orders on personnel from 117 to 288. Volume 2. 30.07.1940–31.12.1940. 291 p. (In Russ.).
29. Central State Archive of St. Petersburg. Fund R-3071. Inventory 1. Case 82. Transcript of the meeting of the Academic Council of the Institute and the State Examination Commission on the report by V. Kh. Buinitskii, "Results of scientific work during the drift of the icebreaker Sedov." 34 pages. (In Russ.).
30. Zemtsov A.N. (ed.). Enemies of the people beyond the Arctic circle. Collection of articles. Moscow: S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of Russian Academy of Sciences Publ.; 2007, pp.7–92. (In Russ.).

## Сведения об авторе

Рябчук Дарья Владимировна — кандидат геолого-минералогических наук, зав. отделом региональной геоэкологии и морской геологии, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.А. Карпинского», Россия, 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., 74

## Information about the author

Darya V. Ryabchuk — Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Departmental Head, Department of Regional Geoecology and Marine Geology, Karpinsky Russian Geological Institute  
Russia, 199106, St. Petersburg, Sredny Ave., 74  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2266-8688>

Scopus ID 23478132400

РИНЦ ID 155952

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2266-8688>

SPIN-код 6655-6905

Тел.: +7 (921) 789-33-67

E-mail: [Daria\\_Ryabchuk@mail.ru](mailto:Daria_Ryabchuk@mail.ru)

Scopus ID: 23478132400

RSCI ID: 155952

SPIN-code: 6655-6905

Tel.: +7 (921) 789-33-67

E-mail: [Daria\\_Ryabchuk@mail.ru](mailto:Daria_Ryabchuk@mail.ru)

## Вклад автора

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

## Author contribution statement

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

## Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам Российского государственного архива экономики (РГАЭ), Центрального государственного архива Санкт-Петербурга (ЦГА СПб), архива Государственного университета морского и речного флота им. С.О. Макарова (ГУМРФ), а также директору филиала Музея Мирового океана в Санкт-Петербурге «Ледокол Красин» Ирине Олеговне Стонт, руководителю отдела фонда данных и научно-технической информации ААНИИ Владимиру Юрьевичу Замятину, заведующему историко-просветительским комплексом по истории академии и морского флота ГУМРФ Юрию Леонидовичу Дьяченко за помощь и консультации. Особую благодарность хочется выразить ректору ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова», д.т.н. профессору С.О. Барышникову за возможность работы в архиве института.

## Acknowledgments

The author expresses her deep gratitude to the staff of the Russian State Archive of Economics, Central State Archive of St. Petersburg, archive of the Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, as well as to Irina O. Stont, the director of the Icebreaker Krasin branch of the World Ocean Museum in St. Petersburg, Vladimir Yu. Zamyatin, the head of the data fund and scientific and technical information department of the Arctic and Antarctic Research Institute, and Yuri L Dyachenko, the head of the historical and educational complex on the history of the academy and the navy of the Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, for their assistance and consultations. The author pays special tribute to the rector of the Makarov State University of Maritime and Inland Shipping Dr. Sci. (Engineering), Prof. S.O. Baryshnikov for the opportunity to work in the Institute's archive.

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 330.15, 553.3.072

ББК 26.34, 33.3

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-47-56>



# Перспективы глубокой переработки бадделеитового концентрата в контексте мирового рынка скандия

Калашников А.О.<sup>1</sup>, Данилин К.П.<sup>2</sup>✉, Дядик В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Филиал ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет»  
в г. Апатиты, Апатиты, Россия

<sup>2</sup> Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина ФГБУН ФИЦ  
«Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты,  
Россия

[✉k.danilin@ksc.ru](mailto:k.danilin@ksc.ru)

**Аннотация.** В статье представлен комплексный анализ перспектив глубокой переработки бадделеитового концентрата Ковдорского месторождения в контексте развития мирового рынка скандия. Исследование выявляет парадоксальную ситуацию в российской редкometалльной отрасли: при наличии значительных ресурсов скандия в различных типах месторождений страна остается поставщиком сырья на мировой рынок при ограниченном внутреннем производстве. На основе актуальных рыночных данных проведена стоимостная оценка полезных компонентов бадделеитового концентрата, показавшая, что потенциальная выручка от переработки одной тонны сырья может достигать 1,62 млн долларов. Установлено, что ключевым фактором экономической эффективности является глубина переработки, определяющая разрыв в стоимости конечной продукции более чем в 1 млн долларов на тонну концентрата. Обоснована стратегическая целесообразность создания в России замкнутых технологических циклов переработки бадделеитового концентрата, что соответствует приоритетам развития Арктической зоны РФ и будет способствовать обеспечению технологического суверенитета страны в области редких и редкоземельных металлов.

**Ключевые слова:** скандий, бадделеитовый концентрат, Ковдорское месторождение, редкие металлы, глубокая переработка, минерально-сырьевая база, стоимостная оценка, Арктическая зона РФ

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

**Для цитирования:** Калашников А.О., Данилин К.П., Дядик В.В. Перспективы глубокой переработки бадделеитового концентрата в контексте мирового рынка скандия. Арктика и инновации. Арктика и инновации. 2025;3(4):47–56. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-47-56>

# Prospects for deep processing of baddeleyite concentrate in the context of global scandium market

Andrey O. Kalashnikov<sup>1</sup>, Konstantin P. Danilin<sup>2</sup>✉,  
Vladimir V. Dyadik<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Murmansk Arctic University, Apatity branch, Apatity, Russia

<sup>2</sup> Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

✉ [k.danilin@ksc.ru](mailto:k.danilin@ksc.ru)

**Abstract.** This article presents a comprehensive analysis of the prospects for deep processing of baddeleyite concentrate from the Kovdor deposit (Russia), which is of importance in the context of the growing global scandium market. At present, the Russian rare metals industry is characterized by a paradox. On the one hand, the country enjoys significant scandium resources contained in various types of deposits and remains a supplier of raw materials to the global market. On the other hand, domestic production of scandium is limited. The conducted cost assessment of valuable components in baddeleyite concentrate based on current market data showed that the potential revenue from processing one ton of raw material could reach 1.62 million US dollars. Processing depth was found to be the key factor of economic efficiency, which creates a gap in the value of the final product of over one million US dollars per ton of concentrate. The strategic feasibility of establishing closed-loop technological cycles for processing baddeleyite concentrate in Russia is substantiated. This aligns with the development priorities of the Russian Arctic Zone in terms of ensuring technological sovereignty in the field of rare and rare-earth metals.

**Keywords:** scandium, baddeleyite concentrate, Kovdor deposit, rare metals, deep processing, mineral resource, cost assessment, Russian Arctic Zone

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

**For citation:** Kalashnikov A.O., Danilin K.P., Dyadik V.V. Prospects for deep processing of baddeleyite concentrate in the context of global scandium market. *Arctic and Innovation*. 2025;3(4):47–56. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-47-56>

## Введение

Скандий представляет собой стратегически важный редкий металл с уникальными свойствами, находящий применение в авиакосмической промышленности, автомобилестроении, ядерной энергетике, оптике и других высокотехнологичных отраслях. Скандий — мягкий серебристый металл с высокой температурой плавления (1538 °C). В природе существует только один стабильный изотоп, <sup>45</sup>Sc, и он всегда находится в степени окисления +3.

Россия обладает колоссальной минерально-сырьевой базой скандия, заключенной в рудах различных типов месторождений, при этом заметная часть мирового скандия извлекается за рубежом из экспортруемого российского сырья, в то время как вну-

треннее производство остается на довольно низком уровне. Преодоление этого сырьевого парадокса и создание замкнутого высокотехнологичного цикла от добычи сырья до выпуска конечной продукции является одной из ключевых задач в области стратегического развития редкometалльной отрасли России.

## Анализ рынка скандия: мировые тенденции и российские реалии

Потребление скандия в мире в пересчете на оксид ( $Sc_2O_3$ ) в 2024 году оценивается в диапазоне от 25 до 30 тонн в год [1, 2]. Российский сегмент этого рынка, по экспертным оценкам, составляет около 4 тонн  $Sc_2O_3$  в год. Основная сфера применения на внутреннем рынке — создание

алюминиево-скандиевых сплавов для нужд аэрокосмической и оборонной промышленности. Крупнейшим отечественным потребителем является, в частности, ООО «Орион-Спецсплав-Гатчина».

Стоимостные показатели рынка находятся в значительном диапазоне. Так, мировой рынок скандия оценивается от 350 до 700 млн долларов. Российский рынок, соответственно, можно приблизительно оценить в 2 млрд рублей в год. Ценовая конъюнктура по состоянию на середину 2025 года характеризуется следующими значениями: оксид скандия чистотой 99,99 % оценивается в 642,22 долл./кг (EXW Китай), в то время как стоимость металлического скандия аналогичной чистоты достигает 3177,17 долл./кг [3].

Современная конъюнктура мирового рынка скандия характеризуется рядом устойчивых тенденций, обусловленных как ростом спроса со стороны высокотехнологичных отраслей, так и трансформацией производственно-сырьевой базы.

Во-первых, наблюдается устойчивый рост объемов рынка и его стоимостных показателей. По состоянию на 2024 год нижняя оценка мирового рынка скандия составляет 350 млн долларов, и к 2030 году прогнозируется её рост до 490 млн долларов [2, 3]. Данная динамика стимулирует инвестиции в разведку новых месторождений и расширение производственных мощностей.

Во-вторых, происходит стратегическое расширение сырьевой базы за счет перехода к комплексной переработке минерального и техногенного сырья. Традиционная добыча скандия из редких собственных минералов (таких, как тортвейтит) в последние 30 лет уступила место попутному извлечению из отходов основных производств. Наиболее перспективными источниками становятся «красные шламы» алюминиевой промышленности (проекты «РУСАЛА» в России и др.) [4–8], а также попутное извлечение при добыче титана и урановых руд [9–12]. Этот тренд не только повышает экономическую рентабельность за счет снижения удельных затрат, но и вносит вклад в решение экологических проблем, обеспечивая при этом стабильность цепочек поставок.

В-третьих, значительное влияние на отрасль оказывают технологические инновации и це-

ленаправленные государственные инвестиции. Разработка и внедрение эффективных гидрометаллургических и экстракционных технологий позволяют снизить себестоимость конечной продукции и повысить ее чистоту. Ярким примером является технология получения высокочистого (99,99 %) металлического скандия, разработанная предприятиями Росатома [13]. Одновременно с этим правительства ведущих стран (США, государства ЕС) включают скандий в перечни критически важных полезных ископаемых, что создает основу для мер государственной поддержки и стимулирует создание национальных производственных цепочек [14].

Наконец, отчетливой тенденцией является географическая диверсификация источников поставок. Исторически на рынке доминировал Китай, однако в последнее время активно развиваются проекты в других регионах, включая Австралию (Scandium International Mining Corp.), Россию («РУСАЛ», «Росатом»), Канаду (Scandium Canada Ltd.) и страны СНГ [1, 2, 15]. Эта диверсификация способствует снижению стратегических рисков, связанных с концентрацией производства в одном регионе, и усиливает конкурентную среду на глобальном рынке.

Таким образом, мировой рынок скандия эволюционирует от модели, зависимой от ограниченного числа источников сырья, к более диверсифицированной, технологичной и устойчивой структуре, что создает благоприятные условия для его долгосрочного развития.

Обобщенно тренды изменения конъюнктуры рынка скандия и прогноз их влияния на рынок в среднесрочной перспективе представлены в таблице 1.

Производственная база скандия в России на текущий момент ограничена. Единственным официально заявленным производителем металлического скандия и его оксида является предприятие Росатома — АО «Далур», мощности которого позволяют производить 1,5–2 тонны продукции в год. Однако, по оценкам экспертов отрасли, реальный объем выпуска не превышает нескольких сотен килограммов. Значительным потенциалом обладает проект «РУСАЛА», планирующий к концу 2025 года запуск опытной установки по производству 1,5 тонны оксида скандия в год. Таким образом, существует

**Таблица 1.** Основные мировые тенденции в добыче и производстве скандия**Table 1.** Main trends in scandium mining and production

Тренд	Проявление и примеры	Среднесрочный прогноз влияния на рынок
Устойчивый рост рынка	Мировой рынок скандия оценивается в 350 млн \$ (2024 г.), прогнозируется рост до 490+ млн \$ к 2030 году	Создает стимулы для инвестиций в новые проекты и расширение мощностей
Расширение сырьевой базы и вовлечение техногенных месторождений	Извлечение отходов производства (красных шламов) и попутное извлечение при добыче других видов сырья (титана и урана)	Повышает рентабельность текущих добывающих производств, решает экологические проблемы, стабилизирует цепочку поставок
Технологические инновации и стратегические инвестиции	Разрабатываются технологии получения высокочистого металлического скандия. Скандий включается в перечни критических металлов	Снижает себестоимость, улучшает качество продукции, стимулирует создание новых национальных производств
Географическая диверсификация поставок	Исторически доминировал Китай. Сейчас развиваются проекты в Австралии, Канаде, России и др.	Снижает риски цепочек поставок, усиливает глобальную конкуренцию, увеличивает национальный сырьевой суверенитет

Источник: составлено авторами

Source: compiled by the authors

значительный разрыв между потенциальным внутренним спросом, оцениваемым в 4 тонны, и фактическим предложением, что создает устойчивую потребность в организации новых производств.

При этом ресурсная база скандия России довольно большая. Разведаны уникальное Томторское Nb-Sc-REE месторождение на северо-западе Якутии; Кумирское Sc-U-PЗЭ месторождение (Горный Алтай); оценены запасы в хвостохранилищах бокситового производства (красные шламы); оценены запасы скандия Далматовского и Добровольского урановых месторождений, разрабатываемых методом подземного выщелачивания [2, 9, 12, 16, 17]. Кроме того, для Ковдорского бадделеит-апатит-магнетитового месторождения дана авторская оценка стоимости неизвлеченных запасов скандия [18].

## Ковдорское месторождение как стратегический сырьевой источник скандия в Арктике

Ковдорское месторождение (Мурманская область) представляет собой уникальный комплексный рудный объект, содержащий запасы магнетита, апатита, бадделеита и других полезных ископаемых [19, 20]. Бадделеит ( $ZrO_2$ ) является основным циркониевым минералом Ковдорского месторождения и одновременно главным концентратором скандия.

Бадделеитовый концентрат, производимый АО «Ковдорский ГОК», представляет собой мелкодисперсный порошок черного цвета. Помимо основного компонента — оксида циркония ( $ZrO_2$ ), содержание которого составляет 94–98 %, концентрат содержит целый спектр ценных попутных элементов: гафний, ниобий, tantal, скандий.

В таблице 2 приведена стоимостная оценка основных ценных компонентов, присутствующих в одной тонне бадделеитового концентрата Ковдорского месторождения. Для каждого элемента указаны различные формы товарной продукции, их рыночная стоимость (в USD за килограмм), расчетное содержание в концентрате (в процентах) и итоговая стоимость, которую можно получить из одной тонны сырья для каждой товарной формы.

Анализ таблицы позволяет выделить три ключевые группы компонентов, определяющие его высокую экономическую ценность.

1. Ключевым драйвером стоимости выступает цирконий, который в форме губки  $Zr + Hf$  99,4 % вносит наибольший вклад в общую стоимость концентрата — от 412 607 до 1 441 019 USD/т. Его доминирующее положение обусловлено исключительно высоким содержанием в бадделеите (около 94–98 % в пересчете на оксид) в сочетании со значительной стоимостью высококачественных товарных форм.

**Таблица 2.** Стоимостная оценка полезных компонентов в 1 тонне бадделеитового концентрата Ковдорского месторождения**Table 2.** Cost estimate of useful components in 1 ton of baddeleyite concentrate from the Kovdor deposit

Элемент	Соединение	USD/кг	Содержание в бадделеите, %	USD в одной тонне бадделеитового концентрата
Скандий	$Sc_2O_3$	642	0,078	50 076
	Sc металл 99,99 %	3 177	0,029	90 697
	Sc металл 99,999 %	5 123	0,029	146 251
Цирконий	Плавленый $Zr(Hf)O_2$ 98,5 %	4	94–98	412 607
	$Zr + Hf$ 99,4 % губка	20	71	1 441 019
Ниобий	$Nb_2O_5$ 99,5 %	53	0,253	13 487
	$Nb_2O_5$ 99,99 %	58	0,253	14 565
Тантал	Ta металл 99,95 %	344	0,046	15 765
	$Ta_2O_5$ 99,5 %	220	0,112	24 631
	$Ta_2O_5$ 99,99 %	256	0,112	28 694
Сумма по минимальной стоимости товарных продуктов				500 801
Сумма по максимальной стоимости товарных продуктов				1 617 601

Источник: составлено авторами по собственным данным, данным из [18, 20] и аналитического агентства Asianmetal (Asianmetal.com)

Source: compiled by the authors based on their own data, data from [18, 20], and the Asianmetal analytical agency (Asianmetal.com)

2. Особое значение как высокомаржинальный компонент имеет скандий. Несмотря на низкое содержание в концентрате (0,078 % в пересчете на оксид), он обеспечивает от 50 076 до 146 251 USD/т стоимости. Крайне высокая удельная стоимость товарных форм скандия, особенно металла чистотой 99,999 % (5123 USD/кг), делает его стратегически важным компонентом. Именно ради его извлечения может быть экономически оправдана организация сложного гидрометаллургического передела, требующего значительных инвестиций и передовых технологий.

3. Существенный вклад в общую стоимость вносят попутные ценные компоненты — ниобий и тантал. Ниобий добавляет к стоимости 13,5–14,5 тыс. USD/т, а тантал вносит дополнительно 15,8–28,7 тыс. USD/т. Совокупный вклад этих металлов является существенным фактором, дополнительно повышающим рентабельность комплексной переработки сырья и укрепляющим экономическую целесообразность проекта в целом.

Суммарная потенциальная стоимость одной тонны бадделеитового концентрата варьируется в значительном диапазоне, определяемом глубиной передела и качеством конечных товарных продуктов. Минимальная оценка в 0,5 млн USD/т складывается при выпуске базовых продуктов: оксида скандия,

плавленого диоксида циркония, оксида ниobia и металлического тантала. В то же время максимальная оценка в 1,62 млн USD/т достигается при ориентации на производство высококачественных продуктов, а именно высокочистого металлического скандия, циркониевой губки, а также высокочистых оксидов ниobia и тантала. Этот разрыв в миллион долларов на тонну сырья наглядно демонстрирует критическую важность развития передовых технологий глубокой переработки для максимизации экономического эффекта от освоения сырьевой базы.

## Обсуждение

Проведенный анализ однозначно свидетельствует о стратегической целесообразности организации глубокой переработки бадделеитового концентрата Ковдорского месторождения. Потенциальная валовая выручка, достигающая 1,62 млн долларов на тонну сырья, трансформирует традиционное восприятие бадделеита как циркониевого сырья в стратегический многокомпонентный ресурс высшего порядка. Однако реализация этого потенциала требует преодоления ряда технологических и экономических вызовов.

Ключевым выводом исследования является необходимость реализации комплексного технологического подхода, создающего

возможность селективного извлечения каждого полезного компонента. Как демонстрирует стоимостный анализ, ориентация исключительно на цирконий или скандий приведет к безвозвратной потере до 70 % потенциальной стоимости, заключенной в попутных компонентах. Это обуславливает потребность в создании многостадийных гидрометаллургических и ионообменных схем, обеспечивающих селективное извлечение всех ценных элементов.

Особого внимания заслуживает выявленная сильная зависимость прогнозной выручки от глубины передела и качества конечной продукции. Разрыв в 1,1 млн долларов за тонну между минимальной и максимальной оценками потенциальной стоимости подчеркивает критическую важность развития в России технологий глубокой переработки, включая производство циркониевой губки и высокочистого металлического скандия. Отсутствие таких технологий на промышленном уровне будет означать фактическое субсидирование зарубежных переработчиков, получающих добавленную стоимость от российского сырья.

В контексте мировых тенденций развития рынка скандия российские проекты по комплексной переработке бадделеита соответствуют ключевому тренду диверсификации сырьевой базы и источников поставок. Создание производства скандия из бадделеитового концентрата позволит России не только удовлетворить внутренние потребности в этом стратегическом металле, но и занять значимую долю на мировом рынке.

Реализация проекта переработки бадделеитового концентрата соответствует стратегическим приоритетам развития Арктической зоны РФ, предусматривающим создание высокотехнологичных производств на основе комплексного использования минеральных ресурсов [21]. Успешная реализация проекта потребует консолидации усилий научно-исследовательских организаций, промышленных предприятий и государственных институтов развития. Это придаст проекту комплексной переработки бадделеита федеральное значение в контексте обеспечения политики импортозамещения и технологического суверенитета Российской Федерации.

Перспективы дальнейших исследований видятся в следующих направлениях:

- 1) разработка и оптимизация технологических схем селективного извлечения скандия из бадделеитового концентрата;
- 2) проведение детального ТЭО создания промышленного производства с учетом капитальных и операционных затрат;
- 3) исследование рынков сбыта для всех компонентов комплексной переработки;
- 4) оценка экологической эффективности предлагаемых технологических решений.

Таким образом, глубокая переработка бадделеитового концентрата Ковдорского месторождения представляет собой экономически обоснованный и стратегически важный проект, способный обеспечить технологический суверенитет России в области редких и редкоземельных металлов.

## Выводы

1. Ковдорское месторождение представляет собой уникальный комплексный ресурс, где бадделеитовый концентрат содержит не только цирконий, но и стратегически важные примеси гафния, скандия, ниобия и тантала. Стоимостная оценка показывает, что потенциальная выручка от переработки одной тонны концентрата может достигать 1,62 млн долларов.
2. Ключевым фактором экономической эффективности является глубина переработки сырья. Разрыв между минимальной (0,5 млн USD/t) и максимальной (1,62 млн USD/t) оценками стоимости демонстрирует важность развития технологий глубокой переработки, позволяющих производить высококачественные товарные формы металлов.
3. Реализация проекта комплексной переработки бадделеитового концентрата соответствует стратегическим приоритетам развития Арктической зоны РФ и будет способствовать обеспечению технологического суверенитета России в области редких и редкоземельных металлов.
4. Для практической реализации проекта необходима консолидация усилий научно-

исследовательских организаций, промышленных предприятий и государственных институтов развития, а также проведение дополнительных исследований в области технологий селективного извлечения, экономического обоснования и экологической оценки.

Перспективы развития производства скандия в России связаны с созданием замкнутых технологических циклов — от добычи сырья до выпуска конечной продукции, что позволит не только удовлетворить внутренние потребности, но и занять значимую долю на мировом рынке стратегических металлов.

## Литература

1. U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries 2022. Report. Reston, Virginia; 2022. <https://doi.org/10.3133/mcs2022>
2. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2023 году [интернет]. Москва; 2024. Режим доступа: [https://www.mnr.gov.ru/docs/o\\_sostoyanii\\_i\\_ispolzovani mineralno\\_syrevykh\\_resursov\\_rossiyskoy\\_federatsii/gosudarstvenny\\_doklad\\_o\\_sostoyani\\_ispolzovani mineralno\\_syrevykh\\_resursov\\_rossiyskoy\\_federatsii/](https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ispolzovani mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvenny_doklad_o_sostoyani_ispolzovani mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/)
3. Asian Metal [internet]. Available at: <https://www.asianmetal.com/>.
4. Liu Y., Naidu R. Hidden values in bauxite residue (red mud): Recovery of metals. Waste management. 2014;34(12):2662–2673. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.003>
5. Mudd G.M., Jowitt S.M., Werner T.T. The world's by-product and critical metal resources part I: Uncertainties, current reporting practices, implications and grounds for optimism. Ore Geology Reviews. 2016;86:924–938. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.05.001>
6. Ochsenku-Petropoulou M.T., Hatzilyberis K.S., Mendrinos L.N., Salmas C.E. Pilot-Plant Investigation of the Leaching Process for the Recovery of Scandium from Red Mud. Industrial & Engineering Chemistry Research. 2002;41(23):5794–5801. <https://doi.org/10.1021/ie011047b>
7. Wang W., Pranolo Y., Cheng C.Y. Recovery of scandium from synthetic red mud leach solutions by solvent extraction with D2EHPA. Separation and Purification Technology. 2013;108:96–102. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.02.001>
8. Zhou H., Li D., Tian Y., Chen Y. Extraction of scandium from red mud by modified activated carbon and kinetics study. Rare Metals. 2008;27(3):223–227. [https://doi.org/10.1016/s1001-0521\(08\)60119-9](https://doi.org/10.1016/s1001-0521(08)60119-9)
9. Быховский Л.З., Архангельская В.В., Тигунов Л.П., Ануфриева С.И. Перспективы освоения минерально-сырьевой базы и развития производства скандия в России и других странах СНГ. Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2007;(5):27–32.
10. Zhu Z., Pranolo Y., Cheng C.Y. Separation of uranium and thorium from rare earths for rare earth production — A review. Minerals Engineering. 2015;77:185–196. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2015.03.012>
11. Wang W., Pranolo Y., Cheng C.Y. Metallurgical processes for scandium recovery from various resources: A review. Hydrometallurgy. 2011;108(1–2):100–108. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2011.03.001>
12. Williams-Jones A.E., Vasyukova O. V. The Economic Geology of Scandium, the Runt of the Rare Earth Element Litter. Economic Geology. 2018;113(4):973–988. <https://doi.org/10.5382/econgeo.2018.4579>
13. Пироженко К.Ю. Сорбционное извлечение скандия из возвратных растворов скважинного подземного выщелачивания урана: дис. ... канд. техн. наук. Москва: Московский институт стали и сплавов; 2016.
14. Chakhmouradian A.R., Smith M.P., Kynicky J. From “strategic” tungsten to “green” neodymium: A century of critical metals at a glance. Ore Geology Reviews. 2015;64:455–458. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.06.008>
15. Scandium Canada Ltd. Crater Lake [internet]. Available at: <https://scandium-canada.com/crater-lake/> (accessed 12 November 2025).
16. Толстов А.В., Гунин А.П. Комплексная оценка Томторского месторождения. Вестник ВГУ. Серия Геология. 2001;(11):144–160.

17. Гусев А.И., Гусев Н.И. Магматизм и оруденение Кумирского рудного поля, Горный Алтай. Руды и металлы. 2009;(6):21–28.
18. Kalashnikov A.O., Yakovenchuk V.N., Pakhomovsky Y.A., Bazai A.V., Sokharev V.A., Konopleva N.G., Mikhailova J.A., Goryainov P.M., Ivanyuk G.Y. Scandium of the Kovdor baddeleyite–apatite–magnetite deposit (Murmansk Region, Russia): Mineralogy, spatial distribution, and potential resource. *Ore Geology Reviews*. 2016;72(Part 1):532–537. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.08.017>
19. Афанасьев Б.В. Минеральные ресурсы щёлочно-ультраосновных массивов Кольского полуострова. Санкт-Петербург: Роза ветров; 2011.
20. Ivanyuk G.Y., Kalashnikov A.O., Pakhomovsky Y.A., Mikhailova J.A., Yakovenchuk V.N., Konopleva N.G., Sokharev V.A., Bazai A.V., Goryainov P.M. Economic minerals of the Kovdor baddeleyite–apatite–magnetite deposit, Russia: mineralogy, spatial distribution and ore processing optimization. *Ore Geology Reviews*. 2016;77:279–311. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.02.008>
21. Стратегия пространственного развития Российской Федерации до 2025 года: распоряжение Правительства РФ от 13 февр. 2019 г. № 207-р [интернет]. Режим доступа: [https://www.economy.gov.ru/material/file/31593409eddf606620f49806c6ece205/130219\\_207-p.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/31593409eddf606620f49806c6ece205/130219_207-p.pdf).

## References

1. U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries 2022. Report. Reston, Virginia; 2022. <https://doi.org/10.3133/mcs2022>
2. State Report on the State and Use of Mineral Resources of the Russian Federation in 2023 [internet]. Moscow; 2024. Available at: [https://www.mnr.gov.ru/docs/o\\_sostoyanii\\_i\\_ispolzovanii\\_mineralno\\_syrevykh\\_resursov\\_rossiyskoy\\_federatsii/gosudarstvenny\\_doklad\\_o\\_sostoyani\\_i\\_ispolzovanii\\_mineralno\\_syrevykh\\_resursov\\_rossiyskoy\\_federatsii/](https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvenny_doklad_o_sostoyani_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/)
3. Asian Metal [internet]. Available at: <https://www.asianmetal.com/>.
4. Liu Y., Naidu R. Hidden values in bauxite residue (red mud): Recovery of metals. Waste management. 2014;34(12):2662–2673. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.003>
5. Mudd G.M., Jowitt S.M., Werner T.T. The world's by-product and critical metal resources part I: Uncertainties, current reporting practices, implications and grounds for optimism. *Ore Geology Reviews*. 2016;86:924–938. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.05.001>
6. Ochsenku-Petropoulou M.T., Hatzilyberis K.S., Mendrinos L.N., Salmas C.E. Pilot-Plant Investigation of the Leaching Process for the Recovery of Scandium from Red Mud. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2002;41(23):5794–5801. <https://doi.org/10.1021/ie011047b>
7. Wang W., Pranolo Y., Cheng C.Y. Recovery of scandium from synthetic red mud leach solutions by solvent extraction with D2EHPA. *Separation and Purification Technology*. 2013;108:96–102. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.02.001>
8. Zhou H., Li D., Tian Y., Chen Y. Extraction of scandium from red mud by modified activated carbon and kinetics study. *Rare Metals*. 2008;27(3):223–227. [https://doi.org/10.1016/s1001-0521\(08\)60119-9](https://doi.org/10.1016/s1001-0521(08)60119-9)
9. Bykhovsky L.Z., Arkhangelskaya V.V., Tiganov L.P., Anufrieva S.I. Development potentialities of the scandium resource base and production in Russia and other cis countries. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*. 2007;(5):27–32. (In Russ.).
10. Zhu Z., Pranolo Y., Cheng C.Y. Separation of uranium and thorium from rare earths for rare earth production — A review. *Minerals Engineering*. 2015;77:185–196. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2015.03.012>
11. Wang W., Pranolo Y., Cheng C.Y. Metallurgical processes for scandium recovery from various resources: A review. *Hydrometallurgy*. 2011;108(1–2):100–108. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2011.03.001>
12. Williams-Jones A.E., Vasyukova O. V. The Economic Geology of Scandium, the Runt of the Rare Earth Element Litter. *Economic Geology*. 2018;113(4):973–988. <https://doi.org/10.5382/econgeo.2018.4579>
13. Pirozhenko K.Yu. Sorption extraction of scandium from in-situ leaching return solutions of uranium [internet]. Moscow: National University of Science and Technology MISIS; 2016. (In Russ.).
14. Chakhmouradian A.R., Smith M.P., Kynicky J. From “strategic” tungsten to “green” neodymium: A century of critical metals at a glance. *Ore Geology Reviews*. 2015;64:455–458. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.06.008>

15. Scandium Canada Ltd. Crater Lake [internet]. Available at: <https://scandium-canada.com/crater-lake/> (accessed 12 November 2025).
16. Tolstov A.V., Gunin A.P. Comprehensive evaluation of Tomtor ore deposits. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology. 2001;(11):144–160. (In Russ.).
17. Gusev A.I., Gusev N.I. Magmatism and mineralization of the Kumir ore field, Gorny Altai. Rudy i metally = Ores and Metals. 2009;(6):21–28. (In Russ.).
18. Kalashnikov A.O., Yakovenchuk V.N., Pakhomovsky Y.A., Bazai A.V., Sokharev V.A., Konopleva N.G., Mikhailova J.A., Goryainov P.M., Ivanyuk G.Y. Scandium of the Kovdor baddeleyite–apatite–magnetite deposit (Murmansk Region, Russia): Mineralogy, spatial distribution, and potential resource. Ore Geology Reviews. 2016;72(Part 1):532–537. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.08.017>
19. Afanasyev B.V. Mineral resources of the alkaline-ultramafic massifs of the Kola Peninsula. St. Petersburg: Roza Vetrov; 2011. (In Russ.).
20. Ivanyuk G.Y., Kalashnikov A.O., Pakhomovsky Y.A., Mikhailova J.A., Yakovenchuk V.N., Konopleva N.G., Sokharev V.A., Bazai A.V., Goryainov P.M. Economic minerals of the Kovdor baddeleyite–apatite–magnetite deposit, Russia: mineralogy, spatial distribution and ore processing optimization. Ore Geology Reviews. 2016;77:279–311. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.02.008>
21. Spatial Development Strategy of the Russian Federation until 2025: Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation No. 207-r of February 13, 2019 [internet]. Available at: Moscow: [https://www.economy.gov.ru/material/file/31593409eddf606620f49806c6ece205/130219\\_207-p.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/31593409eddf606620f49806c6ece205/130219_207-p.pdf). (In Russ.).

## Сведения об авторах

**Калашников Андрей Олегович** — кандидат геолого-минералогических наук, директор учебно-научного центра «Инженерная школа АФ МАУ», ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», филиал в г. Апатиты, Россия, 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Лесная, влад. 29  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6766-7174>  
SCOPUS AuthorID: 36910721300  
ResearcherID: D-1532-2018  
РИНЦ AuthorID: 178980  
SPIN-код: 7529-2797  
Тел.: +7 (921) 035-50-56  
E-mail: [a.kalashnikov@ksc.ru](mailto:a.kalashnikov@ksc.ru)

**Данилин Константин Павлович** — стажер-исследователь, Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук», Россия, 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1550-0588>  
SCOPUS AuthorID: 58020282100  
ResearcherID: IAM-5239-2023  
РИНЦ AuthorID: 1149979  
SPIN-код: 8781-0736  
Тел.: +7 (900) 937-99-82  
E-mail: [k.danilin@ksc.ru](mailto:k.danilin@ksc.ru)

**Дядик Владимир Владимирович** — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук», Россия, 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14

## Information about the authors

**Andrey O. Kalashnikov** — Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Director of the Engineering School of the Murmansk Arctic University, Apatity Branch, Russia, 184209, Murmansk Oblast, Apatity, Lesnaya str., bldg. 29  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6766-7174>  
SCOPUS AuthorID: 36910721300  
ResearcherID: D-1532-2018  
RSCI AuthorID: 178980  
SPIN code: 7529-2797  
Tel.: +7 (921) 035-50-56  
E-mail: [a.kalashnikov@ksc.ru](mailto:a.kalashnikov@ksc.ru)

**Konstantin P. Danilin** — Research Intern, G.P. Luzin Institute of Economic Problems, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Russia, 184209, Murmansk Oblast, Apatity, Fersmana str., 14  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1550-0588>  
SCOPUS AuthorID: 58020282100  
ResearcherID: IAM-5239-2023  
RSCI AuthorID: 1149979  
SPIN code: 8781-0736  
Tel.: +7 (900) 937-99-82  
E-mail: [k.danilin@ksc.ru](mailto:k.danilin@ksc.ru)

**Vladimir V. Dyadik** — Cand. Sci. (Economics), Senior Researcher, G.P. Luzin Institute of Economic Problems, Kola Research Center of the Russian Academy of Sciences, Russia, 184209, Murmansk Oblast, Apatity, Fersmana str., 14  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6004-9533>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6004-9533>

SCOPUS AuthorID: 57222556400

РИНЦ AuthorID: 727025

SPIN-код: 5011-7237

Тел.: +7 921 277 03 45

E-mail: [v.dyadik@ksc.ru](mailto:v.dyadik@ksc.ru)

SCOPUS AuthorID: 57222556400

RSCI AuthorID: 727025

SPIN code: 5011-7237

Tel.: +7 921 277 03 45

E-mail: [v.dyadik@ksc.ru](mailto:v.dyadik@ksc.ru)

### Вклад авторов

**Калашников Андрей Олегович** — концептуализация, написание статьи, редактирование.

**Данилин Константин Павлович** — анализ данных, исследование, написание статьи.

**Дядик Владимир Владимирович** — обсуждение, анализ данных, редактирование.

### Author contribution statement

**Andrey O. Kalashnikov** — research concept, manuscript writing, editing.

**Konstantin P. Danilin** — data analysis, conducting research, manuscript writing.

**Vladimir V. Dyadik** — discussion, data analysis, manuscript revision.

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 332.122

ББК 65.050.1

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-57-66>



# Классические зарубежные модели и их возможность использования на региональном уровне

Ивченко Б.П.<sup>1</sup>, Черненко В.А.<sup>1</sup>, Подгорная Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», Санкт-Петербург, Россия

 [alyena\\_21\\_09@mail.ru](mailto:alyena_21_09@mail.ru)

**Аннотация.** Современное развитие экономики России требует выработки концептуальных подходов к использованию зарубежных теорий, их сопряженности с новым реалиями экономического развития, выстраивания национальной модели импортозамещения. Национальную модель развития определяют структурные изменения в экономике, обеспечивая возможность широкого использования материальных и финансовых ресурсов для формирования и развития региональных и отраслевых моделей. Исследование зарубежных теорий позволяет оценить и понять динамику регионального развития. Классические модели, разработанные зарубежными учеными, полезны для анализа и управления экономической ситуацией в различных регионах страны. Эти теории помогут идентифицировать ключевые факторы роста и выявить возможности для повышения эффективности региональных стратегий. Применение концепций в современных условиях позволяет учесть новые вызовы и специфические особенности регионального развития. Обращение к зарубежному опыту не только обогащает теоретическую базу, но и способствует практическим реализациям управлеченческих решений региональным субъектам. Грубое вмешательство в национальную экономику, введение масштабных санкций со стороны западных стран повлияло на экономику страны и региональное развитие. В этих условиях классические теории регионального развития становятся особенно актуальными.

**Ключевые слова:** зарубежные модели, регион, государство, импортозамещение, финансовые ресурсы, промышленная политика, инновационный кластер, экономико-математическое моделирование

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

**Для цитирования:** Ивченко Б.П., Черненко В.А., Подгорная Е.А. Классические зарубежные модели и их возможность использования на региональном уровне. *Арктика и инновации*. 2025;3(4):57–66. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-57-66>

# Classic foreign models and their potential use at the regional level

Boris P. Ivchenko<sup>1</sup>, Vladimir A. Chernenko<sup>1</sup>,  
Elena A. Podgornaya<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup> Baltic State Technical University “VOENMEH” named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University of Telecommunications named after M.A. Bonch-Bruevich, St. Petersburg, Russia

✉ [alyena\\_21\\_09@mail.ru](mailto:alyena_21_09@mail.ru)

**Abstract.** The current development of Russian economy requires the development of conceptual approaches to the use of foreign theories, their alignment with the new realities of economic development, and the construction of a national model of import substitution. The national model of development is determined by structural changes in the economy, providing an opportunity for the widespread use of material and financial resources in the formation of regional and sectoral models. The study of foreign theories allows the dynamics of regional development to be assessed. The classic models developed by foreign scholars are useful for analyzing and managing the economic situation in various regions of the country, as well as for identifying key growth factors and opportunities for improving the effectiveness of regional strategies. The application of these concepts in modern conditions facilitates consideration of new challenges and specific features of regional development. The analysis of foreign experience not only enriches the theoretical base, but also contributes to the practical implementation of managerial decisions by regional entities. The severe interference in the national economy and the imposition of large-scale sanctions by Western countries have had a significant impact on Russian economy and regional development. In these conditions, the classic theories of regional development are acquiring particular relevance.

**Keywords:** foreign models, region, state, import substitution, financial resources, industrial policy, innovative cluster, economic and mathematical modeling

**Conflict of interest:** the authors declare that there is no conflict of interest.

**For citation:** Ivchenko B.P., Chernenko V.A., Podgornaya E.A. Classic foreign models and their potential use at the regional level. *Arctic and Innovation.* 2025;3(4):57–66. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-57-66>

В условиях экономической трансформации современной России становится особенно важным применение зарубежных теорий, позволяющих глубже понять динамику регионального развития. Классические модели, разработанные такими учеными, как А. Лёш и Дж. Фридман, могут предоставить полезные инструменты для анализа и управления экономической ситуацией в различных регионах страны. Эти теории помогут идентифицировать ключевые факторы роста и выявить возможности для повышения эффективности региональных стратегий. Применение этих концепций в современных условиях позволит учесть новые вызовы и специфические особенности развития российских территорий. Таким образом, обращение к зарубежному опыту

не только обогащает теоретическую базу, но и способствует практическим реализациям управленческих решений региональным субъектам.

С 2022 года Россия столкнулась с беспрецедентными вызовами, в том числе с введением масштабных санкций со стороны западных стран, что значительно повлияло на экономику страны и региональное развитие. В этих условиях классические теории регионального развития, такие как теория «пространственной организации» А. Лёша, теория «полюсов роста» Ф. Перру и У. Изарда, а также теория «центр-периферийных отношений» Дж. Фридмана, становятся особенно актуальными. В статье рассматривается применение этих теорий на примерах

российских регионов с учетом новых реалий и с приведением конкретных данных.

Анализ классических теорий позволяет понять, как развивались научные взгляды на пространственное развитие и их влияние на современные подходы к управлению регионами. Рассмотрим ключевые работы зарубежных авторов, таких как А. Лёш, У. Изард и Дж. Фридман.

Теория Лёша: пространственная организация экономики в условиях санкций. Он подчеркивал, что пространство является важным фактором экономического развития. Он утверждал, что размещение предприятий и городов подчиняется определенным закономерностям, которые можно описать математическими моделями. Основная цель экономических агентов — минимизация издержек и максимизация прибыли, что определяет их выбор местоположения.

Было введено понятие «экономический ландшафт», который формируется в результате взаимодействия спроса, предложения и транспортных издержек. В этом ландшафте города и регионы образуют иерархическую структуру, где крупные центры обслуживают большие территории, а мелкие — локальные.

Лёш предложил «гексагональную модель размещения», в которой зоны обслуживания имеют форму шестиугольников. Эта форма оптимальна для минимизации транспортных издержек и равномерного покрытия территории. Модель объясняет, почему города и предприятия располагаются на определенном расстоянии друг от друга.

Ключевые положения теории включают роль транспортных издержек, иерархию центров и конкуренцию за пространство. Преимущества теории Лёша заключаются в научной строгости и универсальности: она применима как для микроуровня (размещение отдельных предприятий), так и для макроуровня (формирование городских и региональных систем). Модель помогает прогнозировать размещение новых предприятий и инфраструктуры, что важно для регионального планирования.

Однако теория Лёша подвергается критике за упрощение реальности, предполагая рациональность всех потребителей и производителей, что не всегда верно. Также мо-

дель не учитывает социальные, культурные и политические факторы, а ее статичность не отражает динамику развития регионов, такие как миграция населения и глобализация. Тем не менее теория Лёша остается актуальной для регионального планирования, помогая разрабатывать стратегии размещения производств и транспортной инфраструктуры, а также анализировать зоны обслуживания различных предприятий.

С 2022 года Россия сталкивается с необходимостью оптимизации размещения предприятий на своей обширной территории, что делает теорию Лёша особенно актуальной. Эта теория помогает учитывать транспортные издержки и анализировать иерархию региональных центров, а также разрабатывать стратегии их развития. Она также полезна для проектирования транспортных сетей и логистических коридоров, таких как Транссибирская магистраль и Северный морской путь.

Это развитие инфраструктуры способствует снижению транспортных издержек и интеграции удаленных регионов в национальную экономику, что особенно важно и для развития интеграционных процессов.

Таким образом, теория регионального развития Августа Лёша остается важным инструментом для анализа пространственной организации экономики. Научная строгость и универсальность делают ее актуальной для решения современных задач в области регионального планирования. Однако для более комплексного подхода необходимо учитывать современные вызовы, такие как глобализация, цифровизация и экологические ограничения. В России эта теория может быть использована для оптимизации размещения производств, развития инфраструктуры и снижения региональных диспропорций.

Теория «полюсов роста», разработанная Ф. Перру и дополненная У. Изардом, предполагает, что экономическое развитие сосредоточено вокруг ключевых точек (полюсов), которые стимулируют рост прилегающих территорий. Полюс роста представляет собой географический или экономический центр, который способствует развитию соседних территорий за счет концентрации ресурсов, технологий и инвестиций. Ключевыми элементами теории являются

доминирующие предприятия, эффекты распространения и иерархия полюсов [1].

У. Изард адаптировал теорию Перру для анализа пространственного развития, акцентируя внимание на «агломерационных эффектах» и «мультипликативном эффекте», которые способствуют росту доходов и занятости в смежных отраслях. Он предложил использовать математические модели для анализа полюсов роста.

Преимущества теории полюсов роста заключаются в ее практической применимости: она предлагает инструменты для стимулирования регионального развития через создание полюсов роста и используется для разработки стратегий для регионов — реципиентов. Теория учитывает агломерационные эффекты, объясняя, почему экономическая активность концентрируется в определенных местах, а не распределяется равномерно. Кроме того, она обладает гибкостью, позволяя адаптироваться к различным уровням (локальный, региональный, национальный) и отраслям (промышленность, услуги, инновации).

Критики теории полюсов роста указывают на то, что она может усугублять региональные диспропорции, поскольку ресурсы сосредотачиваются в одних регионах за счет других. Эффекты распространения не всегда достигают периферийных территорий, что может привести к их дальнейшему отставанию. Создание полюсов роста часто требует значительных инвестиций и поддержки со стороны государства, что не всегда возможно [2].

Применение теории полюсов роста можно наблюдать в международной практике. В Европейском союзе реализуются программы сплочения (Cohesion Policy), которые направлены на создание полюсов роста в отстающих регионах. В Китае специальные экономические зоны, такие как Шэнъчжэнь и Шанхай, стали полюсами роста, способствующими развитию всей страны. В США кластеры высоких технологий, как Силиконовая долина, являются примерами успешных полюсов роста.

В России применение данной теории также заметно. Примеры включают инновационные центры, такие как Сколково и Иннополис, а также промышленные кластеры,

например автомобильные кластеры в Калужской области и нефтегазовые кластеры в Западной Сибири. Также важными являются агломерации, такие как Московская и Санкт-Петербургская.

Актуальность теории полюсов роста в современных условиях заключается в том, что в условиях глобальной конкуренции они становятся ключевыми точками для привлечения инвестиций и талантов. Современные полюса роста часто связаны с высокими технологиями и инновациями, такими как IT-кластеры и биотехнологические парки. Теория может быть адаптирована для решения задач устойчивого развития, включая снижение углеродного следа и развитие «зеленой» экономики.

Теория полюсов роста Ф. Перру и У. Изарда остается важным инструментом для анализа и планирования регионального развития. Ее сильные стороны — акцент на концентрации ресурсов и эффектах распространения — делают ее актуальной для решения современных задач. Однако для успешного применения необходимо учитывать ее ограничения из-за риска усиления региональных диспропорций. В России эта теория может быть использована для развития инновационных центров, промышленных кластеров и агломераций, что способствует снижению регионального неравенства и повышению конкурентоспособности экономики.

В качестве примера можно рассмотреть инновационный кластер в Татарстане. С 2022 года республика активно развивает кластер в сфере IT и биотехнологий, привлекая инвестиции и квалифицированные кадры, что содействует развитию смежных отраслей и созданию новых рабочих мест. В 2022 году объем инвестиций в IT-сектор Татарстана увеличился на 18 % (до 15 млрд рублей), а количество IT-компаний возросло на 10 % (до 500 предприятий) [3]. Это делает полюс роста в Татарстане важным не только для региона, но и для экономики страны в целом.

Также стоит упомянуть промышленный кластер в Калининградской области, который благодаря своему географическому положению стал полюсом роста для машиностроения и логистики. Развитие портовой инфраструктуры и привлечение

иностранных инвестиций, несмотря на санкции, способствуют экономическому росту региона. В 2022 году объем грузооборота портов Калининградской области увеличился на 20 % (до 1 млн 750 тыс. тонн), а объем инвестиций в машиностроение вырос на 15 %, что подтверждает эффективность кластера в создании новых рабочих мест и привлечении инвестиций.

Теория центр-периферийных отношений Дж. Фридмана объясняет неравномерность пространственного развития через взаимодействие развитых (центр) и отсталых (периферия) регионов. Эта концепция является ключевой в региональной экономике и географии, поскольку она объясняет неравномерность пространственного развития и взаимодействие между развитыми и регионами-реципиентами.

В соответствии с новыми задачами по формированию условий для устойчивого экономического развития страны требуется разработка новой классификации российских регионов. Это позволит не только определить основные направления региональной политики в соответствии со стратегией развития экономики страны, но и оптимально перераспределить финансовые ресурсы страны. Сквозное финансирование — основа регионального и межотраслевого взаимодействия регионов.

В.В. Путин на пленарном заседании ПМЭФ-2023 выделил ключевые принципы, на основе которых будет развиваться наша экономика.

Один из принципов развития — сквозной, объединяющий нашу работу — достижение настоящего технологического суверенитета, создание целостной системы экономического развития, которая по критически важным составляющим не зависит от иностранных институтов [4].

В современных условиях классификация российских регионов требует серьезных изменений и уточнений. Вполне закономерно, что из научного оборота должно быть выведено деление регионов на «регионы-дононы» и «регионы-реципиенты». Современная теория и практика финансирования основана на том, что денежные (финансовые) ресурсы рассматриваются как ограниченные, не отвечает современному развитию эконо-

мики страны. Россия обладает ресурсным потенциалом, в том числе человеческим капиталом, определяющим и обеспечивающим устойчивость национальной валюты для роста национальной экономики более высокими темпами. Рост ВВП 1,5–2 % не отвечает поставленным президентом В.В. Путиным задачам.

Теория Фридмана объясняет, почему некоторые регионы развиваются быстрее, в то время как другие остаются отсталыми. Она применима как на национальном, так и на международном уровне, например в контексте отношений между развитыми и развивающимися странами, и используется для разработки политики, направленной на выравнивание регионального развития.

Критика данной теории заключается в том, что она не учитывает сложные взаимодействия между регионами, включая культурные, исторические и политические аспекты. Кроме того, Фридман предполагал линейное развитие, что не всегда соответствует реальной ситуации. Эффекты распространения не всегда доходят до периферийных регионов, что может усугубить их отставание.

Идеи Фридмана, основанные на принципах свободного рынка и минимального вмешательства государства, редко применяются в чистом виде в региональной политике России. Однако элементы его подходов можно наблюдать в экономической политике РФ. Снижение роли государства в экономике в 1990-е годы после распада СССР и последующие периоды вызвано внешними факторами. Регулирование экономики страны определялась политикой МВФ. «Стабилизационная» программа МВФ предусматривала открытие экономики для иностранных инвестиций, снижение курса национальной валюты, отмену импортного контроля; предоставление банками кредитов субъектам под относительно высокие процентные ставки, контроль за дефицитом государственного (федерального) бюджета и сокращение расходов, увеличение налогов и др.

В настоящее время и последующие периоды в России государство будет играть ключевую роль в перераспределении ресурсов между регионами. Принципы Фридмана о минимальном вмешательстве государства

не отвечают национальным интересам экономического развития России.

Осуществление импортозамещения, технологической модернизации экономики региона является формирование его «конкурентных преимуществ» на основе специфических «сравнительных преимуществ».

В основе региональной промышленной политики лежит принцип «сравнительных преимуществ региона», разработанный в XIX веке известным английским экономистом Д. Рикардо. Согласно этому принципу, регион должен выбрать те направления своей промышленной специализации, в которых он имеет особенные «сравнительные преимущества», постепенно сократить производство в тех отраслях, которые такими преимуществами не обладают, и рационализировать свои торгово-обменные операции с другими регионами (странами), приобретая те товары, производство которых в данном регионе требует высоких затрат или отвлекает ресурсы от более прибыльного вложения. Реализация данного принципа позволит региону не только стимулировать развитие современных отраслей с высокой долей добавленной стоимости, но и увеличить вывоз конкурентоспособных товаров за пределы региона, что, в свою очередь, приведет к повышению доходов региона и улучшению его социально-экономического положения.

«Конкурентные преимущества» региона создают для него возможность не только быстро и эффективно адаптироваться к любым негативным изменениям внутренней и внешней среды, повышая его устойчивость, но и наращивать ресурсные возможности для повышения социально-экономического уровня жизни, создания привлекательных условий для привлечения высококлассных специалистов, закрепления талантливой молодежи и решения демографических проблем.

Россия является одним из центров развития мировой экономики. Поэтому важна оптимальная оценка и прогнозирование роста национальной экономики с учетом внутренних и внешних факторов. Современные методы экономико-математического моделирования позволяют выявить взаимосвязи между основными факторами производства и результатами экономики, а также оценить

влияние технологического прогресса и макроэкономических переменных.

Рассмотрим две модели: простая линейная регрессия, широко применяемая для краткосрочного анализа, и классическая производственная функция Кобба — Дугласа, которая учитывает нелинейное взаимодействие капитала и труда, а также технологический уровень. Модель Кобба — Дугласа дополнена индексом-дефлятором и трансфертами для более полного отражения инфляционных процессов и денежных потоков [5].

## Линейная модель

Линейная регрессия описывает ВВП как сумму влияний основных факторов:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon,$$

где

- $Y$  — ВВП,
- $x_1$  — факторы (инвестиции, потребление, государственные расходы, трансферты, индекс-дефлятор и др.),
- $\beta_1$  — коэффициенты влияния,
- $\varepsilon$  — случайная ошибка модели.

Метод наименьших квадратов (МНК) применяется для оценки коэффициентов. Данная модель проста и удобна для оперативного анализа, однако не учитывает взаимодействия факторов и технологический прогресс, что ограничивает точность долгосрочных прогнозов [6, 7].

## Модель Кобба — Дугласа

Производственная функция Кобба — Дугласа задается уравнением:

$$Y_t = A_t * \alpha L_t * \beta K_t * \gamma T_t * \delta D_t,$$

где

- $Y_t$  — реальный ВВП в период  $t$ ,
- $L_t$  — трудовые ресурсы (численность и производительность труда),
- $K_t$  — капитал (основные фонды и инвестиции),
- $T_t$  — трансферты (государственные и международные денежные потоки),
- $D_t$  — индекс-дефлятор (учет инфляции),
- $A_t$  — совокупная факторная производительность (технологический прогресс),
- $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  — коэффициенты эластичности по соответствующим факторам.

**Таблица 1.** Основные показатели номинального ВВП России за 1998 и 2014–2024 гг.

**Table 1.** Main indicators of Russia's nominal GDP for 1998 and 2014–2024

Год	Номинальный ВВП, млрд руб.	Реальный рост ВВП, %	Индекс-дефлятор, %
1998	2 629,6	-5,3	—
2014	79 030,0	0,7	11,4
2020	107 658,1	-3,1	4,5
2023	176 413,9	4,1	9,5
2024	201 152,1	4,3	8,9

**Таблица 2.** Прогноз номинального ВВП России до 2030 года

**Table 2.** Forecast of Russia's nominal GDP until 2030

Модель	Среднегодовой рост ВВП, %	Прогноз номинального ВВП в 2030 г., трлн руб.
Линейная регрессия	1,8–2,5	280–290
Кобба — Дуглас	2,5–3,5	300–320

Для оценки параметров применяется логарифмирование:

$$\ln Y_t = \ln (A_t * \alpha L_t * \beta K_t * \gamma T_t * \delta D_t),$$

$$\ln Y_t = \ln A_t + \alpha \ln L_t + \beta \ln K_t + \gamma \ln T_t + \delta \ln D_t + \varepsilon_t,$$

где  $\varepsilon_t$  — ошибка модели.

Метод МНК минимизирует сумму квадратов отклонений между фактическими и прогнозируемыми значениями ВВП. Коэффициенты эластичности интерпретируются как процентное изменение ВВП при изменении соответствующего фактора на 1 % [8, 9].

На основе данных Росстата и международных источников за 2014–2024 гг. обе модели были оценены и проверены на статистическую значимость, стационарность и отсутствие автокорреляции [10].

- Линейная модель показала коэффициент детерминации  $R^2$  около 0,85, что свидетельствует о хорошем, но не идеальном соответствии данных [11].
- Модель Кобба — Дугласа продемонстрировала более высокую точность —  $R^2$  в диапазоне 0,9–0,98, что подтверждает её способность лучше отражать экономическую реальность [12].

В модели Кобба — Дугласа коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  показывают, что капитал оказывает несколько более сильное влияние на рост ВВП, чем труд, что указывает на тенденцию к капиталоемкому росту экономики. Коэффициенты  $\gamma$  и  $\delta$  подтверждают значимость трансфертов и инфляционных процессов. Результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Модель Кобба — Дугласа обладает преимуществом в экономической интерпретируемости параметров и более высокой точности прогнозов, особенно в долгосрочной перспективе. Она учитывает нелинейные взаимодействия факторов производства и технологический прогресс, что критично для анализа сложных экономических систем. Линейная модель, несмотря на простоту и удобство, ограничена в учете сложных взаимосвязей и менее точна при прогнозировании на длительный срок.

Использование функции Кобба — Дугласа позволяет более полно и адекватно моделировать экономический рост России,

**Таблица 3.** Плюсы и минусы моделей

**Table 3.** Advantages and disadvantages of models

Критерий	Линейная модель	Модель Кобба — Дугласа
Простота реализации	Высокая	Средняя
Экономическая интерпретация	Ограниченнная	Высокая (коэффициенты эластичности)
Учет технологического прогресса	Отсутствует или косвенный	Встроен через параметр $A_t$
Точность прогнозов	Средняя ( $R^2 \approx 0,85$ )	Высокая ( $R^2 \approx 0,9–0,98$ )
Учет взаимодействия факторов	Высокая	Есть
Гибкость расширения	Ограниченнная	Требует аккуратного расширения
Применимость к долгосрочным прогнозам	Отсутствует или косвенный	Рекомендуется

учитывая не только количественные изменения факторов производства, но и качество, технологический прогресс и региональный аспект — межбюджетные трансферты. Это особенно важно в условиях санкций и структурных изменений, когда эффективность использования ресурсов становится ключевым драйвером роста.

Линейная модель, несмотря на простоту, ограничена в прогнозировании сложных взаимосвязей и не учитывает динамику технологического развития, что снижает ее применимость для долгосрочного планирования.

## Заключение

Классические теории регионального развития представляют собой определенный интерес, так как их практическое применение в современной России, особенно в условиях новых вызовов, требует корректировки устоявшихся подходов к существующим

моделям. Анализ классических теорий позволяет понять развитие научных взглядов на пространственное развитие и их влияние на современные подходы к управлению регионами. Использование функции Кобба — Дугласа в моделировании экономического роста России позволяет более точно учитывать комплексные факторы, такие как качество ресурсов, технологический прогресс и региональные особенности, включая межбюджетные трансферты. В условиях санкций и структурных изменений именно эффективность использования ресурсов становится ключевым фактором устойчивого развития. В то же время традиционная линейная модель, несмотря на свою простоту, не способна адекватно отражать сложные взаимосвязи и динамику технологического прогресса, что ограничивает ее эффективность для долгосрочного экономического прогнозирования. Таким образом, функция Кобба — Дугласа представляет собой более надежный инструмент для анализа и планирования экономического роста в современных условиях.

## Литература

- Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. Москва: ГУ ВШЭ; 2000, с. 86–87.
- Леонтьев А.И., Новикова Н.В. Региональная проекция теории полюса роста: зарубежный и российский опыт. Теоретическая и прикладная экономика. 2020;(4):106–117. <https://doi.org/10.25136/2409-8647.2020.4.34019>
- Монастырская К. Что стало с ИТ-индустрией Татарстана через год после начала СВО. Enter [интернет]. Режим доступа: <https://entermedia.io/people/cto-stalo-s-it-industrijej-tatarstana-cherez-god-posle-nachala-svo/?ysclid=mexufpse1f825605125>
- Пленарное заседание Петербургского международного экономического форума [интернет]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/68669> (дата доступа 10.08.2025).
- Широв А.А., Гусев М.С., Некрасов Ф.О. Природа инфляции и её влияние на экономический рост в России. Проблемы прогнозирования [интернет]. 2025;(2). Режим доступа: <https://ecfor.ru/nauchnye-izdaniya/problemy-prognozirovaniya/arhiv-nomerov/problemy-prognozirovaniya-2025-2/>
- ЦМАКП. О ситуации в российской экономике и некоторых контурах прогноза [презентация]; 26.12.2024. Режим доступа: [http://www.forecast.ru/\\_ARCHIVE/Presentations/DBelousov/2024-12-24sberUchDB.pdf](http://www.forecast.ru/_ARCHIVE/Presentations/DBelousov/2024-12-24sberUchDB.pdf)
- Шабунова А.А., Крошилин С.В., Ярашева А.В., Медведева Е.И. Социально-экономические индикаторы национальных целей развития России: тенденции и прогноз. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2024;17(5):40–54. <https://doi.org/10.15838/esc.2024.5.95.2>
- Всемирный банк улучшил прогноз роста ВВП РФ до 3,2% в 2024 году. Expert.ru [интернет]; 17 окт. 2024. Режим доступа: <https://expert.ru/news/vsemirnyy-bank-uluchshil-prognoz-rosta-vvp-rf-do-3-2-v-etom-godu/>
- Камари Д.М. ВВП России переходного периода. Независимая газета [интернет]; 03 февр. 2025. Режим доступа: [https://www.ng.ru/kartblansh/2025-02-03/3\\_9184\\_kb.html](https://www.ng.ru/kartblansh/2025-02-03/3_9184_kb.html)
- Социально-экономическое положение России. Режим доступа: <http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/osn-12-2024.pdf>

11. Эксперты предсказали рост объема экономики данных в РФ к 2030-му до 800 млрд рублей. Известия [интернет]; 19 июня 2024. Режим доступа: <https://iz.ru/1715119/2024-06-19/eksperty-predskazali-rost-obema-ekonomiki-dannykh-v-rf-k-2030-do-800-mlrd-rublei>
12. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов [интернет]; 2024. Режим доступа: [https://economy.gov.ru/material/file/b028b88a60e6ddf67e9fe9c07c4951fo/prognoz\\_socialno\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya\\_rf\\_2025-2027.pdf](https://economy.gov.ru/material/file/b028b88a60e6ddf67e9fe9c07c4951fo/prognoz_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_2025-2027.pdf)

## References

1. Granberg A.G. Fundamentals of Regional Economics. Moscow: HSE; 2000, pp. 86–87. (In Russ.).
2. Leontiev A.I., Novikova N.V. Regional projection of the growth pole theory: foreign and Russian experience. Theoretical and Applied Economics. 2020;(4):106–117. (In Russ.). <https://doi.org/10.25136/2409-8647.2020.4.34019>
3. Monastyrskaya K. What happened to the IT industry in Tatarstan a year after the start of the special military operation. Enter [internet]. Available at: <https://entermedia.io/people/ctho-stalo-s-it-industriej-tatarstana-cherez-god-posle-nachala-svo/?ysclid=mexufpse1f825605125>. (In Russ.).
4. Plenary session of the St. Petersburg International Economic Forum [internet]. Available at: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/68669Results> (accessed 10 August 2025). (In Russ.).
5. Shirov A.A., Gusev M.S., Nekrasov F.O. The Nature of Inflation and Its Impact on Economic Growth in Russia. Problems of Forecasting [internet]. 2025;(2). Available at: <https://ecfor.ru/nauchnye-izdaniya/problemy-prognozirovaniya/arhiv-nomerov/problemy-prognozirovaniya-2025-2/>. (In Russ.).
6. Center for Macroeconomic Analysis and Short-term Forecasting (CMASF). About the situation in the Russian economy and some contours of the forecast [presentation]; 26 December 2024. Available at: [http://www.forecast.ru/\\_ARCHIVE/Presentations/DBelousov/2024-12-24sberUchDB.pdf](http://www.forecast.ru/_ARCHIVE/Presentations/DBelousov/2024-12-24sberUchDB.pdf). (In Russ.).
7. Shabunova A.A., Kroshilin S.V., Yarasheva A.V., Medvedeva E.I. Socio-Economic Indicators of Russia's National Development Goals: Trends and Forecast. Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2024;17(5):40–54. (In Russ.). <https://doi.org/10.15838/esc.2024.5.95.2>
8. The World Bank has improved its forecast for Russia's GDP growth to 3.2% in 2024. Expert.ru [internet]; 17 October 2024. Available at: <https://expert.ru/news/vsemirnyy-bank-uluchshil-prognoz-rosta-vvp-rf-do-3-2-v-etom-godu/>. (In Russ.).
9. Kamari D.M. Russia's GDP in transition. Independent Newspaper [internet]; 3 February 2025. Available at: [https://www.ng.ru/kartblansh/2025-02-03/3\\_9184\\_kb.html](https://www.ng.ru/kartblansh/2025-02-03/3_9184_kb.html). (In Russ.).
10. The socio-economic situation in Russia. Access mode: <http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/me-diabank/osn-12-2024.pdf>
11. Experts predicted the growth of the data economy in the Russian Federation to 800 billion rubles by 2030. Izvestiya [internet]; 19 June 2024. Available at: <https://iz.ru/1715119/2024-06-19/eksperty-predskazali-rost-obema-ekonomiki-dannykh-v-rf-k-2030-do-800-mlrd-rublei>. (In Russ.).
12. Forecast of the socio-economic development of the Russian Federation for 2025 and for the planned period of 2026 and 2027 [internet]; 2024. Available at: [https://economy.gov.ru/material/file/b028b88a60e6ddf67e9fe9c07c4951fo/prognoz\\_socialno\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya\\_rf\\_2025-2027.pdf](https://economy.gov.ru/material/file/b028b88a60e6ddf67e9fe9c07c4951fo/prognoz_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_2025-2027.pdf). (In Russ.).

## Сведения об авторах

Ивченко Борис Павлович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий кафедрой «Экономика, организация и управление производством», директор научно-образовательного Центра «Анализ,

## Information about the authors

Boris P. Ivchenko — Dr. Sci. (Engineering), Prof., Honored Scientist of the Russian Federation; Head of the Department of Economics, Organization, and Production Management; Director of the Scientific and Educational Center “Analysis, Research, and Development of Problems

исследования и разработка проблем национальной безопасности России» ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская, д. 1  
ID РИНЦ: 696383  
SPIN-код: 6553-0850  
Тел.: +7 (921) 900-25-36  
E-mail: [kpurrs78@mail.ru](mailto:kpurrs78@mail.ru)

**Черненко Владимир Анатольевич** — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Экономика, организация и управление производством» ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская, д. 1  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0532-8067>  
ID РИНЦ: 472490  
SPIN-код: 5461-7316  
Тел.: +7 (921) 989-95-29  
E-mail: [chernenko1003@yandex.ru](mailto:chernenko1003@yandex.ru)

**Подгорная Елена Анатольевна** — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» Россия, 193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков д. 22, к.1  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9610-6244>  
ID РИНЦ: 728707  
SPIN-код: 7540-2274  
Тел.: +7 (911) 112-18-16  
E-mail: [alyena\\_21\\_09@mail.ru](mailto:alyena_21_09@mail.ru)

of National Security of Russia”, Baltic State Technical University “VOENMEH” named after D.F. Ustinov Russia, 190005, Saint Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya str., 1  
RSCI ID: 696383  
SPIN-code: 6553-0850  
Tel.: +7 (921) 900-25-36  
E-mail: [kpurrs78@mail.ru](mailto:kpurrs78@mail.ru)

**Vladimir A. Chernenko** — Dr. Sci. (Economics), Prof., Department of Economics, Organization, and Production Management, Baltic State Technical University “VOENMEH” named after D.F. Ustinov Russia, 190005, Saint Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya str., 1  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0532-8067>  
RSCI ID: 472490  
SPIN-code: 5461-7316  
Tel.: +7 (921) 989-95-29  
E-mail: [chernenko1003@yandex.ru](mailto:chernenko1003@yandex.ru)

**Elena A. Podgornaya** — Cand. Sci. (Economics), Assoc. Prof., Department of Higher Mathematics, Saint Petersburg State University of Telecommunications named after M.A. Bonch-Bruevich Russia, 193232, Saint Petersburg, Bolshevikov ave., 22/1  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9610-6244>  
RSCI ID: 728707  
SPIN-code: 7540-2274  
Tel.: +7 (911) 112-18-16  
E-mail: [alyena\\_21\\_09@mail.ru](mailto:alyena_21_09@mail.ru)

## Вклад авторов

**Ивченко Борис Павлович** — разработка концепции исследования, разработка модели, подготовка иллюстративного материала.

**Черненко Владимир Анатольевич** — разработка концепции исследования, разработка модели, подготовка иллюстративного материала.

**Подгорная Елена Анатольевна** — разработка математической модели для анализа и моделирования, обработка статистического материала, подготовка статьи к публикации.

## Author contribution statement

**Boris P. Ivchenko** — research concept, model development, and preparation of illustrative material.

**Vladimir A. Chernenko** — research concept, model development, and preparation of illustrative material.

**Elena A. Podgornaya** — development of a mathematical model for analysis and simulation, processing of statistical data, and manuscript writing.

УДК 332.05

ББК 65.04

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-67-74>



# Развитие цифровых технологий в Арктическом регионе

Чечурина М.Н.<sup>✉</sup>, Щебарова Н.Н., Ульянова Е.А.

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», Мурманск,  
Россия

[✉maya1946g@mail.ru](mailto:maya1946g@mail.ru)

**Аннотация.** Цифровизация в современном мире оказывает значительное влияние на экономическое развитие регионов, формируя новые подходы к управлению, бизнесу и социальной сфере. Для арктических регионов Российской Федерации цифровизация — не только один из определяющих факторов и условий устойчивого развития, но и значимый фактор обеспечения жизнедеятельности населения. Цифровое пространство позволяет связывать людей без учета физического пространства, делает доступными множество социальных услуг, что особенно актуально для арктических территорий.

Цель данного исследования — проанализировать развитие цифровых технологий в РФ и отметить особенности и специфику их применения в АЗРФ.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, арктические регионы РФ, стратегия развития

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

**Для цитирования:** Чечурина М.Н., Щебарова Н.Н., Ульянова Е.А. Развитие цифровых технологий в Арктическом регионе. *Арктика и инновации*. 2025;3(4):67-74. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-67-74>

# Development of digital technologies in the Arctic region

Maya N. Chechurina<sup>✉</sup>, Natalya N. Shchebarova,  
Evgeniya A. Ulyanova

Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia

[✉maya1946g@mail.ru](mailto:maya1946g@mail.ru)

**Abstract.** Digitalization in the contemporary world has a significant impact on the economic development of regions, shaping new approaches to management, business and social sphere. For the Arctic regions of the Russian Federation, digitalization defines the sustainable development and ensure the livelihoods of the population. Digital space allows people to be connected without regard for physical space, making a wide range of social services accessible, which is especially relevant for Arctic regions. The present study aims to analyze the development of digital technologies in the Russian Federation, as well as to highlight the features and specifics of their application in the Arctic Zone of the Russian Federation.

**Keywords:** digital technologies, Arctic regions of the Russian Federation, development strategy

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Chechurina M.N., Shchebarova N.N., Ulyanova E.A. Development of digital technologies in the Arctic region. *Arctic and Innovation*. 2025;3(4):67–74. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-67-74>

## Введение

В эпоху развития цифровых технологий (ЦТ), или цифровой экономики, потребности человека могут удовлетворяться гораздо лучше, а компании снижают издержки производства, повышают производительность труда, становятся более конкурентоспособными. Однако цифровизация несет и потенциальные риски: несанкционированный доступ к конфиденциальной информации, массовую безработицу, неравенство в уровне образования, разрыв в уровне благосостояния людей. Особенностью цифровых технологий и главной угрозой для человеческого сообщества является скорость трансформации социо-технологической инфраструктуры, не согласованной со скоростью адаптации людей к радикальным изменениям. ЦТ несут как благо, так и угрозу человеческому сообществу, необходимо обеспечить эластичность научно-технической активности общества. Однако цифровая трансформация стремительно охватывает все стороны жизни человека и сферы его деятельности. Это явление связано с развитием информационных технологий и цифровой экономики [6].

Заметим, что если в России развитие цифровых технологий носит название «цифровая экономика», то в Германии — «Индустря 4.0». Интересно, что в Японии развивается своя концепция создания суперинтеллектуального общества, где технологии работают на повышение уровня жизни людей и решение общественных проблем, а не только ради повышения прибыли. Автоматизирование промышленности в России было проведено в минувшие 1960-е годы путем внедрения разнообразных АСУ, которые практически фиксировали существующее положение в системе управления предприятием, но никак не анализировали его и не изменяли, в отличие от цифровизации, которая существенным образом изменяет не только систему управления предприятием, но и всю реальную действительность, в которой существует человек.

Цифровизация как продвинутая технология информатизации связана с коренными

изменениями нашей жизни, как положительными, так и отрицательными, именно поэтому необходимо уже сегодня проанализировать все возможные последствия четвертой промышленной революции с целью возможного регулирования направлений и скорости развития цифровой экономики.

Цифровая трансформация всех отраслей экономики неотвратима. Главный вызов развитию человеческого капитала в этом процессе — скорость трансформации социотехнологической инфраструктуры [4]. Нужно помнить, что цифровая трансформация может обеспечить преимущество в соревновании, но никак не в спринте, то есть не за короткое время. Все чаще стали проявляться угрозы и рости уровни рисков, связанных с разрушением ценностей предприятий, их работников и клиентов, общества в целом [3]. Единственное требование, предъявляемое цифровой трансформацией, — это идти в ногу с новыми технологиями. Однако у этой формулы существует противоположная сторона — сохранять внутрифирменные традиции, существующие в компании, которые делают ее уникальной, непохожей на другие. Сегодня возникли принципиально новые или новейшие трудности, связанные с применением искусственного интеллекта, машинным обучением и прочими инновационными направлениями развития НТП. Данные установки должны формулироваться в самом начале цифровых преобразований.

Человеческому сообществу предстоит обратить внимание на нарастающие опасения негативных последствий цифровизации, такие как исчезновение традиционных специальностей и рынков, замена многих профессий автоматизированными системами, рост киберпреступности, угрозы сохранности цифровых данных. Ответом на вызовы является задача регулирования цифровой экономики.

Цель данного исследования — проанализировать развитие цифровых технологий в РФ и отметить особенности и специфику их применения в АЗРФ.

## Материалы и методы

Актуальность данного исследования связана с тем, что цифровые технологии в экономике становятся ключевым фактором обеспечения устойчивого экономического роста и содействия общему процветанию.

Настоящее исследование проведено с использованием теоретической базы в научных публикациях, размещенных в открытом доступе. Методы исследования — анализ теоретической базы, обобщение и синтез полученных выводов.

Развитие цифровых технологий в РФ регулируется такими документами, как Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р, утратившим силу в соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 февраля 2019 г. № 195 [1, 4].

В ходе реализации Стратегии цифровой трансформации будут внедрены следующие технологии:

- 1) большие данные;
- 2) искусственный интеллект;
- 3) промышленный интернет;
- 4) технологии беспроводной связи;
- 5) технологии виртуальной и дополненной реальностей.

Указанные технологии будут применены для повышения комфорта городской среды, улучшения качества и доступности оказания медицинской помощи, для оптимизации транспортной сети, обеспечения безопасности населения в части предупреждения и профилактики преступлений, повышения эффективности энергетической инфраструктуры, развития сферы туризма, физической культуры и спорта, а также в сфере образования и науки.

Экономика Севера России находится в процессе трансформации, изменений, как и экономика других регионов, но территории Арктики имеют свою специфику, связанную с географическим расположением, ограниченными человеческими ресурсами, имеющейся инфраструктурой, необходимой для успешной цифровой трансформации [9]. Цифровизация может стать ключевым инструментом интеграции арктических регионов в экономику России и мира.

Для арктических регионов цифровизация — не только один из определяющих факторов и условий устойчивого развития, но и значимый фактор обеспечения жизнедеятельности населения. Цифровое пространство позволяет связывать людей без учета физического пространства, дает доступными множество социальных услуг, что особенно актуально для арктических территорий [5].

Принципиальным фактором для развития экономики АЗРФ являются возможности диверсификации и особое значение цифровых технологий в ее обеспечении [7, 8]. Авторы исследования проанализировали труды научных и выявили точку зрения на социальные, управленческие, мультиплатформенные и экономические эффекты цифровизации и их влияние на социально-экономическое развитие регионов АЗРФ.

Острая зависимость от добывающей промышленности делает экономику арктических регионов уязвимой к колебаниям цен на сырьевые товары и рискам истощения ресурсного потенциала. Ограниченные возможности для развития других отраслей связаны с суровыми климатическими условиями, удаленностью от основных рынков сбыта и недостаточно развитой инфраструктурой. Информационные технологии представляют собой перспективный инструмент для диверсификации экономики, наиболее значимый именно для АЗРФ. Развитие информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) может способствовать развитию новых отраслей, таких как:

- удаленные услуги: предоставление IT-услуг, консультирование и другие виды деятельности, не требующие физического присутствия;
- электронная коммерция: создание онлайн-платформ для продажи товаров местного производства на национальном и международном рынках;
- цифровой туризм: виртуальные туры и презентации, привлекающие внимание к культурному и природному наследию региона.

Так, в 2024 году в Мурманской области продолжает реализовываться проект «Умный регион» [6]. Проекту дан старт в 2019 году, он стал основой стратегии цифрового развития региона. Проект «Умный регион»

объединяет цифровую трансформацию таких сфер и отраслей, как ЖКХ, транспорт, безопасность, управление городским хозяйством, туристическая отрасль и городская среда. Некоторые показатели использования искусственного интеллекта (ИИ) в рамках «Умного региона»: система общественного видеонаблюдения и аналитики (СОВА), система «Лесоохранитель», система мониторинга уборки территорий (СМУТ, модуль нейросетевого видеоаналитического мониторинга состояния дорожной сети), сервисы, внедренные на крупных промышленных предприятиях региона.

Еще одним примером успешного внедрения цифровых технологий является проект «Умный город» в Салехарде, направленный на повышение эффективности городского управления и улучшение качества жизни населения через использование ИКТ.

Перечислим некоторые направления цифровизации арктических регионов АЗРФ.

1. Внедрение цифровых двойников в промышленность. Предприятия Арктики обращаются к разработке цифровых двойников как отдельных промышленных объектов, так и производственных линий в целом. Это необходимо для обеспечения возможностей проведения испытаний и моделирования кризисных и иных ситуаций, проработки различных сценариев развития без расходования ресурсов (<https://www.kommersant.ru/doc/6666173>).

2. Использование искусственного интеллекта для оптимизации добычи полезных ископаемых. Например, система «Капитан» от компании «Газпром нефть» способствует эффективному управлению логистикой в суровом климате Арктики: искусственный интеллект пересчитывает график движения танкеров и отгрузок энергосырья с терминалов и выбирает оптимальный маршрут для судов (<https://arctic-russia.ru/article/stavka-na-tsifru-kak-novye-tehnologii-pomogut-arktike/>).

3. Внедрение цифровых сервисов для вахтовых рабочих. Например, мобильное приложение, созданное Сбером и компанией ООО «Арктик Катеринг Сервис», позволяет решать бытовые и личные вопросы в режиме «одного окна» (<https://www.kommersant.ru/doc/6666173>).

4. Развитие телекоммуникационных проектов. Например, прокладка трансарктической волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) от Мурманска до Владивостока поможет обеспечить круглогодичное судоходство по Северному морскому пути и установить высокоскоростной интернет в удаленных уголках Арктики (<https://arctic-russia.ru/article/stavka-na-tsifru-kak-novye-tehnologii-pomogut-arktike/>).

5. Строительство дата-центров. Например, госкорпорация «Росатом» планирует построить ЦОД на базе Кольской АЭС, чтобы обеспечить работу цифровых платформ развития Северного морского пути и Арктической зоны.

Также в 2024 году для удаленного сопровождения судов по Северному морскому пути создается цифровая экосистема с возможностями применения инструментов искусственного интеллекта. Она будет представлять собой комплексную автоматическую систему управления движением судов с добавлением в нее морских навигационных карт, сводок погоды, данных по эхолокации и дистанционному зондированию Земли, о местоположении судов, загруженности портов и т. д.

Государственная политика играет ключевую роль в развитии экономики регионов Арктики [2, 3, 4, 6]. В 2020 году была утверждена «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года», которая определяет приоритеты и механизмы развития региона. Стратегия является документом стратегического планирования в сфере обеспечения национальной безопасности Российской Федерации, разработанным в целях реализации основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года и определяющим меры, направленные на выполнение основных задач развития Арктической зоны и обеспечение национальной безопасности, а также этапы и ожидаемые результаты реализации этих мер.

Государственные программы и инициативы направлены на поддержку предпринимательской деятельности и инфраструктурное развитие региона. Среди ключевых направлений можно выделить следующие.

1. Территория опережающего развития (TOP) «Арктика»:

- введение особого налогового режима позволило резидентам получить налоговые льготы, сниженные страховые взносы и поддержку инфраструктурных проектов;
- по состоянию на 2023 год статус резидентов получили более 500 компаний, инвестиции которых превысили 1 трлн рублей.

2. Льготное финансирование и субсидирование проектов:

- малый и средний бизнес в АЗРФ получает доступ к программам льготного кредитования;
- государство компенсирует расходы на развитие транспортной инфраструктуры, логистику и строительство производственных мощностей.

3. Создание промышленных кластеров. В регионе формируются инновационные кластеры, ориентированные на развитие цифровых технологий, автоматизации добычи полезных ископаемых и возобновляемых источников энергии.

Одним из ключевых направлений государственной экономической политики в Арктике является развитие Северного морского пути (СМП) — крупнейшего транспортного коридора, соединяющего Европу и Азию через арктические воды России. Этот проект представляет собой стратегическую альтернативу традиционным маршрутам, таким как Суэцкий канал, и позволяет значительно сократить время транспортировки грузов.

Основные меры государственной поддержки СМП:

1. Развитие транспортной инфраструктуры. В рамках программы модернизации СМП до 2035 года запланированы инвестиции в размере 1,8 трлн рублей. Реализуются проекты строительства новых портов, перевалочных баз и логистических центров.

2. Расширение ледокольного флота. Россия активно строит атомные ледоколы нового поколения. Среди введенных в эксплуатацию судов — «Арктика», «Сибирь»,

«Урал», а к 2030 году планируется строительство еще пяти ледоколов серии «Лидер». Эти суда обеспечат круглогодичную навигацию, что критически важно для стабильности грузоперевозок по СМП.

3. Привлечение грузоотправителей.

Введены меры поддержки для компаний, использующих маршрут СМП, включая льготные тарифы на ледокольное сопровождение и компенсацию затрат на судостроительные проекты. Крупные российские компании, такие как «НОВАТЭК», «Газпром нефть», «Норникель», заключили долгосрочные соглашения на использование СМП.

4. Цифровая трансформация логистики.

Создаются автоматизированные системы мониторинга маршрутов, позволяющие отслеживать движение судов и прогнозировать изменения ледовой обстановки.

В 2023 году Росатом запустил проект «Цифровой Северный морской путь», интегрирующий данные спутниковой навигации, метеорологического анализа и искусственного интеллекта.

Благодаря активному развитию Северного морского пути грузопоток по этому маршруту значительно увеличился — с 4 млн тонн в 2014 году до 37,9 млн тонн в 2024 году. К 2035 году планируется достичь 200 млн тонн. Основными грузами остаются сжиженный природный газ, нефть, металлы и удобрения. Усиление международных санкций и геополитические изменения только усиливают значение СМП как стратегического маршрута для России.

## Заключение

Важность рассмотрения данных подходов и методов обусловлена необходимостью разработки новых инструментов и стратегий цифрового развития, которые позволят повысить инвестиционную привлекательность регионов АЗРФ и создать условия для устойчивого экономического роста. Введение цифровых решений в ключевые отрасли экономики способствует повышению эффективности управления ресурсами, снижению затрат на инфраструктурные проекты и интеграции арктических регионов в национальную и международную экономику.

## Литература

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р, утратившим силу в соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 февраля 2019 г. № 195 [интернет]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79l5v7yLVuPgu4bvR7Mo.pdf>
2. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года [интернет]. Режим доступа: <https://strategy.arctic2035.ru/c/documents/strategiya-razvitiya-arkticheskoy-zony-rossiyskoy-federatsii-i-obespecheniya-natsionalnoy-bezopasnos/>
3. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации»: Постановление Правительства Российской Федерации от 30.03.2021 г. № 484 [интернет]. Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/133682/>
4. Паспорт национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 года № 7 [интернет]. Режим доступа: <https://bazanpa.ru/sovet-pri-prezidente-rf-po-strategicheskому-razvitiu-i-natsionalnym-proektam-pasport-oto4062019-h4447516/>
5. Куратова Л.А. Особенности цифровизации пространства Арктических регионов России. Арктика и Север. 2023;(50):154–173.
6. Абдрахманова Г.И., Вишневский К.О., Гохберг Л.М., Демидкина О.В., Демьянова А.В., Ковалева Г.Г. и др. Цифровая экономика: 2021: краткий статистический сборник. Москва: НИУ ВШЭ; 2021.
7. ЧечуринаМ.Н., Щебарова Н.Н., Ульянова Е.А. Влияние цифровизации на социально-экономическое развитие регионов АЗРФ. Научное обозрение: теория и практика. 2025;15(4):451–459. <https://doi.org/10.35679/2226-0226-2025-15-4-451-459>
8. ЧечуринаМ.Н., Ульянова Е.А. Стратегическое значение цифровизации управления для развития Мурманской области как региона АЗРФ. В: Технологии менеджмента в современной экономике: тенденции и перспективы: Материалы V Междунар. науч. конф., Ростов-на-Дону, 13–15 марта 2025 г. Т. 3. Ростов-на-Дону ; Таганрог: Издательство Южного федерального университета; 2025, с. 282–287.
9. Яхяев Д.Б., Иванова И.А., Воронина Л.В., Григоришин А.В. Цифровизация Арктических регионов России: проблемы и пути решения. Вопросы экономики и права. 2023;(185): 39–44. <https://doi.org/10.14451/2.185.39>

## References

1. The Digital Economy of the Russian Federation Program. Approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 1632-r dated July 28, 2017, further replaced by Decree of the Government of the Russian Federation No. 195 dated February 12, 2019. Available at: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79l5v7yLVuPgu4bvR7Mo.pdf>. (In Russ.).
2. Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation and Ensuring National Security for the Period up to 2035. (In Russ.). Available at: <https://strategy.arctic2035.ru/c/documents/strategiya-razvitiya-arkticheskoy-zony-rossiyskoy-federatsii-i-obespecheniya-natsionalnoy-bezopasnos/>.
3. On the approval of the Russian Federation state program “Socio-economic development of the Arctic zone of the Russian Federation”: Resolution of the Government of the Russian Federation No. 484 dated March 30, 2021. (In Russ.). Available at: <http://government.ru/docs/all/133682/>
4. Passport of the national project “Digital Economy of the Russian Federation,” approved by the minutes of the meeting of the Presidium of the Presidential Council for Strategic Development and National Projects of the Russian Federation dated June 4, 2019, No. 7. (In Russ.). Available at: <https://bazanpa.ru/sovet-pri-prezidente-rf-po-strategicheskому-razvitiu-i-natsionalnym-proektam-pasport-oto4062019-h4447516/>.
5. Kuratova L.A. Features of Digitalization of the Arctic Regions of Russia. Arctic and North. 2023;(50):154–173. (In Russ.).

6. Abdrahmanova G.I., Vishnevskii K.O., Gokhberg L.M., Demidkina O.V., Dem'yanova A.V., Koval'eva G.G., et al. Digital Economy: 2021: A Brief Statistical Compendium. Moscow: NIU VShE, 2021. (In Russ.).
7. Chechurina M.N., Shchebarova N.N., Ulyanova E.A. The impact of digitalization on the socio-economic development of the regions of the Russian Arctic. Scientific Review: Theory and Practice. 2025;15(4):451–459. (In Russ.). <https://doi.org/10.35679/2226-0226-2025-15-4-451-459>
8. Chechurina M.N., Ulyanova E.A. The strategic importance of digitalization of management for the development of the Murmansk Oblast as an AZRF region. In: Management technologies in the modern economy: trends and prospects: Proceedings of the 5th International Scientific Conference, Rostov-on-Don, March 13–15, 2025. Vol. 3. Rostov-on-Don; Taganrog: Southern Federal University Press; 2025, pp. 282–287. (In Russ.).
9. Iakhiae D.B., Ivanova I.A., Voronina L.V., Grigorishchin A.V. Digitalization of the Arctic Regions Of Russia: problems and solutions. Voprosy ekonomiki i prava. 2023;(185):39–44. (In Russ.). <https://doi.org/10.14451/2.185.39>

## Сведения об авторах

**Чечурина Майя Николаевна** — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и управления ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», заслуженный работник рыбного хозяйства РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, действительный член Российской академии естественных наук  
Россия, 183010, Мурманск, ул. Спортивная, д. 13  
Scopus ID 57218920250  
РИНЦ ID 584781  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4848-6359>  
Тел.: +7 (921) 170-96-97  
E-mail: [maya1946g@mail.ru](mailto:maya1946g@mail.ru)

**Щебарова Наталья Николаевна** — доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и управления ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», почетный работник образования Мурманской области  
Россия, 183010, Мурманск, ул. Спортивная, д. 13  
Scopus ID 57203660431  
РИНЦ ID 1163-1000  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3862-6167>  
SPIN-код 1163-1000  
Тел.: +7 (921) 272-20-00  
E-mail: [censey@mail.ru](mailto:censey@mail.ru)

**Ульянова Евгения Александровна** — аспирант ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», Россия 183010, Мурманск, ул. Спортивная, д. 13  
Тел.: +7 (902) 282-27-34  
E-mail: [jenifer1985@mail.ru](mailto:jenifer1985@mail.ru)

## Information about the authors

**Maya N. Chechurina** — Dr. Sci. (Economics), Prof., Department of Economics and Management, Murmansk Arctic University, Honored Worker of the Fisheries of the Russian Federation, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Full Member of the Russian Academy of Natural Sciences Russia, 183010, Murmansk, Sportivnaya str., 13  
Scopus ID: 57218920250  
RSCI ID: 584781  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4848-6359>  
Tel.: +7 (921) 170-96-97  
E-mail: [maya1946g@mail.ru](mailto:maya1946g@mail.ru)

**Natalya N. Shchebarova** — Dr. Sci. (Economics), Prof., Departmental Head, Department of Economics and Management, Murmansk Arctic University, Honored Worker of Education of the Murmansk Oblast Russia, 183010, Murmansk, Sportivnaya str., 13  
Scopus ID: 57203660431  
RSCI ID: 1163-1000  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3862-6167>  
SPIN-code: 1163-1000  
Tel.: +7 (921) 272-20-00  
E-mail: [censey@mail.ru](mailto:censey@mail.ru)

**Evgeniya A. Ulyanova** — Postgraduate Student, Murmansk Arctic University  
Russia, 183010, Murmansk, Sportivnaya str., 13  
Tel.: +7 (902) 282-27-34  
E-mail: [jenifer1985@mail.ru](mailto:jenifer1985@mail.ru)

## Вклад авторов

**Чечуринна Майя Николаевна** — существенный вклад в разработку концепции работы; написание статьи и ее редактирование с целью повышения ее научной значимости.

**Щебарова Наталья Николаевна** — существенный вклад в разработку концепции работы; окончательная доработка версии работы.

**Ульянова Евгения Александровна** — сбор, анализ, интерпретация полученных данных.

## Author contribution statements

**Maya N. Chechurina** — significant contribution to the development of research concept, writing the manuscript and its critical review with the contribution of valuable scientific content.

**Natalya N. Shchebarova** — significant contribution to the development of research concept, revision and approval of the final version of the manuscript.

**Evgeniya A. Ulyanova** — data collection; analysis and interpretation of the data obtained.

## Благодарности

Исследование выполнено в плане реализации инициативной НИР «Разработка методологических основ оценки инновационного потенциала региона» кафедры экономики и управления Института креативных индустрий и предпринимательства ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет» № ГР 125011400255-2.

## Acknowledgments

The study was conducted as part of the initiative research project “Development of methodological foundations for assessing the innovative potential of the region” by the Department of Economics and Management of the Institute of Creative Industries and Entrepreneurship of the Murmansk Arctic University No. 125011400255-2.



## Ледокольный мем

Сазонов К.Е.

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,  
Санкт-Петербург, Россия  
[✉ kirsaz@rambler.ru](mailto:kirsaz@rambler.ru)

**Аннотация.** Недавно профессор М.В. Винарский обратил внимание на существование научных мемов — визуальных или верbalных образов, в доходчивой форме маркирующих в массовом сознании конкретную научную теорию или личность ученого. Им высказано предположение, что научные мемы могут появляться лишь для научных событий, которые наиболее важны в мировоззренческом отношении. В статье показывается, что такие мемы могут существовать и в технических науках, например в морской ледотехнике. Примером может служить устойчивое мнение о том, что ледокол разрушает ледяной покров своим весом. В работе разбираются возможные причины возникновения этого ледокольного мема, а также в чем содержащаяся в нем информация не совсем корректно отражает реальные процессы. В конце работы высказаны предположения о возможных причинах возникновения научных мемов и делается вывод о том, что в настоящее время вероятность возникновения новых научных мемов крайне мала.

**Ключевые слова:** научный мем, ледокол, ледопроходимость, изменение осадки, разрушение льда

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

**Для цитирования:** Сазонов К.Е. Ледокольный мем. *Арктика и инновации*. 2025;3(4):75–83. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-75-83>

## Icebreaking meme

Kirill E. Sazonov

Krylov State Research Center, St. Petersburg, Russia  
[✉ kirsaz@rambler.ru](mailto:kirsaz@rambler.ru)

**Abstract.** Recently, Professor M.V. Vinarsky drew attention to the existence of scientific memes, i.e., visual or verbal images that clearly identify a specific scientific theory or scientist in the public consciousness. He suggested that scientific memes can only appear for scientific events that are most important in terms of worldview. The present article shows that such memes can also exist in engineering sciences, for example in marine ice engineering. An example is the persistent belief that an icebreaker destroys the ice cover with its weight. The paper examines the possible causes of this “icebreaking” meme, as well as the reasons why the information it contains scarcely reflect real processes. At the end of the work, hypotheses are put forward about the possible reasons for the emergence of scientific memes. Moreover, the present probability of emergence for new scientific memes is concluded extremely low.

**Keywords:** scientific meme, icebreaker, icebreaking ability, draft change, ice destruction

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

**For citation:** Sazonov K.E. Icebreaking meme. *Arctic and Innovation*. 2025;3(4):75–83. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-75-83>

## Введение

Поводом для написания этой заметки стало прослушивание лекции профессора М.В. Винарского «Происхождение обезьяны»: научные мемы и их эволюция» на научно-популярном сайте «Элементы». Несколько позже я ознакомился с короткой работой того же автора [1]. В этих работах по аналогии с общезвестным понятием мема, введенного Р. Докинзом, автор вводит понятие «научного мема».

Винарский предлагает следующее рабочее определение этого понятия: «Научный мем — это визуальный или вербальный (слоган) образ, в кратчайшей и максимально доходчивой форме маркирующий в массовом сознании конкретную научную теорию или личность ученого» [1, с. 43]. В качестве примера автор определения приводит такие общезвестные научные мемы, как «яблоко Ньютона» и «ванна Архимеда», а также подробно разбирает генезис центрального мема дарвинизма о том, что «человек происходит от обезьяны». По мнению Винарского, такие научные мемы важны для популяризации и создания положительного имиджа науки в массовой культуре. Он подчеркивает, что «меметизации» подверглось относительно небольшое число научных фактов и концепций, «наиболее важных в мировоззренческом отношении» [1, с. 43, 44]. При этом роль научных мемов не всегда положительна, т. к. они сводят сложные научные проблемы к весьма упрощенной, примитивной форме.

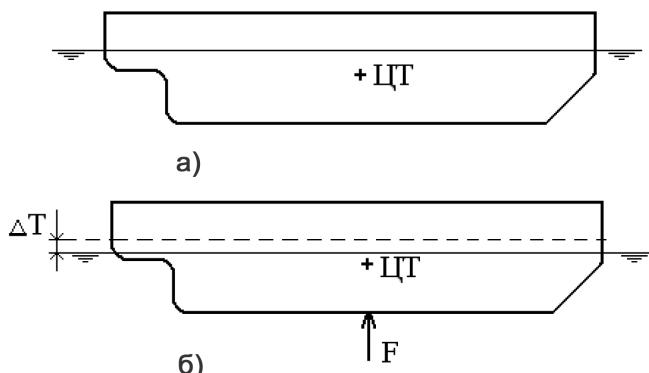
Автор задался вопросом, существуют ли научные мемы в его основной специальности — морской ледотехнике. Сразу в голову пришел соответствующий вербальный образ: «Ледокол ломает лед, вплзая на него и проламывая своим весом». Насколько автор может судить, этот мем весьма распространен. Такое объяснение работы ледокола он слышал в детстве, используется оно и сейчас. Интернет в ответ на запрос «Как работает ледокол?» выдает ссылки на ряд сайтов<sup>1</sup>, в которых приводится именно это объяснение. В данной заметке автор по-

пытался выяснить, как появился этот мем, и рассмотреть, насколько он соответствует действительности.

## Что не так с ледокольным мемом?

Основная ошибка ледокольного мема заключается в том, что в нем причина и следствие поменялись местами. Кроме этого, он содержит еще явную ошибку, связанную со словом «вес».

Рассмотрим сначала вопрос, связанный с весом. Подавляющее большинство людей понимает под этим словом вес ледокола, что абсолютно неправильно. Когда любое судно, в том числе и ледокол, движутся по чистой воде, их вес уравновешен силой Архимеда. Если же в процессе эксплуатации на судно по тем или иным причинам (волнение, посадка на камень или мель, движение во льдах и прочее) будет действовать возмущающая вертикальная сила, противоположная действию силы тяжести, это вызовет некоторое всплытие корпуса судна из воды (рис. 1). Из-за этого всплытия погруженный в воду объем корпуса станет меньше и, соответственно, уменьшится величина силы Архимеда, поддерживающей судно. Разность между весом судна и новым значением силы Архимеда определит величину так называемой силы потерянной плавучести, которая будет в точности равна величине возмущающей вертикальной силы. Для гипотетического судна, имеющего вертикальный борт, величина изменения



**Рис. 1.** Действие на судно возмущающей вертикальной силы  $F$ : а) невозмущенное положение судна; б) положение судна при действии возмущающей силы;  $\Delta T$  — изменение осадки судна при действии силы (авторский рисунок)

**Fig. 1.** Effect of a disturbing vertical force  $F$  on a vessel: a) undisturbed vessel position; b) vessel position under the action of the disturbing force;  $\Delta T$  — change in the vessel draft under the force action

<sup>1</sup> URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ледокол>; URL: <https://www.ixbt.com/live/offtopic/kak-ledokol-lomaet-led-i-kakie-osobennosti-konstrukcii-imeet.html>; URL: <https://www.stena.ee/blog/kak-rabotaet-ledokol> и др. (дата обращения 09.11.24)

его осадки  $\Delta T$  при действии вертикальной возмущающей силы  $F$  может быть определена по простой формуле:

$$\Delta T = \frac{F}{\rho_w g S}, \quad (1)$$

где  $\rho_w$  — плотность воды;  $g$  — ускорение свободного падения;  $S$  — площадь ватерлинии судна.

Из приведенной формулы следует, что вес (водоизмещение) судна никаким образом не влияет на всплытие судна при действии возмущающей вертикальной силы.

Описанная выше ситуация является крайне упрощенной. Она соответствует практически не реализуемому случаю, когда линия действия возмущающей силы проходит через центр тяжести судна. В любой другой ситуации действие силы  $F$  приведет к возникновению момента, вызывающего крен и дифферент судна. При наличии крена и дифферента определение величины всплытия судна даже с вертикальными бортами уже не является столь простой задачей.

Подводя итог, можно сделать вывод, что в ледокольном меме слово «вес» не должно присутствовать. При «всплытии» ледокола на льдину происходит его всплытие, и на лед действует сила потерянной плавучести, которая в первую очередь зависит от геометрической формы судна.

Теперь рассмотрим, в чем выражается нарушение причинно-следственной связи в ледокольном меме. Для простоты предположим, что взаимодействие корпуса ледокола со льдом локализуется исключительно в его носовой оконечности в районе форштевня. Такая идеализация в принципе может реализоваться при движении небольших по размеру судов преимущественно в пресноводных льдах.

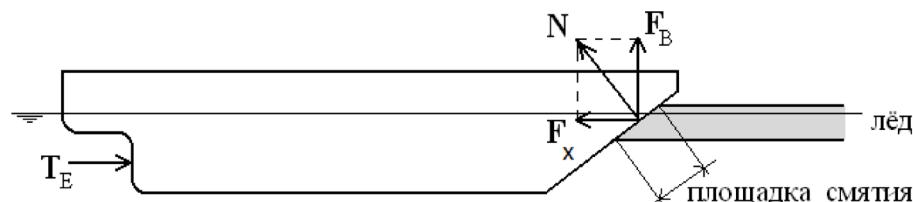
Физическую картину корпуса судна со льдом в этом случае можно описать следующим образом [2]. При взаимодействии форштевня с кромкой ледового поля происходит ее смятие с образованием поверхности смятия (рис. 2). Смятие кромки (локальное разрушение льда) происходит под действием тяги движительного комплекса судна. При смятии возникает нормальное  $N$  к борту усилие, величина которого может быть определена по простой формуле:

$$N = \sigma_c S_c, \quad (2)$$

где  $\sigma_c$  — предел прочности льда на смятие, который определяется по результатам испытаний специальных образцов как в лабораторных, так и в натурных условиях;  $S_c$  — площадь поверхности смятия, которая легко может быть определена на основании теоретического чертежа носовой оконечности судна, величина этой площади зависит от глубины внедрения форштевня в лед.

Нормальная сила  $N$ , действующая со стороны льда на корпус ледокола, может быть разложена на горизонтальную и вертикальную составляющие. Горизонтальная — это одна из многих компонент, составляющих силу сопротивления льда движению ледокола. Сила ледового сопротивления преодолевается тягой движительного комплекса ледокола. Именно величина тяги, которая зависит от общей мощности энергетической установки, определяет возможность движения ледокола в тех или иных условиях.

Вертикальная же составляющая нормальной силы при достижении ею некоторого критического значения вызывает разрушение ледяного покрова изгибом. Величина критического разрушающего усилия зависит от многих факторов, главными из которых являются толщина льда и его предел прочности на изгиб.



**Рис. 2.** Схема действия сил, возникающих при разрушении ледяного покрова форштевнем ледокола.  $N$  — нормальное к площадке смятия усилие;  $F_B, F_X$  — вертикальная и горизонтальная составляющие нормального усилия;  $T_E$  — тяга движительного комплекса ледокола (авторский рисунок)

**Fig. 2.** Diagram of forces arising when the ice cover is destroyed by the icebreaker stem.  $N$  — force normal to the crushing area;  $F_B, F_X$  — vertical and horizontal components of the normal force;  $T_E$  — thrust of the icebreaker propulsion system (drawing by the author)

Таким образом, все силы, действующие на носовую оконечность ледокола и вызывающие разрушение льда, зависят только от тяги движительного комплекса и определяются только ею.

На самом деле механика движения ледокола во льдах намного сложнее, чем здесь описано. Ледяной покров разрушается корпусом не только в районе форштевня, но и на всем протяжении носового заострения вплоть до участка корпуса, имеющего максимальную ширину на уровне действующей ватерлинии. При этом в разрушении ледяного покрова изгибом участвуют и отдельные участки бортов. После разрушения льда происходят процессы поворота и притапливания обломанных льдин, на реализацию которых затрачивается довольно большое количество энергии. На подводной части корпуса формируется так называемая «ледовая рубашка», трение которой о корпус также увеличивает ледовое сопротивление. Все эти составляющие сопротивления преодолеваются только тягой движительного комплекса.

Теперь становится понятным, в чем заключается нарушение в ледокольном меме причинно-следственных связей. Величина вертикальной силы, вызывающей разрушение ледяного покрова изгибом, задается геометрией корпуса и величиной тяги. В соответствии с третьим законом Ньютона на корпус ледокола также действует вертикальная сила. Эта сила вызывает всплытие и дифферент на корму ледокола при движении во льдах. При всплытии возникает, как это было показано выше, потеряная сила плавучести. Таким образом, потеряная сила плавучести не ломает лед, а возникает для компенсации усилий, ломающих лед.

Можно с абсолютной уверенностью утверждать, что ледокольный мем мог сложиться только в конце XIX в. В это время ледоколы и ледокольные суда имели относительно небольшие размеры [3] и малое водоизмещение. Для таких судов эффект действия внешней (ледовой) силы проявляется весьма заметно в виде легко определяемого на глаз всплытия и заметного дифферента. По мере увеличения водоизмещения и мощности ледоколов эти эффекты становятся все менее заметными. Для современных ледоколов их наличие можно определить только с помощью специальных приборов.

Так, у современных атомных ледоколов дифферент при движении в сплошных льдах практически не превышает 1°.

## Поиски источника мема

Первые указания на возможный источник ледокольного мема обнаружился в отчете известного ученого-судостроителя Л.М. Ногида о его командировке на ледокольный пароход «Садко» во время зимнего зверобойного рейса в горло Белого моря в 1936 г. [4]. В этом отчете Ногид, рассуждая об особенностях движения «Садко» во льдах, пишет: «Со времени опубликования в конце восьмидесятых годов прошлого столетия (XIX в. — К.С.) работы Рунеберга, в которой теоретически рассматриваются некоторые вопросы ледового плавания, принято думать, что работа ледокола при движении его во льдах сводится к ряду последовательных восхождений на лед и проламыванию его силой собственного веса» [4, с. 29а]. Он недвусмысленно указывает, что автором утверждения, ставшего мемом, является выдающийся финский инженер Р.И. Рунеберг [5], который в своей разнообразной инженерной деятельности занимался в том числе и изучением ледового плавания судов и их проектированием [6].

Однако внимательное прочтение его пионерской теоретической работы о плавании судов во льдах, опубликованной в 1889 г. [7], не выявило никаких указаний на то, что он считал вес ледокола основной силой, разрушающей ледяной покров. В этом можно убедиться, рассмотрев расчетную формулу Рунеберга для определения величины вертикальной силы  $V$ , которая ломает лед:

$$V = T \frac{\cos \varphi \cos \beta - f \sin \varphi}{\sin \varphi \cos \beta + f \sin \beta \cos \varphi}, \quad (3)$$

где  $T$  — упор движителя;  $f$  — коэффициент трения льда о корпус судна;  $\beta$  — средний угол наклона шпангоутов в носовой оконечности;  $\varphi$  — средний угол наклона батокса.

В этой формуле отсутствует водоизмещение (вес) судна, величина разрушающего лед усилия зависит от упора движительного комплекса. Таким образом, нет никаких оснований считать Р.И. Рунеберга творцом ледокольного мема.

Оценим временной интервал, когда сформировался ледокольный мем. Концом этого интервала можно считать 1896 г. В этом году в очередном томе энциклопедического словаря, издаваемого Ф.А. Брокгаузом и И.А. Ефроном, в статье «Ледокольные работы» было написано: «...Одни из них (пароход ледокол) ломают лед ударом, а другие разбивают ледяной покров своею тяжестью, напирая на него сверху. В пароходах второй категории киль имеет подъем к носу. Двигателем служит винт...» [8, с. 468]. Фиксация мема в энциклопедическом словаре говорит о том, что выраженное в нем мнение являлось общепринятым. Поэтому целый ряд важных и обсуждаемых в обществе событий, таких как лекция С.О. Макарова 1897 г. «К Северному полюсу — напролом!», строительство и ледовые плавания ледокола «Ермак», не могут быть источниками появления ледокольного мема.

Казалось бы, что за начало временного промежутка можно принять 1889 г., когда появилась статья Рунеберга, объясняющая механику движения судна во льдах. Однако это не так. На Балтийском море ледоколы и ледокольные суда применялись в течение практически всей второй половины XIX в. [3]. Их работа вызывала определенный общественный интерес, освещалась в печати. В качестве примера можно указать развернувшуюся в 1860-х и 1870-х годах в Финляндии дискуссию по «ледокольному вопросу» [9]. В ней рассматривались возможности ледового плавания в целом и оценивались существующие технические решения. Высказывались мнения как в поддержку развития ледокольного флота, так и против. Результатом этой дискуссии стало создание ледокольного судна «Экспресс» (рис. 3), которое полностью выполнило возложенные на него функции, обеспечив практически непрерывную зимнюю навигацию в порт Ханко начиная с 1877 г. [6, 9]. Поэтому появление ледокольного мема возможно в любой момент начиная со второй половины 60-х годов XIX в., когда ледоколы стали применяться для продления навигации Кронштадтом и материком.

К сожалению, автор вынужден констатировать, что источник возникновения мема установить не удалось. По всей вероятности, это была публикация в периодической печати, в которой описывалась работа ледокола во льдах. Такое объяснение оказалось

весьма понятным читающей публике и стало тиражироваться в других изданиях.

Можно лишь перечислить причины, благодаря которым ледокольный мем стал общепризнанным. Их несколько. Во-первых, необходимость разрушения льда и создания в нем каналов возникала в практической деятельности человека неоднократно. Для решения этой задачи применялись различные технические устройства [10], подавляющее большинство которых было основано на использовании веса груза для разрушения льда.

Важным примером в этом отношении является предложение начальника кронштадтской строительной части полковника Н.Л. Эйлера о создании судна для связи Кронштадта с материком в зимних условиях [11, с. 100–102]. Он предложил на железном паровом судне установить семь кранов, с помощью которых на лед перед носовой оконечностью сбрасывались бы чугунные тяжести весом от 20 до 40 пудов. Предполагалось, что таким образом удастся разбивать лед на мелкие куски. Для проведения натурных испытаний была выделена канонерская лодка «Опыт», которую переименовали в «Опыт-Ледокол» (рис. 4). Испытания канонерской лодки «Опыт-Ледокол», оборудованной в соответствии с предложением Эйлера, закончились неудачей [12]. Тяжести пробивали лишь отверстия в ледяном покрове, чего было недостаточно

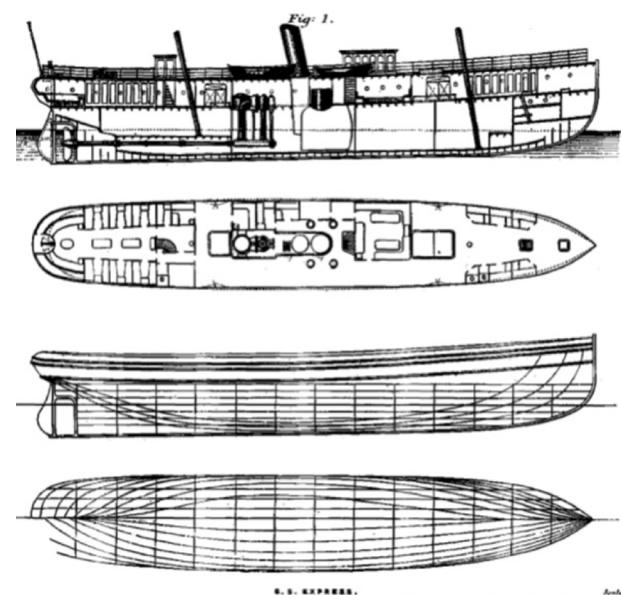
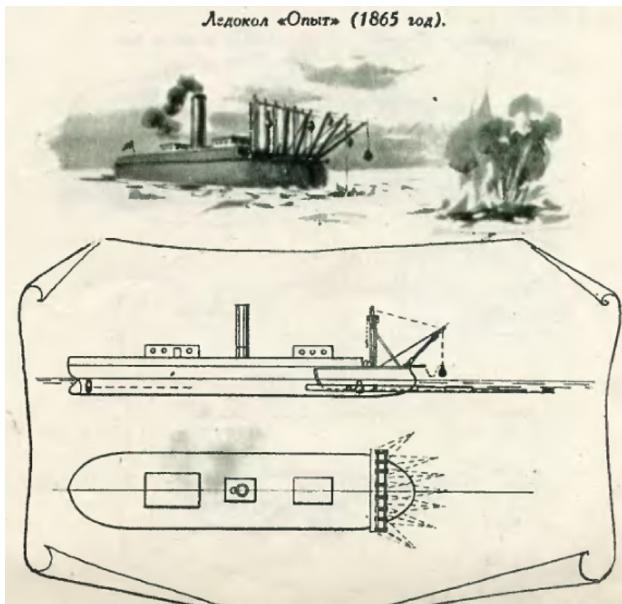


Рис. 3. Ледокольное судно «Экспресс» [7]

Fig. 3. "Ekspress" icebreaker [7]



**Рис. 4.** Канонерская лодка «Опыт» ([https://www.peru-nica.ru/uploads/posts/2018-09/1537101929\\_4.jpg](https://www.peru-nica.ru/uploads/posts/2018-09/1537101929_4.jpg) (дата обращения: 02.12.2025))

**Fig. 4.** “Opty” gunboat ([https://www.perunica.ru/uploads/posts/2018-09/1537101929\\_4.jpg](https://www.perunica.ru/uploads/posts/2018-09/1537101929_4.jpg) (дата обращения: 02.12.2025))

для обеспечения возможности движения лодки во льдах.

Можно констатировать, что идея разрушения ледяного покрова весом приложенного к нему груза являлась вполне очевидной для общественного мнения. Она не противоречила обыденному опыту практически любого человека, который хоть раз в жизни ломал своим весом лед.

Второй причиной является наблюдавшееся в реальности всплытие и «вползание» маломощных и небольших по размерам ледоколов XIX в. на ледяной покров. Механика этих процессов описана выше.

Третья причина связана с особенностями тактики ледового плавания, в которых не-специалист разбирался довольно плохо. Существует два приема движения судна в сплошных ровных льдах. Первый прием реализуется, когда тяги движительного судна хватает на преодоление ледового сопротивления. Однако для любого судна существует некоторая предельная толщина льда, при превышении которой судно уже не может двигаться во льдах непрерывным ходом даже при использовании полной мощности энергетической установки. Эта толщина льда называется предельной ледопроходи-

мостью судна и является одной из важнейших его технических характеристик.

Однако достижение ледяным покровом предельных для судна значений не означает, что оно в таких условиях не может двигаться. Применение тактического приема «движение набегами» позволяет продолжить плавание. Суть этого приема заключается в том, судно отходит назад по уже проложенному им во льдах каналу на некоторое расстояние. Затем, двигаясь по чистой воде в канале, оно разгоняется и на повышенной скорости ударяет о препятствие. Такой маневр позволяет судну продвинуться на некоторое расстояние в запредельный лед. Продвижение становится возможным из-за того, что к тяге движительного комплекса добавляется сила инерции, увеличивая ее. Описанный прием позволяет увеличить диапазон толщин льда, в которых возможно движение судна, на некоторую величину [13]. Эффективность работы судна набегами зависит от его водоизмещения (веса), т. к. при одной и той же скорости при соударении судна с неразрушенным льдом инерционная сила тем будет больше, чем больше водоизмещение судна.

Тактический прием «движение набегами» активно применялся судоводителями в XIX в. Об этом свидетельствует специальное его рассмотрение в первой теоретической работе Р.И. Рунеберга в 1889 г. [7]. Поэтому можно предположить, что у внешнего, недостаточно хорошо разбирающегося в тактике ледового плавания наблюдателя могла сформироваться иллюзия влияния веса ледокола на его способность разрушать лед.

## О происхождении научных мемов

Завершая рассмотрение ледокольного мема, хотелось бы высказать ряд соображений о тех условиях, в которых возможно их возникновение.

По мнению автора, одной из важнейших причин возникновения научных мемов является опора предлагаемого объяснения того или иного научного и технического явления на обыденный опыт человека. Каждому человеку хорошо известен эффект изменения уровня жидкости в ванне при погружении в нее (ванна Архимеда). Столь же очевидно падение яблок (яблоко Ньютона). Любой человек, который хоть раз увидел

обезьяну, не мог не поразиться ее сходству со своим собственным телом (происхождение человека от обезьяны). Как было показано выше, ледокольный мем также имеет опору на обыденный опыт, связь с которым делает информацию о научном или техническом факте легкоусвояемой, а также способствует ее передаче и распространению при общении людей. Поэтому можно предположить, что большинство ныне существующих научных мемов возникло во второй половине XIX — начале XX в. В это время научные открытия и технические изобретения еще довольно сильно были связаны с явлениями, наблюдаемыми в обычной жизни. В то же время их число было относительно невелико и вызывало повышенный интерес в обществе. Дальнейшее развитие науки и техники привело к обнаружению новых фактов, которые слабо связаны с обыденными представлениями, что ликвидировало возможность генерации новых научных мемов. Кроме этого, экспоненциальное развитие исследований сделало практически невозможным выделение каких-либо магистральных направлений развития науки и техники, вызвало формирование групп по интересам, чем существенно снизило

объем аудитории, в которой может возникнуть и существовать научный мем.

Рассмотренный в данной статье ледокольный мем опровергает мнение профессора М.В. Винарского о том, что «меметизация» подверглось относительно небольшое число научных фактов и концепций, «наиболее важных в мировоззренческом отношении». Очевидно, что объяснение работы ледокола во льдах не может рассматриваться в «мировоззренческом отношении». Поэтому важность в научном отношении не является необходимым условием для возникновения научного мема. По мнению автора, таким необходимым, но отнюдь не достаточным условием является наличие в обществе в течение продолжительного времени повышенного интереса к выбранной теме.

В рассмотренном в работе случае во второй половине XIX — начале XX в. в обществе существовал повышенный интерес к полярным исследованиям, а также ко всему, что было с ними связано. Этот интерес создал ту питательную среду, в которой частный вопрос о работе ледокола получил широкое распространение и превратился в ледокольный мем.

## Литература

1. Винарский М.В. «Происхождение обезьяны»: к истории центрального мема о дарвинизме. В: Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная конференция, 2022: Труды XXVIII Годичной конференции Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Москва; 2022, с. 43–48.
2. Сазонов К.Е. Теоретические основы плавания судов во льдах. СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова; 2010.
3. Андриенко В.Г. Ледокольный флот России, 1860-е — 1918 гг. Москва: Европейские издания; 2009.
4. Ногид Л.М. Наблюдения на ледокольном пароходе «Садко» в зимний зверобойный рейс 1936 г. [рукопись]; 1936.
5. Сазонов К.Е. Инженер Роберт Рунеберг: между Финляндией и Россией. Природа. 2021;(6):67–79.
6. Сазонов К.Е. Зарождение теории ледоколов: Роберт Рунеберг. Судостроение. 2022;(6):65–72.
7. Runeberg, R. On steamers for winter navigation and ice-breaking. (including plates at back of volume). Minutes of the Proceedings of the Institution of Civil Engineers. 1889;97:277–301. <https://doi.org/10.1680/imotp.1889.20763>
8. Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А., Петрушевский Ф.Ф., Андреевский И.Е., Шевяков В.Т., Арсеньев К.К. Энциклопедический словарь. Т. 17. Култагой — Лед. Санкт-Петербург: Типо-Литография И.А. Ефрана; 1896.
9. Matala S., Sahari A. Small nation, big ships winter navigation and technological nationalism in a peripheral country, 1878–1978. History and Technology. 2017;33(2):220–248. <https://doi.org/10.1080/07341512.2017.1343909>
10. Бордученко Ю.Л. Ледокольный флот России. СПб.: ИПТ РАН; 2018.

11. Эйлер Н. Морской ледокол. Морской сборник. 1865;LXXXI(11):99–110.
12. Мертваго Д. Ледоколы и сообщение Кронштадта с материком. Морской сборник. 1866;LXXXVII(12):221–226.
13. Сазонов К.Е. Оценка предельной толщины льда, преодолеваемой ледоколом при работе набегами. Судостроение. 2017;(4):9–10.

## References

1. Vinarsky M.V. “The Origin of the Ape”: Towards the History of the Central Meme of Darwinism. In: S.I. Vavilov Institute for the History of Natural Science and Technology. Annual Conference, 2022. Proceedings of the XXVIII Annual Conference of the S.I. Vavilov Institute for the History of Natural Science and Technology, Russian Academy of Sciences. Moscow; 2022. (In Russ.).
2. Sazonov K.E. Theoretical foundations of navigation of ships in ice. St. Petersburg: Central Research Institute named after academician A.N. Krylov; 2010. (In Russ.).
3. Andrienko V.G. Icebreaker fleet of Russia, 1860s — 1918. Moscow: Evropeiskie izdaniya Publ.; 2009. (In Russ.).
4. Nogid L.M. Observations on the icebreaker “Sadko” during the winter seal-hunting voyage of 1936 [Manuscript]; 1936. (In Russ.).
5. Sazonov K.E. Engineer Robert Runeberg: Between Finland and Russia. Priroda. 2021;(6):67–79. (In Russ.).
6. Sazonov K.E. The Birth of Icebreaker Theory: Robert Runeberg. Sudostroenie [Shipbuilding]. 2022;(6):65–72. (In Russ.).
7. Runeberg R. On steamers for winter navigation and ice-breaking. (including plates at back of volume). Minutes of the Proceedings of the Institution of Civil Engineers. 1889;97:277–301. <https://doi.org/10.1680/imotp.1889.20763>
8. Brokgauz F.A., Efron I.A., Petrushevskii F.F., Andreevskii I.E., Shevyakov V.T., Arsen'ev K.K. Encyclopedic Dictionary. Vol. 17. Kultagoy — Led. St. Petersburg: Tipo-Lithography of I. A. Efron; 1896. (In Russ.).
9. Matala S., Sahari A. Small nation, big ships winter navigation and technological nationalism in a peripheral country, 1878–1978. History and Technology. 2017;33(2): 220–248. <https://doi.org/10.1080/07341512.2017.1343909>
10. Borduchenko Yu.L. Icebreaker fleet of Russia: monograph. St. Petersburg: IPT RAS; 2018. (In Russ.).
11. Euler N. Sea icebreaker. Morskoi sbornik [Marine collection]. 1865; LXXXI(11):99–110. (In Russ.).
12. Mertvago D. Icebreakers and Kronstadt's connection with the mainland. Morskoi sbornik [Marine collection]. 1866;LXXXVII(12):221–226. (In Russ.).
13. Sazonov K.E. Assessment of the maximum ice thickness overcome by an icebreaker during raid operations. Sudostroenie [Shipbuilding]. 2017;(4):9–10. (In Russ.).

## Сведения об авторе

Сазонов Кирилл Евгеньевич — доктор технических наук, начальник лаборатории морской ледотехники, старший научный сотрудник ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Россия, 196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3364-1309>  
РИНЦ ID: 175637  
Scopus ID: 6603188555  
Тел.: +7 921 323-95-50  
E-mail: [kirsaz@rambler.ru](mailto:kirsaz@rambler.ru)

## Information about the author

Kirill E. Sazonov — Dr. Sci. (Tech.), Head of the Marine Ice Engineering Lab, Senior Researcher, Krylov State Research Centre, Russia, 196158, Saint Petersburg, Moskovskoe highway, 44  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3364-1309>  
RSCI ID: 175637  
Scopus ID: 6603188555  
Tel.: +7 921 323-95-50  
E-mail: [kirsaz@rambler.ru](mailto:kirsaz@rambler.ru)

## Вклад автора

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

## Author contribution statement

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



## Океанолог А.П. Алексеев. К 100-летию со дня рождения

Аверкиев А.С.✉, Хаймина О.В.

ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», Санкт-Петербург, Россия  
✉[asav@rshu.ru](mailto:asav@rshu.ru)

**Аннотация.** В декабре 2024 г. исполнилось 100 лет со дня рождения А.П. Алексеева — известного советского и российского океанолога, бывшего директора Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии, секретаря Межведомственной ихтиологической комиссии. А.П. Алексеев внес большой вклад в развитие промысловой океанологии, организацию научно-промышленных и океанологических исследований в Северном промысловом районе, создание научных станций в Белом и Баренцевом морях, проведение конференций по Промысловой океанологии и промысловому прогнозированию, ресурсам Белого моря. В статье приведены факты из биографии А.П. Алексеева и некоторые результаты вклада его деятельности в развитие отечественной океанологической науки.

**Ключевые слова:** промысловая океанология, водные биологические ресурсы, рыболовство, Баренцево море, Белое море

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

**Для цитирования:** Аверкиев А.С., Хаймина О.В. Океанолог А.П. Алексеев. К 100-летию со дня рождения. *Арктика и инновации*. 2025;3(4):84–93. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-84-93>

## On the 100th birth anniversary of oceanologist A.P. Alekseev

Aleksandr S. Averkiev✉, Olga V. Khaimina

Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia  
✉[asav@rshu.ru](mailto:asav@rshu.ru)

**Abstract.** December 2024 have marked the 100th birth anniversary of A.P. Alekseev, a renowned Soviet and Russian oceanologist, former director of the Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO) and secretary of the Interdepartmental Ichthyological Commission. A.P. Alekseev made a significant contribution to the development of commercial oceanography, organization of scientific, commercial and oceanographic research in the Northern fishing region, construction of research stations in the White and Barents Seas, as well as to holding of Conferences on Commercial Oceanography, Forecasting and the Resources of the White Sea. The article presents facts from the biography of A.P. Alekseev and some results of his contribution to the development of Russian oceanographic science.

**Keywords:** commercial oceanography, aquatic biological resources, fisheries, Barents Sea, White Sea

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

**For citation:** Averkiev A.S., Khaimina O.V. On the 100th birth anniversary of oceanologist A.P. Alekseev. *Arctic and Innovation*. 2025;3(4):84–93.

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-84-93>

Имя Аркадия Павловича Алексеева хорошо известно в научных океанологических и ихтиологических кругах, значителен его вклад в развитие промыслового-оceanологических исследований в морях России. В 2021 г. в издательстве ПИНРО вышла книга «Из личного архива директора ПИНРО А.П. Алексеева: заметки, письма, размышления» [1]. Большинство материалов данной статьи получено из этой книги, а также с сайта ПИНРО [2] и воспоминаний тех, кто его знал и работал с ним [3]. Деятельность Аркадия Павловича была многогранной и разнообразной, авторы статьи работали на кафедре промысловой океанологии РГГМУ (сейчас она называется кафедра прикладной океанографии и комплексного управления прибрежной зоной), поэтому в этой статье мы в основном рассматриваем стороны деятельности А.П. Алексеева, связанные именно с океанологией и с нашим университетом.

Из автобиографии А. П. Алексеева, которая приведена в [1]:

«Родился 5 декабря 1924 г. в с. Буденновское УССР Сталинской области. В 1931 г. семья переехала на постоянное место жительства на родину отца — в г. Ленинград. В 1941 г. окончил 9 классов.

После начала Великой Отечественной войны до июля 1942 г. участвовал в строительстве оборонительных сооружений. С июля 1942 г. по август 1944 г. находился в Красной Армии, участвовал в боях на Северном Кавказе, Украине. В 1942 г. был контужен, в 1943 г. ранен, в апреле 1944 г. тяжело ранен осколком снаряда в левую руку (ампутация). После длительного лечения в госпиталях был демобилизован и направлен домой в г. Ленинград. За участие в боевых действиях награжден медалями «За боевые заслуги» (1944 г.), «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» (1945 г.).

В 1945 г. окончил 10-й класс школы рабочей молодежи (с золотой медалью) и поступил в Ленинградский гидрометеорологи-

ческий институт. В 1950 г. окончил ЛГМИ (диплом с отличием, квалификация инженер-оceanолог)».

Во время учебы в институте А.П. Алексеев неоднократно участвовал в экспедициях на небольших судах ПИНРО, и в них реализовалась его давняя мечта о морских плаваниях. При этом надо помнить, что условия на этих судах были весьма спартанские, а работа на палубе сопряжена с большими трудностями, особенно если учесть ограниченные возможности молодого исследователя.

На фотографии 1949 г. (рис. 1) — сотрудники, аспиранты и студенты кафедры океанологии ЛГМИ.

Из книги: «Для дипломного проекта я выбрал тему о связях отдельных этапов жизненного цикла «мурманской» сельди с океанографическими условиями в Баренцевом море. Думается, что это был первый защищенный в ЛГМИ дипломный проект промыслового-оceanографической направленности. Очень хотел распределиться в ПИНРО, но тогда выпускники обязаны были распределяться в Гидрометслужбу».

Вместо распределения в 1950 г. Аркадий Павлович поступил в аспирантуру Ленинградского государственного университета им. А.А. Жданова (ЛГУ) на кафедру океанографии. Во время сбора материалов к диссертации работал в Полярном институте (ПИНРО), в том числе в должности и. о. младшего научного сотрудника. В 1953 г. после успешной защиты кандидатской диссертации на соискание степени кандидата географических наук в ЛГУ был направлен на работу в ПИНРО в должности старшего научного сотрудника лаборатории океанографии.

Цитата из книги [1]: «Мои связи и контакты с alma mater никогда не прерывались. Этому во многом способствовали В.В. Тимонов, К.К. Дерюгин, Е.И. Серяков и др.». В книге А.П. Алексеев вспоминает и «старших



**Рис. 1.** Сотрудники, аспиранты и студенты кафедры океанологии ЛГМИ на заседании научного кружка в 1949 г. В верхнем ряду третья справа — М.А. Валерьянова. Средний ряд слева направо: А.П. Алексеев, Б.И. Тюряков, заведующий кафедрой Н.И. Евгеньев, К.К. Дерюгин. Нижний ряд слева: Е.И. Серяков, К. В. Кондратович

**Fig. 1.** Staff, graduate students and students of the Oceanology Department, Leningrad Hydrometeorological Institute, at a meeting of the scientific discussion group in 1949. In the top row, third from the right — M.A. Valeryanova. In the middle row, from left to right — A.P. Alekseev, B.I. Tyuryakov, departmental head N.I. Evgenov and K.K. Deryugin. Bottom row, from the left — E.I. Seryakov and K. V. Kondratovich

товарищей» с военного факультета — Б.И. Тюрякова и Л. А. Жукова. Все упомянутые здесь сотрудники стали ведущими преподавателями кафедр океанологического факультета в 60–90-е годы. Вслед за Алексеевым и его однокурсниками многие студенты проходили практику на промысловых и промыслово-исследовательских судах ПИНРО и других организаций Министерства и Комитета рыбного хозяйства. Эта традиция сохранялась на Океанологическом факультете до начала 2000-х гг. Не прерывались контакты Аркадия Павловича и с кафедрой океанологии ЛГУ, которую после смерти В.Ю. Визе возглавил проф. В.Х. Буйницкий.

В конце 40-х и начале 50-х гг. ПИНРО и ЛГМИ начали плодотворные совместные научно-исследовательские работы, которые продолжались в течение многих десятилетий: сотрудники кафедр получали материалы для научных работ и учебных дисциплин, студенты проходили практику на судах и базах ПИНРО, получали распределение в НИИ Минрыбхоза. Научные связи РГГМУ

и ПИНРО, заложенные 70 лет назад, изменились по форме, но продолжаются до настоящего времени.

Во время обучения в аспирантуре и работы в ПИНРО А.П. Алексеев вел интенсивную научную работу, при этом оставался активным «экспедиционником», участвовал в рейсах, возглавлял экспедиции, организовывал новые исследования.

Из характеристики А.П. Алексеева [1] в 1960 г.:

«...А.П. Алексеев является участником 15 комплексных рейсов на кораблях института, в 7 из которых он был руководителем (начальником). В результате обработки многочисленного материала гидрологических наблюдений А.П. Алексеевым написана 21 научная работа, из которых 17 работ опубликовано в Трудах и Бюллетенях ПИНРО за 1957–1959 гг. и других изданиях. Наиболее значительной работой А.П. Алексеева, созданной им в соавторстве с Б.В. Истошиным, является исследование, изложенное

в работе "Многолетние изменения температуры атлантических водных масс в Норвежском и Гренландском морях".

Очень большое практическое значение имеют работы А.П. Алексеева "Характеристика Полярного фронта в Норвежском и Гренландском морях" и "Схема постоянных течений в Норвежском и Гренландском морях" (совместно с Б.В. Истошиным). Эти работы помогли институту и промразведке в прогнозировании состояния сырьевой базы и поисках скоплений сельдей в данном бассейне.

В течение нескольких лет в конце 50-х гг. Алексеев был активным участником работ в Норвежском и Гренландском морях, про-

водившихся ПИНРО по плану МГГ и МГС, причем в трех рейсах (5-м, 8-м и 15-м) он участвовал в качестве начальника.

Подписи: Директор ПИНРО Покровский. Секретарь партбюро Киселев».

Вскоре после такой характеристики А.П. Алексеев был назначен заместителем директора, а в 1962 г. — директором ПИНРО (рис. 2).

В эти годы Аркадий Павлович интенсивно налаживает международные связи ПИНРО. Так, после успешного завершения в 1958–1959 гг. Международного Геофизического года было восстановлено участие советских океанологов и промысловиков в работе ИКЕС (ICES, The International Council for the Exploration of the Sea), и А.П. Алексеев и сотрудники ПИНРО включаются в рабочие группы этой организации. Также он участвует в работе ФАО (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations), МОК (IOC, The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO (IOC/UNESCO). А.П. Алексеев неоднократно посещает Норвегию, и с 60-х гг. устанавливаются тесные научные связи с Бергенским морским институтом.

Среди текущих административных дел во время руководства институтом обеспечиваются строительные работы по расширению здания ПИНРО.

При этом Аркадий Павлович организует научные и промысловово-оceanологические исследования; многие из них были «пионерскими» и развивались сотрудниками ПИНРО в течение следующих десятилетий, под его руководством обновляется научно-промышленный флот (рис. 3). Приведем некоторые из мероприятий и исследований, которые отмечены в истории ПИНРО [1, 2].

**1965 г.** — положено начало ежегодным международным учетным съемкам по определению урожайности поколений (0-группа) основных промысловых рыб Баренцева и Норвежского морей (сельдь, треска, пикша и др.).

Институт приступил к исследованиям путасу в Норвежском море.

**1968 г.** — институт получил НИС «Персей III» — первое крупнотоннажное судно ПИНРО. Вскоре спущено на воду второе подобное — НИС «Одиссей», которое кроме



**Рис. 2.** Аркадий Павлович Алексеев — директор ПИНРО, он руководил институтом в 1962–1974 гг.

**Fig. 2.** Arkadii P. Alekseev, the director of Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO) in 1962–1974



**Рис. 3.** НИС «Персей III» — первое крупнотоннажное судно ПИНРО

**Fig. 3.** "Persei III" research vessel is the first large-tonnage PINRO vessel

научно-промышленных исследований будет осуществлять спуски глубоководных подводных аппаратов, в том числе «Север-2».

**1970 г.** — по инициативе ПИНРО создан первый в СССР автономный глубоководный подводный аппарат «Север-2» с максимальной глубиной погружения 2000 м (рис. 4 и 5).

**1971 г.** — в экспедициях на судах «Академик Книпович» и «Персей III» на шельфе Канады обнаружены промысловые скопления мойвы.

**1972 г.** — вошла в строй экспериментальная база ПИНРО для технологических исследований.

**1972 г.** — начаты регулярные исследования северной креветки в Баренцевом море.

**1973 г.** — ПИНРО приступил к изучению биологических ресурсов глубоководных районов Северной Атлантики.

**Отступление.** Интересный факт из книги воспоминаний. Коллеги по ВНИРО и ПИНРО выпустили книгу про научно-промышленные суда, где, в частности, писали, что в 60-е гг. в ПИНРО «появились» новые крупнотоннажные суда для научных исследований. А.П. Алексеев язвительно замечает, что для того, чтобы они «появились», необходимо было убедить руководителей Минрыбхоза, затем сформулировать Гипрорыбфлоту требования к судам, обеспечить гарантии финансирования, разместить проекты на судостроительных заводах, получить суда (не допустить, чтобы они ушли другим структурам, например Севпромразведка или Запромразведка, которые не только вели научные исследования, но и добывали рыбу).

Там же интересное замечание про то, что названия судам также надо было присваивать «аккуратно», так как желаемые имена ученых не всегда проходили. Даже «Фритьоф Нансен» прошел не сразу. Проще оказалось называть суда именами мифических героев и звездий.

Это пересекается с тем, как получали УЭС «Профессор Сергей Дорофеев». «Получение» потребовало больших усилий (хотя рыбаки Архангельска отдавали его легко, т. к. промысел зверя сильно сократился) ректора Смирнова, помощника ректора по плавсоставу



**Рис. 4.** Первый советский автономный глубоководный аппарат «Север-2»

**Fig. 4.** "Sever-2" — the first Soviet autonomous deep-sea vehicle



**Рис. 5.** А.П. Алексеев на спуске подводного аппарата «Север-2»

**Fig. 5.** A.P. Alekseev during the descent of the "Sever-2" deep-sea vehicle

адмирала ..., проректоров Суставова и Масловского, завлаба Щербакова. Затем перегон, переоборудование и ремонт, выбивание штатного состава. Наконец решили переименовать (Тимонов, Дерюгин, Шокальский, Нерей 2 и др.). Но! Регистр потребовал таких согласований и условий и, видимо, трудно объяснимых для вуза затрат, что от переименования отказались. Пришлось на частные вопросы отвечать, что такого океанолога — Дорофеев — не было, но ученый профессор-металлург был.

В 1974 г. А.П. Алексеев закончил работу в ПИНРО и вернулся в Ленинград. Он начал работать в Межведомственной ихтиологической комиссии (МИК) и одновременно старшим научным сотрудником в Зоологическом институте АН СССР (ЗИН).

Необходимо сказать несколько слов о МИК, этой нестандартной организации. МИК была создана в 1949 г. как структура в рамках АН СССР, в 1962 г. переведена в Госкомитет по рыбному хозяйству СССР, преобразованному в 1965 г. в Министерство рыбного хозяйства СССР (Минрыбхоз). Целью деятельности МИК было выделение актуальных проблем в области ихтиологии, промышленного рыболовства, океанологии, сохранении водных ресурсов и координация деятельности научных, производственных, учебных заведений для решения выявленных проблем. Комиссию официально возглавляли крупные ученые сначала из Зоологического института: академики Л.С. Берг, М.Е. Виноградов, О.А. Скарлато, директор ЗИНа Е.Н. Павловский. Затем руководителями были представители ВНИРО и Минрыбхоза СССР и Комитета по рыболовству РФ. В Комиссии функционировали экспертные научно-консультативные советы (НКС) по отдельным важным и актуальным проблемам из авторитетных специалистов и было несколько постоянных членов. В 2011 г. МИК была объединена с ЦУРЭН — Центральным управлением по рыбозаводской экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации (новая структура в Федеральном агентстве по рыболовству — ФАР), и МИК фактически прекратила существование.

Аркадий Павлович Алексеев был постоянным членом Комиссии и зачастую инициировал проекты, которые были актуальны и интересны биологам, ихтиологам, океанологам. Это делалось как в рамках всесоюзных программ, так и по программам работ ЗИНа и бассейновых институтов Минрыбхоза (ПИНРО СевПИНРО, АтлантНИРО и др.). Например, большое внимание в 70–90-е гг. МИК уделяла проблемам Белого моря, в том числе при активном участии Аркадия Павловича. Много времени и сил он уделял работе Беломорской биологической станции (ББС). Был проведен ряд конференций по рациональному использованию ресурсов Белого моря, на которых А.П. Алексеев был непременным участником и председателем или членом организационного комитета. Также по инициативе МИК проводились регулярные конференции по промысловому прогнозированию на базе ВНИРО и бассейновых институтов, и снова Аркадий Павлович — в оргкомитете.

**Отступление.** Авторы познакомились с работой МИК и с А.П. Алексеевым в конце 80-х гг. на открытом заседании МИК в Зоологическом институте. Тогда на Белом море произошла экологическая катастрофа (кстати, такого термина тогда не было) — морские звезды и другие донные моллюски массово выбросились на берег. Причина первоначально не была установлена, имелись подозрения на антропогенное воздействие, но позже было признано естественное неблагоприятное влияние окружающей среды. О.А. Скарлато (тогда председатель МИК и директор ЗИНа) и А.П. Алексеев пригласили широкий круг специалистов для обсуждения проблемы.

В начале 90-х гг. в МИК по инициативе А.П. Алексеева была создана Секция промысловой океанологии, постоянным секретарем секции стал сам Аркадий Павлович. Это позволило МИК еще более тесно работать с бассейновыми институтами Минрыбхоза, Институтом океанологии РАН и учебными вузами, в частности с Российским гидрометеорологическим университетом (РГГМУ, он же ранее ЛГМИ). Авторитет и энергия Аркадия Павловича позволили сделать Секцию промысловой океанологии Ихтиологической комиссии координирующим органом для биологов, ихтиологов, океанологов, чьи интересы были связаны с изучением влияния свойств водной среды на водные биоресурсы, их добычу и разведение. Как отмечал сам Аркадий Павлович в своей книге [1] и, как видели все, кто тогда сталкивался с работой МИК, деятельность Комиссии и Секции промысловой океанологии была в это время весьма полезной и конструктивной (рис. 6). Регулярные заседания Секции промысловой океанологии способствовали обмену промыслово-оceanологической информацией между бассейновыми институтами, решения, принятые на заседаниях, доводились до руководства ВНИРО и Росрыболовства.

Так, на заседаниях Секции промысловой океанологии принимались решения о проведении регулярных конференций по промысловой океанологии. Конференции успешно проводились с 1969 по 2014 г. [4]. Первая состоялась в Мурманске, ее открывал директор ПИНРО А.П. Алексеев, там же на базе ПИНРО проведены еще несколько конференций, затем ряд конференций проводились в Калининграде на базе АтлантНИРО (рис. 7), по крайней мере три конференции прошли



**Рис. 6.** После заседания Межведомственной ихтиологической комиссии. НКС по биоресурсам Мирового океана и Секция промысловой океанологии. Москва. Апрель 2008 г. (Д.Н. Катунин (КаспНИРХ), А.С. Аверкиев (РГГМУ), Ю.М. Лепесевич (ПИНРО), А.П. Алексеев (МИК), К.В. Кондратович (РГГМУ), В.Д. Бойцов (ПИНРО))

**Fig. 6.** After the meeting of the Interdepartmental Ichthyological Commission. Research Advisory Board for Bioresources of the World Ocean and Commercial Oceanology Section. Moscow, April 2008 (D.N. Katunin (Volga-Caspian branch of PINRO), A.S. Averkiev (Russian State Hydrometeorological University), Yu.M. Lepesovich (PINRO), A.P. Alekseev (Murmansk Industrial College), K.V. Kondratovich (Russian State Hydrometeorological University), and V.D. Boitsov (PINRO))



**Рис. 7.** Участники XIV Всероссийской конференции по промысловой океанологии. Светлогорск. Сентябрь 2008 года [4]

**Fig. 7.** Participants of the XIV All-Russian Conference on Commercial Oceanology. Svetlogorsk, September 2008 [4]

в Ленинграде (С.-Петербурге), одна — в Астрахани (КаспНИРХ). Последняя — XVI конференция по промысловой океанологии — проведена в Калининграде в 2014 г. [5]. Рекомендации и резолюции конференций доводились до руководителей рыболовной отрасли и способствовали совершенствованию методов океанологического обеспечения промышленного рыболовства, развитию промысловой океанологии и преемственности в работе МИК.

Ниже приведен один из разделов решений IV Всесоюзной конференции по промысловой океанологии.

Четвертая Всесоюзная конференция по промысловой океанологии проведена Ихтиологической комиссией Минрыбхоза СССР, ВНИРО и ПИНРО 22–25 ноября 1977 г. в г. Мурманске во исполнение решения Третьей Всесоюзной Конференции по промысловой океанологии и в соответствии с планом проведения Министерством рыбного хозяйства СССР Всесоюзных научных и научно-технических совещаний, конференций, семинаров и симпозиумов на 1977 г., согласованным с ГКНТ СМ СССР. ....

Пятую Всесоюзную Конференцию по промысловой океанологии провести в г. Ле-



**Рис. 8.** А.П. Алексеев — член Государственной аттестационной комиссии по защите дипломных выпускных работ на океанологическом факультете РГГМУ

**Fig. 8.** A.P. Alekseev as a member of the State Attestation Commission for the acceptance of diploma theses at the Oceanological Faculty of the Russian State Hydrometeorological University

нинграде в феврале 1980 г. Конференцию посвятить рассмотрению итогов изучения океанологических основ пространственно-временной изменчивости продуктивности Мирового океана, уделив особое внимание его открытым районам. Просить Секцию промысловой океанологии Ихтиологической комиссии возглавить подготовку проведения V конференции.

Роль Аркадия Павловича в организации и проведении конференций была очевидной и часто основной. Руководители бассейновых НИРО и ВНИРО по рекомендациям Ихтиологической комиссии и благодаря личной инициативе А.П. Алексеева оказывали содействие организационному комитету, обеспечивали работу конференций, предоставляли базы и транспорт, проводили экскурсии (Куршская коса, Биологическая станция на Куршской косе, завод по разведению форелевых рыб и базы ПИНРО с экспериментальными садками и др.). Был налажен выпуск материалов конференций. Везде, где принимали участников конференций, сотрудники, которые знали Аркадия Павловича, встречали тепло и радушно самого А.П. Алексеева и коллег.

С начала работы в ПИНРО Аркадий Павлович уделял большое внимание регулярным наблюдениям на стандартных разрезах. Основным из таких стал разрез № 6 «Кольский меридиан». На конференциях по промысловой океанологии часто поднимался вопрос и затем отмечалась в решениях необходимость всемерно поддерживать и продолжать эти наблюдения. В 1999 г. была проведена Международная конференция «100-летие наблюдений на разрезе «Кольский меридиан». В 2024 г. проведена еще одна конференция — «Экосистемы и климат арктических морей», посвященная 125-летию векового разреза «Кольский меридиан» [2].

Еще одной важной инициативой МИК и лично Аркадия Павловича было создание журнала «Вопросы промысловой океанологии». Журнал выходил 4 раза в год в течение 11 лет, с 2004 по 2014 г. В нем представлены статьи специалистов, преимущественно океанологов из бассейновых НИИ, ВНИРО, РГГМУ, СПбГУ и др.).

Важной частью деятельности А.П. Алексеева было сотрудничество с вузами. Так, в начале

90-х гг. в РГГМУ (тогда еще ЛГМИ, затем РГМИ) была создана кафедра промысловой океанологии, в 1993 г. ее возглавил ректор Л.Н. Карлин [3]. Необходимость создания кафедры определялась тем, что потребность в океанологах-практиках в конце 80-х достигла максимума, до трети выпускников океанологического факультета распределялись на работу в институты и другие структуры Минрыбхоза (Комитета по рыболовству, в настоящее время — Росрыболовство). Аркадий Павлович по приглашению ректора Л.Н. Карлина стал одним из главных консультантов при формировании кафедры, создавал проекты программ по основным дисциплинам (промысловая океанология, информационное обеспечение промышленного рыболовства и др.). Океанологический факультет РГГМУ гордился тем, что Аркадий Павлович

всегда оставался «старшим другом» факультета, участвовал в научных мероприятиях и неформальных встречах, поддерживал интересные начинания. А.П. Алексеев с 1990-х до 2010-х был членом государственной аттестационной комиссии по защите дипломных выпускных работ на океанологическом факультете (рис. 8), консультировал сотрудников, давал отзывы на диссертации и рецензии на статьи сотрудников.

Океанологи РГГМУ не теряли контакты с Аркадием Павловичем до последних лет, приглашали его на встречи выпускников и ветеранов факультета, поздравляли с юбилеями. В декабре 2024 года Аркадию Павловичу исполнилось бы 100 лет, но он умер в июне. Светлая память о замечательном человеке останется в наших сердцах.

## Литература

1. Из личного архива директора ПИНРО А.П. Алексеева: заметки, письма, размышления. Мурманск: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; 2021.
2. Вехи истории. Государственный научный центр Российской Федерации федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». ВНИРО. Полярный филиал [интернет]. Режим доступа: <http://pinro.vniro.ru/ru/o-filiale/history>
3. Даниель-Бек Т.В. (сост.). Учитель. Воспоминания о Льве Николаевиче Карлине. Москва: Комментарий; 2018.
4. Алексеев А.П., Котенев Б.Н., Чернышков П.П. XIV научная конференция по промысловой океанологии и промысловому прогнозированию. Рыбное хозяйство. 2008;(5):27–29.
5. Чернышков П.П., Сапожников В.В. Информация о XVI конференции по промысловой океанологии, проходившей в г. Калининграде на базе АтлантНИРО 8–12 сентября 2014 г. Труды ВНИРО. 2015;154:143–144.

## References

1. From the personal archive of PINRO Director A.P. Alekseev: notes, letters, reflections. Murmansk: All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; 2021.
2. Milestones in History. State Research Center of the Russian Federation, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography. VNIRO. Polar Branch [Internet]. Access mode: <http://pinro.vniro.ru/ru/o-filiale/history>
3. Daniel-Beck T.V. (compiled). Teacher. Memories of Lev Nikolaevich Karlin. Moscow: Commentary; 2018.
4. Alekseev A.P., Kotenev B.N., Chernyshkov P.P. XIV Scientific Conference on Commercial Oceanology and Commercial Forecasting. Fisheries. 2008;(5):27–29.
5. Chernyshkov P.P., Sapozhnikov V.V. Information about the XVI Conference on Commercial Oceanology, held in Kaliningrad at the AtlantNIRO base on September 8–12, 2014. Proceedings of VNIRO. 2015;154: 143–144

## Сведения об авторах

**Аверкиев Александр Сергеевич** — доктор географических наук, доцент, профессор кафедры прикладной океанографии и комплексного управления прибрежными зонами ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», Россия, 193231, г. Санкт-Петербург, ул. Коллонтай, д. 24 -2 -187 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5614-3711>, ID Web of Science: HKV-3168-2023, ID Scopus: 23011429800, ID РИНЦ: 655531 SPIN-код: 6961-9141 Тел.: +7 (921) 792-72-50 E-mail: [asav@rshu.ru](mailto:asav@rshu.ru)

**Хаймина Ольга Владимировна** — кандидат географических наук, и.о. зав. кафедрой прикладной океанографии и комплексного управления прибрежными зонами ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», Санкт-Петербург, Россия ID РИНЦ: 109522 SPIN-код: 6418-2467 E-mail: [khaimina@rshu.ru](mailto:khaimina@rshu.ru)

## Information about the authors

**Aleksandr S. Averkiev** — Dr. Sci. (Geography), Assoc. Prof., Prof., Department of Applied Oceanography and Integrated Coastal Zone Management, Russian State Hydrometeorological University Russia, 193231, Saint Petersburg, Kollontai st., 24-2-187 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5614-3711> Web of Science Researcher ID: HKV-3168-2023 Scopus ID: 23011429800 RSCI ID: 655531 SPIN-code: 6961-9141 Tel.: +7 (921) 792-72-50 E-mail: [asav@rshu.ru](mailto:asav@rshu.ru)

**Olga V. Khaimina** — Cand. Sci. (Geography), Acting Departmental Head, Department of Applied Oceanography and Integrated Coastal Zone Management, Russian State Hydrometeorological University Russia, Saint Petersburg RSCI ID: 109522 SPIN-code: 6418-2467 E-mail: [khaimina@rshu.ru](mailto:khaimina@rshu.ru)

## Вклад авторов

**Аверкиев Александр Сергеевич** — написание статьи, ее редактирование и окончательная доработка версии работы.  
**Хаймина Ольга Владимировна** — сбор, интерпретация данных; существенный вклад в разработку концепции работы.

## Author contribution statement

**Aleksandr S. Averkiev** — wrote and edited the article, and finalized the final version.  
**Olga V. Khaimina** — collected and interpreted the data; made a significant contribution to the development of the study's concept.

УДК 574

ББК 63.3(2)6

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-94-103>



# Заброшенные деревни как фактор расселения зубра (*Bison bonasus*) на Севере

Попов И.Ю.<sup>1</sup>✉, Гусаров И.В.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук», Вологда, Россия

✉ [i.y.popov@spbu.ru](mailto:i.y.popov@spbu.ru)

**Аннотация.** Почти все убежища зубра (*Bison bonasus*) окружены освоенными территориями с высокой плотностью населения, по которым расселение этого вида проблематично или невозможно. Исключением является самая северная популяция. Она появилась в 1991 году в Вологодской области севернее исторического ареала. Популяция пребывает в хорошем состоянии и увеличивается. Одним из секретов успеха является наличие заброшенных деревень и окружающих их заброшенных сельхозугодий. На них формируются пастбища для зубров — участки, напоминающие более южные территории. Депопуляция сельской местности прогрессирует, можно ожидать дальнейшего роста численности и ареала зубров на Севере.

**Ключевые слова:** зубр, север ареала, заброшенные деревни, местообитание

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

**Для цитирования:** Попов И.Ю., Гусаров И.В. Заброшенные деревни как фактор расселения зубра (*Bison bonasus*) на Севере. Арктика и инновации. 2025;3(4):94–103. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-94-103>

# Abandoned Villages as a Factor in the Northward Expansion of the European Bison (*Bison bonasus*)

Igor Yu. Popov<sup>1</sup>✉, Igor V. Gusalov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Vologda Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia

✉ [i.y.popov@spbu.ru](mailto:i.y.popov@spbu.ru)

**Abstract.** Most refuges of the European bison (*Bison bonasus*) are surrounded by developed areas with high human population density, which makes bison dispersal difficult or even impossible. However, the northernmost population of the species is an exception. It was established in 1991 in the Vologda Oblast, north of the bison's historical range. This population is in good condition and continues to grow. One of the key factors behind this success is the presence of abandoned villages and the surrounding abandoned farmlands. These areas provide suitable pastures for the bison — landscapes similar to those found further south. With ongoing rural depopulation, further increases in the numbers and range of the European bison in the North can be expected.

**Keywords:** European bison, north of the range, abandoned villages, habitat

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

**For citation:** Popov I. Yu., Gusarov I.V. Abandoned Villages as a Factor in the Northward Expansion of the European Bison (*Bison bonasus*). *Arctic and Innovation*. 2025;3(4):94–103. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-4-94-103>

## Введение

Зубр (*Bison bonasus*) — вид, который чуть не вымер около 100 лет назад, но был с большим трудом восстановлен за счет сохранившихся в неволе особей. Сейчас большая часть зубров живет в заповедниках Польши, Беларуси и средней полосы России [1]. Почти все убежища окружены освоенными территориями с высокой плотностью населения, по которым расселение зубров крайне проблематично или вообще невозможно. Исключением является самая северная популяция. Она появилась в 1991 году в Вологодской области. В охотничьем хозяйстве Сусла был построен вольер, в него поселили самца и двух самок, чтобы начать работу по разведению в целях интродукции и вовлечения в животноводство (скрещивание коров с зубрами считалось перспективным). Однако зубры вскоре сломали забор и скрылись. Спустя несколько месяцев от пожилой женщины, живущей в практически заброшенной деревне Большая, поступила жалоба: ночью в окна заглядывают черти. Выяснилось, что у нее были основания для жалобы, потому что зубры выбрали деревню в качестве главного местообитания и действительно подходили

близко к домам в ночное время [2]. Леса и брошенные поля вокруг оказались пригодными для их жизни. С тех пор зубры там так и живут, их численность растет ускоряющимися темпами. Они постепенно расселяются, но деревня Большая остается главным центром их концентрации. На данный момент их уже более 200. Зимой их подкармливают сеном и комбикормом, летом — солью. Время от времени вологодским зубрам привозят пополнение, чтобы избежать вырождения. В целом для зубров сложились хорошие условия. Поскольку они так удачно обосновались в заброшенной деревне и ее окрестностях, можно отчасти оценить перспективы их расселения и роста численности, если выяснить, нет ли вокруг других аналогичных территорий. В этом состояла одна из задач недавних исследований.

## Материалы и методы

Исследование стартовало с точки, от которой началась история «северных зубров», — дома, в который «заглядывали черти» (рис. 1). Описывалась окружающая местность — характер растительности, рельефа и антропогенного



**Рис. 1.** Дом в деревне Большая, у которого в 1991 г. были впервые обнаружены зубры. Фото сделано авторами

**Fig. 1.** A house in the Bolshaya village, near which bison were first discovered in 1991. Photo by the authors

воздействия. Выполнялись наблюдения самих зубров и следов их пребывания. Затем с помощью карт и космоснимков (ArcGIS Pro) была собрана информация о населенных пунктах окружающей территории. Окружающая территория оценивалась на основе административных границ, поскольку они в данном случае имеют естественные соответствия — объединяют «клUSTERы» населенных пунктов, которые отделены от большей части других лесами и болотами. Деревня Большая располагается примерно в центре Богородского сельского поселения [3]. Его границы охватывают большую часть деревень, расположенных в радиусе 20 км от Большой. Административный центр поселения — село Богородское — расположен у его южной границы. Остальные населенные пункты — деревни — располагаются преимущественно вдоль двух дорог, которые от него отходят: одна на север, а другая — сначала на запад,

а потом на север (рис. 2). Были собраны сведения о численности населения в них и выявлены заброшенные. Большая часть таких деревень была обследована по аналогии с Большой. Таким путем оценивалась их пригодность для обитания зубров и, соответственно, перспективы роста их численности. Во время наблюдений регистрировались следы пребывания зубров — главным образом следы питания (характерные повреждения деревьев, следы копыт, помет).

## Результаты

Деревня Большая расположена на небольших холмах. Жилые дома в ней отсутствуют. От большей части построек почти ничего не осталось. Вместо них сформировались заросли рудеральной растительности, перемежающейся с небольшим числом деревьев — преимущественно лиственных.

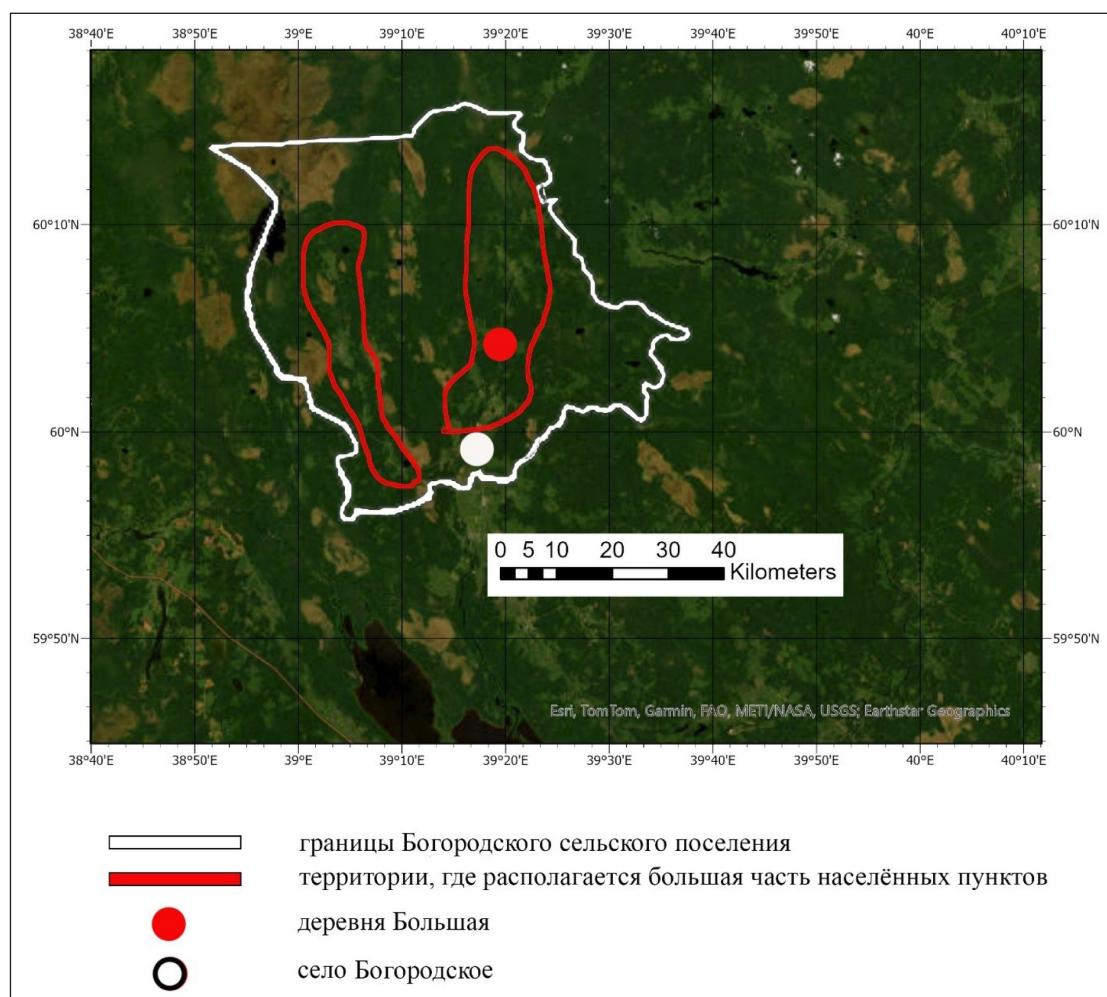


Рис. 2. Схема исследованной территории

Fig. 2. Map of the explored area

Вокруг деревни располагаются брошенные и используемые сельхозугодья. Последние представляют собой луга, на которых растет козлятник восточный (*Gallega orientalis*, кавказское растение, которое активно используется как кормовое и часто натурализуется за пределами естественного ареала). Луга используют для сенокошения и приготовления силоса. Обычно зубры

в сумерках выходят из леса пасться в деревню (рис. 3), хотя нередко и в дневное время тоже в ней находятся (рис. 4). Издали казалось, что они питаются козлятником, но потом выяснилось, что это не совсем так. В посевах козлятника имеются пятна, на которых он не вырос, и вместо него растут различные злаки. На таких пятнах зубры в основном паслись, хотя и козлятник тоже включали



**Рис. 3.** Зубры на поле козлятника. Фото сделано авторами

**Fig. 3.** European bison on the *Gallega* field. Picture by the authors. Photo by the authors



**Рис. 4.** Зубры у деревни Большая. Фото сделано авторами

**Fig. 4.** European bison near the Bolshaya village. Photo by the authors

в свой рацион. Небольшое поле овса на краю деревни, высаженного для привлечения медведей, зубры также освоили. К остаткам построек зубры также подходят. Кроме трав в их питание входят ветки лиственных деревьев и кора. Любопытно, что даже и такой малопитательный корм, как сосновая кора, тоже ими употребляется в значительных объемах. В целом зубры едят все, что растет на месте деревни. Особенно благоприятные условия для них складываются на границах леса и заброшенных полей, поскольку там имеются и убежища, и разнообразные объекты питания.

В недавнее время в Богородском сельском поселении официально упразднено 7 населенных пунктов. Оставшееся число — 59, но 42 из них уже фактически не существует. В них в новом тысячелетии регистрировалось или не более 10 жителей, или не регистрировалось вовсе (табл.). Эта информация представлена в Википедии (не удалось най-

ти официальный источник), однако в ходе наблюдений выяснилось, что она близка к реальности. Вероятно, в данный момент жителей в поселении еще меньше. Кроме деревни Большой мы осмотрели 26 таких несуществующих деревень и выяснили, что они принципиально от Большой не отличаются. Жителей там уже нет. В некоторых из них сохраняются какие-то элементы инфраструктуры — ЛЭП, телефоны, дорожные знаки, но постройки практически не сохранились. Отдельные дома изредка поддерживаются в относительно пригодном для жизни состоянии, но не очень понятно, с какой целью. Вероятно, их иногда используют как дачи, но общей картины это не меняет — заброшенных деревень много, и на них формируются пастбища, пригодные для зубров. Все они располагаются на сравнительно высоких и сухих местах и окружены лугами, зарослями кустарников или редколесьями (рис. 5). Посевы козлятника в них также встречаются (рис. 5 а).

**Таблица.** Зарегистрированное число жителей в населенных пунктах Богородского сельского поселения

**Table.** Registered number of residents in the settlements of the Bogorodskoye rural district

Название	Число жителей	Название	Число жителей	Название	Число жителей
Андреевская	7	Капелино	4	Острецово	10
Беловская	2	Кобылье	4	Паниха	1
Богородское	331	Конаново	2	Петряевская	98
Большая	0	Конь-Гора	1	Плосково	20
Васюткино	3	Копчевская	0	Погорельцево	4
Вичаги	0	Кузнецово	35	Подол	0
Вороново	6	Кузнецоевская	14	Поповка	29
Вороновская	0	Кузьминская	0	Починок	0
Гляденово	0	Кулаково	1	Сенская	2
Давыдовская	1	Ломово	8	Сидоровская	2
Дешевиха	114	Лыва	0	Сокольниково	0
Дмитриевская	23	Ляпшки	0	Соломатино	0
Езово	17	Максимовская	2	Спиченская	2
Ерино	20	Маланьевская	0	Тороповская	10
Еромолино	0	Малаховская	0	Угол	19
Ермолинская	8	Малая Гора	87	Ульяновская	6
Залесье	17	Марковская	128	Холстово	0
Зеленово	0	Марковская (2)	2	Черниево	1
Исачково	4	Никифоровская	38	Шадрино	2
Ихомово	8	Носарево	0		

а



б



в



г



**Рис. 5. Деревни без населения: а) Кузьминская, б) Конь-Гора, в) Зеленово, г) Ульяновская. Фото сделаны авторами**  
**Fig. 5. Villages without population: a) Kuzminskaya, б) Kon-Gora, в) Zelenovo, г) Ulianovskaya. Photo by the authors**

На восточном участке поселения следы пребывания зубров обнаруживаются во всех заброшенных деревнях или вокруг них. На западном следы не обнаруживаются, и было найдено свидетельство вероятного отсутствия зубров. Им оказались солонцы, которые обустраивают для привлечения и улучшения состояния диких копытных. В области обитания зубров всё вокруг солонцов оказывается вытоптанным и съеденным — обголданы деревянные конструкции, растительность уничтожена на площади нескольких квадратных метров, нарыты ямы, стоят лужи. Такого «побоища» у солонцов на западном участке не наблюдалось: взамен были аккуратные тропы лосей. Заселение зубрами западного участка несколько затруднено тем, что он отделен от восточного большими болотами. Однако сплошной границы они не создают, и можно ожидать, что со временем зубры освоят пути в обход.

Таким образом, зубры еще не заселили все пригодные места вблизи центра распространения, но, учитывая их ускоряющийся рост численности, можно ожидать дальнейшего заселения ими освободившихся населенных пунктов. Очевидно, в депопуляции сельского населения состоит один из секретов выживания зубров на Севере. Рассматриваемая территория располагается севернее исторического ареала и относится к зоне тайги, а зубры считаются обитателями зоны широколиственных лесов. Идея поселить зубров на Севере вызывала и вызывает неоднозначные оценки, но сейчас мы наблюдаем, что складываются условия для существенного увеличения их численности. Вместо тайги на Севере большие площади занимает нечто, напоминающее более южную местность, — участки, заросшие травами и лиственными деревьями.

Богородское сельское поселение, конечно же, не является исключением в плане депопуляции. То же самое происходит и по всей Вологодской области, и по соседним тоже [4]. Очевидно, на это повлияла советская политика укрупнения населенных пунктов и кризис 1990-х [5]. Однако подобная депопуляция — широко распространенное явление во всем мире. Деревни пустеют и во многих других странах, существенно различающихся по экономике и политическому устройству, например, в Китае [6], Колумбии [7], странах Средиземноморья [8]. Это связано с появлением заброшенных сельхозугодий, и это обстоятельство часто рассматривается как путь увеличения численности и разнообразия диких животных в глобальном масштабе [9]. «Северные зубры» соответствуют такой перспективе.

Увеличение численности зубров Вологодской области представляет не только местный интерес. Зубр остается уязвимым видом, несмотря на то что численность уже достигла нескольких тысяч. Некоторые европейские специалисты бьют тревогу: зубров мало, их группы изолированы друг от друга, недавние политические события разрушили сложившуюся систему управления и создают дальнейшие риски; и это означает, что надо решительно разработать новую стратегию по увеличению ареала и численности зубра в Европейском союзе [10]. В России нет оснований для объявления такой тревоги, но все-таки имеются сложности: численность зубров растет, но места в существующих питомниках и заповедниках мало. Избыток расселяют по-немногу, но обычно по аналогичным убежищам небольшой площади, а небольшая изолированная группировка все равно будет оставаться уязвимой. В нашем случае, возможно, есть потенциал для большей стабильности. Один из главных вопросов, который в связи с этим возникает, — смогут ли зубры сами без подкормки зимой выжить севернее исторического ареала? На данный момент невозможно представить окончательное доказательство такой

возможности — для этого надо исключить подкормку, а зубров жалко. Подкормка зубров — уже давняя традиция. Даже в самых главных убежищах их издавна поддерживали таким образом [11, 12]. Имеются только косвенные свидетельства по поводу самостоятельного выживания зубров на Севере.

1. Обитание зубров в Вологодской области показало, что морозы и глубокий снеговой покров они переносят, отсутствие водопоя зимой — тоже, а кроме сена и комбикорма зимой активно питаются и естественными кормами [13, 14].
2. Ближайший родственник зубра — американский бизон, *Bison bison*, — обитает самостоятельно в аналогичной климатической зоне и даже севернее [15, 16].
3. Согласно моделированию на основе биоклиматических переменных, недавние климатические изменения способствуют расселению зубра в северном направлении вплоть до границ Арктики [17].
4. Недавнее расширение ареала в северном направлении — это правило для множества животных, в том числе копытных Евразии [18].
5. В доисторическое время бизоны, похожие на современных зубров и бизонов (*Bison priscus*), на территории Вологодской области обитали [19].

## Выводы

Заброшенные поселки и окружающие их заброшенные сельхозугодья являются существенной составляющей местообитаний зубра севернее исторического ареала. Из-за депопуляции сельского населения их площадь велика и продолжает увеличиваться, что способствует дальнейшему росту численности зубра. Вполне вероятно, что вид может увеличить ареал в северном направлении, что обеспечит стабильность состояния вида.

## Литература

1. Plumb G., Kowalczyk R., Hernandez-Blanco J.A. *Bison bonasus*. The IUCN Red List of Threatened Species [dataset]; 2020, e.T2814A45156279. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T2814A45156279.en> (accessed 31 October 2025).

2. Зубры на русском Севере. Русский Север [интернет]. 2025;(4). Режим доступа: <https://rsever.ru/chitajte/zubryi-na-russkom-severe> (дата обращения: 31.10.2025).
3. Официальный портал Вологодской области [интернет]. Режим доступа: <https://vologda-obl.ru/> (дата обращения: 31.10.2025).
4. Румянцев И.Н., Смирнова А.А., Ткаченко А. А. Сельские населенные пункты «без населения» как географический и статистический феномен. Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2019;(1):29–37.
5. Денисова Л.Н. Исчезающая деревня России: Нечерноземье в 1960–1980-е годы. Москва: Изд. центр ИРИ; 1996.
6. Zhang Y., Li X., Shi T., Li H., Zhai L. Understanding cropland abandonment from economics within a representative village and its empirical analysis in Chinese mountainous areas. Land Use Policy. 2023;133:106876. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106876>
7. Muñoz-Rios L.A., Vargas-Villegas J., Suarez A. Local perceptions about rural abandonment drivers in the Colombian coffee region: Insights from the city of Manizales. Land Use Policy. 2020;91:104361. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104361>
8. Plieninger T., Hui C., Gaertner M., Huntsinger L. The impact of land abandonment on species richness and abundance in the Mediterranean Basin: a meta-analysis. PLoS One. 2014;9(5):e98355. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098355>
9. Wang L., Pedersen P.B.M., Svenning J.C. Rewilding abandoned farmland has greater sustainability benefits than afforestation. Npj Biodiversity. 2023;2(1). <https://doi.org/10.1038/s44185-022-00009-9>
10. Perzanowski K., Klich D., Olech W. European union needs urgent strategy for the European bison. Conservation Letters, 2022;15(6):e12923. <https://doi.org/10.1111/conl.12923>
11. Pucek Z., Belousova I.P. European Bison. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN, World Conservation Union; 2004.
12. Bramorska B., Kowalczyk R., Kaminski T., Borowik T. Linking winter severity to space use of European bison around feeding sites in Białowieża Primeval Forest (NE Poland). European Journal Wildlife Research. 2023;69(4):66. <https://doi.org/10.1007/s10344-023-01690-2>
13. Гусаров И.В. Акклиматизация зубра в Вологодской области. В: Актуальные проблемы производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. науч. тр. молодых ученых и аспирантов. Вологда, Молочное: Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина; 1998, с. 42–44.
14. Прозоров А.А., Гусаров И.В. Акклиматизация зубров в Вологодской области. В: Животноводство на европейском Севере: фундаментальные проблемы и перспективы развития: тез. докл. Междунар. конф. Баренц Евро-Арктического региона, Петрозаводск, 01–03 октября 1996 года. Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет; 1996, с. 111–113.
15. U.S. Fish and Wildlife Service. Species Status Assessment Report for the Wood Bison (*Bison bison athabascae*). Anchorage, Alaska: Southern Alaska Fish and Wildlife Field Office; 2021.
16. Bath A.J., Engel M.T., van der Marel R.C., Kuhn T.S., Jung T.S. Comparative views of the public, hunters, and wildlife managers on the management of reintroduced bison (*Bison bison*). Global Ecology and Conservation. 2022;34:e02015. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02015>
17. Popov I., Smolina D., Gusarov I. Prospects for the dispersion of European bison, *Bison bonasus*, in the North. Journal for Nature Conservation. 2024;82:126711. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2024.126711>
18. Popov I. Recent enrichment of megafauna in the north of Eurasia supports the concept of Pleistocene rewilding. Wildlife biology. 2024;2025(3):e01334. <https://doi.org/10.1002/wlb3.01334>
19. Яшина О.В. Особенности распространения первобытного бизона *Bison priscus* Bojanus, 1827 на территории Вологодской области. В: Квартер–2005: материалы IV Всерос. совещания по изучению четвертичного периода (Сыктывкар, 23–26 авг. 2005). Сыктывкар: Геопринт; 2005, с. 482–484.

## References

1. Plumb G., Kowalczyk R., Hernandez-Blanco J.A. *Bison bonasus*. The IUCN Red List of Threatened Species [dataset]; 2020, e.T2814A45156279. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T2814A45156279.en> (accessed 31 October 2025)

2. European bison in the Russian North. Russian North [internet]. 2025;(4). Available at: <https://rsever.ru/chitajte/zubryi-na-russkom-severe>. (accessed 31 October 2025). (In Russ.).
3. The official portal of the Vologda region [internet]. Available at: <https://vologda-obl.ru/> (accessed 31 October 2025). (In Russ.).
4. Rumyancev I.N., Smirnova A.A., Tkachenko A.A. Rural settlements “without population” as a geographical and statistical phenomenon. Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria 5, Geografia = Moscow University Bulletin. Series 5, Geography. 2019;(1):29–37. (In Russ.).
5. Denisova L.N. Disappearing village in Russia: Nonblack Soil Zone in 1960–1980s. Moscow: IRI Publishing Center; 1996. (In Russ.).
6. Zhang Y., Li X., Shi T., Li H., Zhai L. Understanding cropland abandonment from economics within a representative village and its empirical analysis in Chinese mountainous areas. Land Use Policy. 2023;133:106876. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106876>
7. Muñoz-Rios L.A., Vargas-Villegas J., Suarez A. Local perceptions about rural abandonment drivers in the Colombian coffee region: Insights from the city of Manizales. Land Use Policy. 2020;91:104361. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104361>
8. Plieninger T., Hui C., Gaertner M., Huntsinger L. The impact of land abandonment on species richness and abundance in the Mediterranean Basin: a meta-analysis. PLoS One. 2014;9(5):e98355. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098355>
9. Wang L., Pedersen P.B.M., Svenning J.C. Rewilding abandoned farmland has greater sustainability benefits than afforestation. Npj Biodiversity. 2023;2(1). <https://doi.org/10.1038/s44185-022-00009-9>
10. Perzanowski K., Klich D., Olech W. European union needs urgent strategy for the European bison. Conservation Letters, 2022;15(6):e12923. <https://doi.org/10.1111/conl.12923>
11. Pucek Z., Belousova I.P. European Bison. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN, World Conservation Union; 2004.
12. Bramorska B., Kowalczyk R., Kaminski T., Borowik T. Linking winter severity to space use of European bison around feeding sites in Białowieża Primeval Forest (NE Poland). European Journal Wildlife Research. 2023;69(4):66. <https://doi.org/10.1007/s10344-023-01690-2>
13. Gusalov I.V. Bison acclimatization in the Vologda region. In: Actual problems of production and processing of agricultural products: collection of scientific papers by young scientists and post-graduate students. Vologda, Molochnoye: Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin; 1998, pp. 42–44.
14. Prozorov A.A., Gusalov I.V. Bison acclimatization in the Vologda region. In: Animal husbandry in the European North: fundamental problems and development prospects: tez. dokl. International Conference Barents Euro-Arctic region, Petrozavodsk, October 01-03, 1996. Petrozavodsk: Petrozavodsk State University; 1996, pp. 111–113.
15. U.S. Fish and Wildlife Service. Species Status Assessment Report for the Wood Bison (*Bison bison athabascae*). Anchorage, Alaska: Southern Alaska Fish and Wildlife Field Office; 2021.
16. Bath A.J., Engel M.T., van der Marel R.C., Kuhn T.S., Jung T.S. Comparative views of the public, hunters, and wildlife managers on the management of reintroduced bison (*Bison bison*). Global Ecology and Conservation. 2022;34:e02015. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02015>
17. Popov I., Smolina D., Gusalov I. Prospects for the dispersion of European bison, *Bison bonasus*, in the North. Journal for Nature Conservation. 2024;82:126711. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2024.126711>
18. Popov I. Recent enrichment of megafauna in the north of Eurasia supports the concept of Pleistocene rewilding. Wildlife biology. 2024;2025(3):e01334. <https://doi.org/10.1002/wlb3.01334>
19. Yashina O.V. Features of the distribution of the primitive bison *Bison priscus* Bojanus, 1827 in the Vologda region. In: Kvarter–2005: Proceedings of the IV All-Russian Meetings on the study of the Quaternary period (Syktyvkar, Aug 23-26, 2005). Syktyvkar: Geoprint; 2005, pp. 482–484.

## Сведения об авторах

Попов Игорь Юрьевич — доктор биологических наук, старший научный сотрудник, кафедры прикладной экологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2564-3294>

ResearcherID: I-4096-2013

ScopusID: 55427914900

ID РИНЦ: 76218

SPIN-код: 89352143

Тел.: +7 (911) 736-84-02

E-mail: [i.y.popov@spbu.ru](mailto:i.y.popov@spbu.ru)

Гусаров Игорь Владимирович — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом кормов и кормления сельскохозяйственных животных, ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук» Россия, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, 14 ID Scopus: 57209507083

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3497-3703>

ID РИНЦ 166882

Тел.: +7 (911) 502-85-70

E-mail: [i-gusarov@yandex.ru](mailto:i-gusarov@yandex.ru)

## Information about the authors

**Igor Yu. Popov** — Dr. Sci. (Biology), Senior Researcher, Department of Applied Ecology, Faculty of Biology, Saint Petersburg State University Russia, 199034, St. Petersburg, Universitetskaya Embankment, 7/9  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2564-3294>  
Researcher ID: I-4096-2013  
Scopus ID: 55427914900  
RSCI ID: 76218  
SPIN-code: 89352143  
Tel.: +7 (911) 736-84-02  
E-mail: [i.y.popov@spbu.ru](mailto:i.y.popov@spbu.ru)

**Igor V. Gusalov** — Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Departmental Head, Department for Feed and Nutrition of Farm Animals, Vologda Scientific Center, Russian Academy of Sciences Russia, 160555, Vologda, Molochnoe, Lenina str., 14 Scopus ID: 57209507083  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3497-3703>  
RSCI ID: 166882  
Tel.: +7 (911) 502-85-70  
E-mail: [i-gusarov@yandex.ru](mailto:i-gusarov@yandex.ru)

## Вклад авторов

Попов Игорь Юрьевич — подготовка первого варианта рукописи, выполнение исследования.

Гусаров Игорь Владимирович — работа над рукописью, выполнение исследования.

## Author contribution statements

**Igor Yu. Popov** — preparation of manuscript draft, research conduct

**Igor V. Gusalov** — manuscript writing, research conduct

## Благодарности

Авторы благодарны Николаю Сергеевичу Вертугину, жителю деревни Дешевиха, за большую помощь в исследовании. Работа поддержана Президентским фондом природы, грант ЭКО-25-2-001786.

## Acknowledgments

The authors express their deep gratitude to Nikolai S. Vertugin, a resident of Deshevikh village, for his great assistance in the research. The work was supported by the Presidential Fund for Nature, grant EKO-25-2-001786.