



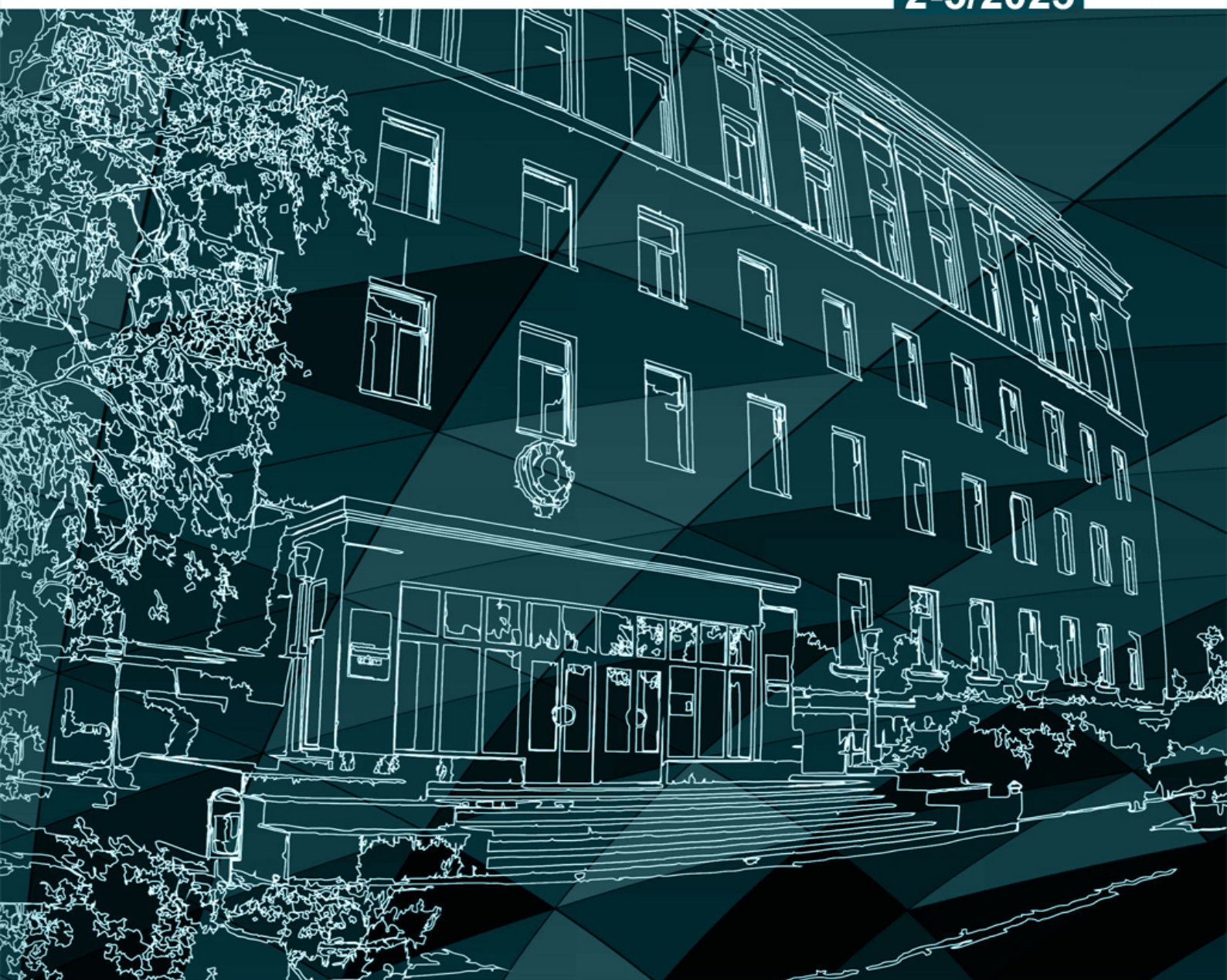
ФИЦ
КНЦ
РАН

- НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ СТАТЬИ
- ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
- ЮБИЛЕИ И ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫЕ ДАТЫ
- РЕЦЕНЗИИ. БИБЛИОГРАФИИ
- ПАМЯТИ УШЕДШИХ

ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

2-3/2025



2-3/2025 (18)

Основан в 2009 году. Выходит 3 раза в год

Российская Академия Наук

DOI:10.37614/2307-5228.2025.18.2-3

ISSN 2307-5228

ВЕЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

Научно-информационный журнал.

Включен в систему Российского индекса научного цитирования.

Учредитель — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук».

Адрес учредителя, издателя и типографии:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр РАН»
184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14

E-mail: vestnik2@ksc.ru

Главный редактор, председатель Редакционного совета

С. В. КРИВОВИЧЕВ, академик РАН, д. г.-м. н., проф.

Заместитель главного редактора

Е. А. БОРОВИЧЕВ, к. б. н.

Ответственный секретарь А. С. КАРПОВ, к. т. н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Д. А. ДАВЫДОВ, д.б.н.

В. В. ЕФРЕМОВ, к.х.н.

Г. В. КОБЫЛИНСКАЯ, к.э.н.

Р. И. КОРНЕЙКОВ, к.х.н.

Д. В. МОИСЕЕВ, к.г.н.

С. В. МУДРУК, к.г.-м.н.

О. В. НАГОВИЦЫН, д.т.н.

И. А. РАЗУМОВА, д.и.н.

Н. Ю. ЧЕРНОВА

Н. В. ЩУР

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В. В. ДЯДИК, к.э.н.

В. К. ЖИРОВ, чл.-корр. РАН, д.б.н., проф.

Н. Е. КОЗЛОВ, д.г.-м.н., проф.

С. В. ЛУКИЧЕВ, д.т.н.

Д. В. МАКАРОВ, д.т.н.

М. В. МАКАРОВ, д.б.н.

Г. Г. МАТИШОВ, академик РАН, д.г.н., проф.;

В. В. МЕГОРСКИЙ, к.м.н.

И. В. МИНГАЛЕВ, д.ф.-м.н.

А. И. НИКОЛАЕВ, чл.-корр. РАН, д.х.н., проф.,

заслуженный деятель науки РФ

А. Г. ОЛЕЙНИК, д.т.н.

В. Н. СЕЛИВАНОВ, к.т.н.

И. Г. ТАНАНАЕВ, чл.-корр. РАН, д.х.н., проф.

С. В. ФЕДОСЕЕВ, д.э.н.

Ответственный редактор выпуска

Е. А. БОРОВИЧЕВ

Выпускающий редактор Н. В. ЩУР

Корректор Н. Ю. ЧЕРНОВА

Подписано в печать 29.12.2025

© ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр
Российской академии наук», 2025

Публикация статей не является свидетельством того, что издатель разделяет мнения их авторов; ответственность за суждения и оценки, выраженные в публикуемых статьях, лежит исключительно на авторах. С правилами для авторов статей, редакционной политикой журнала, а также с архивом выпущенных номеров можно ознакомиться на сайте журнала по адресу: <https://rio.ksc.ru/zhurnaly/vestnik>

2-3/2025 (18)

Published since December 2009

Russian Academy of Sciences

DOI:10.37614/2307-5228.2025.18.2-3

ISSN 2307-5228

HERALD

of the Kola Science Centre of RAS

Scientific Publication.

The journal has been included in the Russian Science Citation Index (RISC)

**Publisher – Federal State Budgetary Science Institution Federal Research Centre
"Kola Science Centre of RAS"**

184209, Apatity, Fersman str., 14, Murmansk Region

E-mail. vestnik2@admksk.apatity.ru

Editor-in-Chief and Chairman of the Editorial Council

S. V. KRIVOVICHEV, Academician of RAS,

Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Prof.

Vice Editor-in-Chief E. A. BOROVICHEV, PhD (Bio)

**Responsible Secretary A. S. KARPOV,
PhD (Eng.)**

EDITORIAL BOARD

D. A. DAVYDOV, Dr. Sci. (Bio)

V. V. EFREMOV, PhD (Chem.)

G. V. KOBYLINSKAYA, PhD. (Econ.)

R. I. KORNEIKOV, PhD (Chem.)

D. V. MOISEEV, PhD (Geography)

S. V. MUDRUK, PhD (Geol. & Mineral.)

O. V. NAGOVITSYN, Dr. Sci. (Eng.)

I. A. RAZUMOVA, Dr. Sci. (History)

N. Yu. CHERNOVA

N. V. SHCHUR

EDITORIAL COUNCIL

V. V. DYADIK, PhD (Econ.)

V. K. ZHIROV, Corr. Member of RAS, Dr. Sci. (Bio), Prof.

N. E. KOZLOV, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Prof.

S. V. LUKICHEV, Dr. Sci. (Eng.)

D. V. MAKAROV, Dr. Sci. (Eng.)

M. V. MAKAROV, Dr. Sci. (Bio)

**G. G. MATISHOV, Academician of RAS, Dr. Sci. (Geography),
Prof.**

V. V. MEGORSKY, PhD (Medicine)

I. V. MINGALEV, Dr. Sci. (Phys. & Math.)

A. I. NIKOLAEV, Corr. Member of RAS, Dr. Sci. (Chem.),

Honoured Scientist of the RF, Prof

V. N. SELIVANOV, PhD (Eng.)

I. G. TANANAEV, Corr. Member of RAS, Dr. Sci. (Chem.), Prof

S. V. FEDOSEEV, Dr. Sci. (Econ.)

Executive Editor: E. A. BOROVICHEV

Issuing Editor: N. V. SHCHUR

Proofreader: N. Yu. CHERNOVA

© Federal State Budgetary Institution of Science Federal

Research Centre "Kola Science Centre of RAS", 2025

Statements and opinions expressed in the articles are those of the author(s) and not necessarily those of the Publisher. The Publisher disclaims any responsibility or liability for the published materials.

Information for authors, our policy and archive: <https://rio.ksc.ru/zhurnaly/vestnik>

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ СТАТЬИ

Ю. В. Заика	МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В КОЛЬСКОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ РАН В ПЕРИОД ПЕРЕМЕН: ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ	7
В. Ю. Виноградов, А. М. Калинин, А. Г. Касиков	ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЦЕРИЙСОДЕРЖАЩИХ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ЦИРКОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЫРЬЯ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА	15
М. А. Окунев, А. Р. Дубровский, О. В. Палатникова, С. А. Кузнецов	СОЗДАНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА РОТОРЕ КРИОГИРОСКОПА ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	24
А. А. Череповицына	ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ VS ЭКОНОМИКА ДЕКАРБОНИЗАЦИИ: НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ УЛАВЛИВАНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА	33

ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА. ХРОНИКИ

95 ЛЕТ НАУЧНЫХ ПОБЕД	44
----------------------	----

ЮБИЛЕИ И ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫЕ ДАТЫ

К ЮБИЛЕЮ СВЕТЛАНЫ АНАТОЛЬЕВНЫ ПАВЛОВОЙ	47
К ЮБИЛЕЮ ИРИНЫ РУДОЛЬФОВНЫ ЕЛИЗАРОВОЙ	48
К ЮБИЛЕЮ ИРИНЫ АЛЕКСАНДРОВНЫ ГУЩИНОЙ	49
К ЮБИЛЕЮ СВЕТЛАНЫ ВАЛЕНТИНОВНЫ БАСТРЫГИНОЙ	50
К ЮБИЛЕЮ ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНЫ ВЕРБИНЕНКО	51
К ЮБИЛЕЮ ГАЛИНЫ ПАВЛОВНЫ ПОЧИВАЛОВОЙ	53
К ЮБИЛЕЮ ЛЮБОВИ ФИЛИППОВНЫ КУЗЬМИЧ	54
К ЮБИЛЕЮ ТАТЬЯНЫ ПЕТРОВНЫ СКУФЬИНОЙ	54
К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ ВЛАДИМИРОВИЧА БАРАНОВА	55
К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ ВЯЧЕСЛАВОВИЧА ЛУКИЧЕВА	56
К ЮБИЛЕЮ ИГОРЯ ВЛАДИМИРОВИЧА СЕЛИНА	57
К ЮБИЛЕЮ ЛЮДМИЛЫ ИВАНОВНЫ КОВАЛЬ	58
К ЮБИЛЕЮ СОФИ СЕРГЕЕВНЫ БАКСТЕР	59
К ЮБИЛЕЮ ОЛЬГИ АЛЬБЕРТОВНЫ ТАРЕЕВОЙ	60
К ЮБИЛЕЮ ЕЛЕНА ВЛАДИСЛАВОВНЫ БУСЫРЕВОЙ	61

СОДЕРЖАНИЕ

К ЮБИЛЕЮ ИГОРЯ ВЛАДИМИРОВИЧА ЧИКИРЁВА	62
К ЮБИЛЕЮ СВЕТЛАНЫ ВИТАЛЬЕВНЫ ДРОГОБУЖСКОЙ	63
К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ ЮРЬЕВИЧА КОЗЬМЕНКО	64

РЕЦЕНЗИИ. БИБЛИОГРАФИИ

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ СЕВЕРА И АРКТИКИ: ОБЗОР ПЕРВОГО ВЫПУСКА ЖУРНАЛА 2025 ГОДА	66
АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В РЕГИОНАХ СЕВЕРА И АРКТИКИ: НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 2025 ГОДА	68
ЧУДЕСА НА КРАЮ СВЕТА	70
ОТ ИСТОКОВ ДО СОВРЕМЕННОСТИ: НАУКА И НАСЛЕДИЕ КОЛЬСКОГО КРАЯ В ТРУДАХ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА	72
ПЕРЕЧЕНЬ МИНЕРАЛЬНЫХ ВИДОВ КОЛЬСКОГО РЕГИОНА ВЫШЕЛ ИЗ ПЕЧАТИ	74
ОТ АЛЬПИЙСКОЙ ГОРКИ ДО ГОРОДСКОЙ КЛУМБЫ: КАК УКРАСИТЬ СЕВЕРНЫЕ ГОРОДА?	76
«РЫЦАРЬ НАУКИ»: К 90-ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА ФЕЛИКСА ПЕТРОВИЧА МИТРОФАНОВА	78
ОТ СЕРЕБРА ОСТРОВА МЕДВЕЖИЙ – К ЗАЩИТЕ ПРИРОДЫ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ	80
ДОКЛАДЫ КОНФЕРЕНЦИИ «ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ» ОПУБЛИКОВАНЫ В «ТРУДАХ КНЦ РАН»	84
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РЫБНОЙ ОТРАСЛИ: ОТ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ДО ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ	86
СУДЬБА «ГРАФА РУМЯНЦЕВА» И КИТОБОЙНЫЙ ПРОМЫСЕЛ НА БЕЛОМ МОРЕ. НОВАЯ КНИГА КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН	88

ПАМЯТИ УШЕДШИХ

ПАМЯТИ ОЛЕГА ГРИГОРЬЕВИЧА ГРОМОВА	92
ПАМЯТИ АНДРЕЯ АНАТОЛЬЕВИЧА ИВАНОВА	93
ПАМЯТИ ЛЮДМИЛЫ АЛЕКСАНДРОВНЫ ТИМОФЕЕВОЙ	94
ПАМЯТИ СЕРГЕЯ СЕРГЕЕВИЧА ИВАНОВА	95
ПАМЯТИ ЯНЫ АНДРЕЕВНЫ РЫБНИКОВОЙ	95
ПАМЯТИ ГЕННАДИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА ЕЛСАКОВА	95
ПАМЯТИ ВИОЛАНТЫ ВЛАДИМИРОВНЫ РТВЕЛАДЗЕ	96
ПАМЯТИ КОНСТАНТИНА ЮРЬЕВИЧА АНИСТРАТОВА	97
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»	99

УДК 327+304.5+001+316.4

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В КОЛЬСКОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ РАН В ПЕРИОД ПЕРЕМЕН: ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ

Ю. В. Заика

Институт экономических проблем имени Г. П. Лузина КНЦ РАН,
Международный отдел ФИЦ КНЦ РАН
y.zaika@ksc.ru

В статье обсуждаются основные направления, географии и перспективы международного научного сотрудничества в Кольском научном центре РАН за 2024 год с обзором предшествующего периода. Анализ показывает, что несмотря на инерционный характер постоянно сменяющихся внешнеэкономических и политических обстоятельств, международное взаимодействие в центре и его институтах сохранилось, постепенно наращивает мощности и возможности, укрепляются направления, более ориентированные на развитие производственно-технологических связей, а также географии сотрудничества с активизацией по линии стран СНГ и восточноазиатского вектора.

Ключевые слова:

Арктика,
международное
научное
сотрудничество,
Кольский научный
центр, научная
дипломатия

INTERNATIONAL SCIENTIFIC COOPERATION IN THE KOLA SCIENCE CENTRE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES IN THE PERIOD OF CHANGES: REVIEW ANALYSIS

Yulia V. Zaika

G. P. Luzin Institute for Economic Studies KSC RAS, International department FRC KSC RAS
y.zaika@ksc.ru

The article discusses the main directions, geography and prospects of international scientific cooperation in the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences for 2024 with a review of the previous period. The analysis shows that despite the inertial nature of the constantly changing external economic and political circumstances, international cooperation in the Centre and its institutes has been preserved, gradually increasing capacities and opportunities, strengthening the directions more oriented towards the development of industrial and technological ties, as well as the geography of cooperation with the activation of the CIS countries and East Asian vector.

Keywords:

Arctic, international
scientific
cooperation, Kola
science centre,
science diplomacy

В 2025 году Кольскому научному центру РАН исполняется 95 лет. Такой солидный возраст не только накладывает свой исторический отпечаток, формирует нерушимое наследие всех тех ученых, которые на разных этапах участвовали в строительстве и становлении точки опоры научного потенциала всего Кольского полуострова и российской Арктики в целом, но и открывает широкие перспективы для дальнейшего развития на базе существующего опыта и многогранной научной экспертизы.

Международное научное сотрудничество в центре всегда носило разносторонний характер, на что также оказывало влияние и приграничное положение Мурманской области. Последние 5 лет и сопровождающие их события внутреннего и внешнего характера внесли значительные коррективы в возможности построения международного сотрудничества в центре, но не убавили энтузиазма в его продолжении и поддержке, а также в развитии идей на будущее.

Все также основными традиционными видами международного сотрудничества в ФИЦ и обособленных подразделениях являются:

1. Техническое и инструментальное сотрудничество

Научное сопровождение поставляемого оборудования (эксплуатационное сопровождение приборов, сервисное обслуживание), как собственного, так и зарубежного производства; использование оборудования зарубежных организаций.

2. Представительство и экспертная деятельность российских ученых за рубежом

Членство в международных организациях, научных сообществах, в диссертационных и научных советах организаций-партнеров.

3. Привлечение иностранных ученых к работе в России и научные обмены

Работа с высококвалифицированными иностранными специалистами в Кольском научном центре; обмен специалистами в рамках согла-

шений сотрудничества; совместная подготовка научных кадров, обучение на online-семинарах; проведение производственных практик в институтах КНЦ; участие в разработке и реализации образовательных курсов для подготовки специалистов в различных областях науки и техники.

4. Международная мобильность, выездов научного характера

Полевые работы, экспедиции; обмен специалистами в рамках соглашений сотрудничества и совместных исследований; участие в выездных конференциях за рубежом и международных научных мероприятиях на территории России, выезды научного характера – экскурсии, приемы с целью установления научно-технических связей.

5. Совместные исследования

Исследования, проводимые по различным фундаментальным и прикладным направлениям институтов КНЦ.

6. Организация конференций и симпозиумов

Организация и участие в международных мероприятиях (конференциях, выставках, форумах, симпозиумах, встречах, семинарах, совещаниях, школах молодых ученых и пр.) в КНЦ и других организациях сотрудничества.

7. Публикационная деятельность

Подготовка совместных научных статей по результатам исследований в зарубежных научных изданиях; публикация собственных научных журналов, внесенных в международные базы цитирования.

8. Участие в глобальных программах сотрудничества

Например, глобальная программа – делектусный обмен (семенными коллекциями Ботсада).

9. Технологические трансферы – патентования и лицензии

Совместные исследования и разработки (патенты) в рамках соглашений с организациями-партнерами.

Все эти виды работ и не только оформляются рамочными соглашениями, совместными заявлениями, протоколами о намерениях, меморандумами о взаимопонимании, которые в дальнейшем служат основой для развития плодотворного сотрудничества.

Важными факторами, которые повлияли на структуру и формат международного сотрудничества стали внутренние – интеграционные процессы в виде реструктуризации центра в федеральный исследовательский центр с присоединением институтов в 2018 году [Устав ФИЦ КНЦ РАН...]; и внешние – санитарно-эпидемиологическая ситуация в мире в 2020 и геополитическая в 2022 году [Заика, 2024]. Эти факторы до сих пор оказывают инерционное влияние на условия сотрудничества с более активным переходом в онлайн форматы взаимодействия, а также развитием новых географий и институтов сотрудничества, где можно наблюдать постепенные плавные изменения.

Обзор направлений международного сотрудничества в КНЦ

Визиты иностранных ученых

Кольский научный центр РАН имеет успешный опыт международного сотрудничества, которое складывалось на протяжении всей почти вековой истории его становления. Несмотря на то, что в предыдущие периоды КНЦ был центром притяжения многих коллег в пространстве приграничного взаимодействия

с такими странами, как Норвегия, Финляндия и Швеция, интересную картину изменения визитов в центр можно наблюдать в трехлетний период с 2020 года, когда, несмотря на эпидемиологические ограничения, а также события геополитического характера, КНЦ посетили несколько зарубежных коллег (рис.1).

Так, в 2020 году в Кольский научный центр приезжали представители Норвегии и Анголы, в 2021 – Финляндии, Испании и Франции, в 2022 – Киргизии, Республики Беларусь и Китая. Годом активного посещения центра в сравнении с предыдущим периодом стал 2023 год, когда в центр приезжали представители таких стран как Китай, Армения, Беларусь, Казахстан и Узбекистан. Целями визитов были и пуско-наладочные работы зарубежного оборудования, и участие в конференциях и производственных практиках, деловые визиты для знакомства с центром и его институтами. В 2024 году ФИЦ КНЦ РАН и его подразделения посетили иностранные ученые из семи стран – Китай, Беларусь, Южная Корея, Киргизия, Узбекистан, Мьянма, Франция. Целями визитов были не только международные научные мероприятия, проводимые в стенах Центра, но и деловые визиты в рамках соглашений о сотрудничестве, лекции, ремонтные работы научного оборудования, устройство на работу. Учитывая общемировые процессы 2020-2022 годов, общая картина визитов иностранных специалистов в Кольский научный центр имеет значительное развитие.

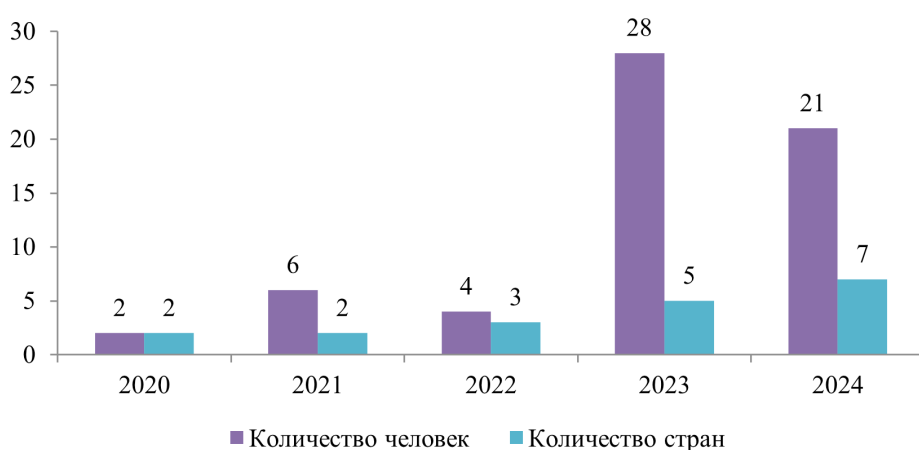


Рисунок 1
Визиты иностранных делегаций и отдельных специалистов в ФИЦ КНЦ РАН и его подразделения 2020 по 2024 год.

Важно также отметить, что зарубежные ученые и специалисты приезжают в КНЦ не только в институты – самыми активными участниками по приему в этот период являются Геологический институт, Горный институт, Институт химии и Полярно-альпийский ботанический сад-институт, но и непосредственно для встречи и знакомства с руководством центра (административный и управленческий аппарат ФИЦ). Так, в 2023 году в ФИЦ КНЦ РАН приезжало 4 делегации из Китайской народной республики, а в 2024 году состоялся прием двух делегаций из КНР с руководством ФИЦ КНЦ РАН в г. Апатиты, целями которых было обсуждение предложений по сотрудничеству и обмен опытом, переговоры о возможностях взаимодействия и перспективах сотрудничества в области флотационных реагентов, а также дружественное участие с лекцией в Годичном собрании Российского минералогического общества.

Как видно из представленных данных, посещаемость КНЦ РАН претерпела значительные изменения не только в количественных показателях, но и в географии визитов по сравнению с периодом до влияния внешних факторов (до 2020 года), во время происходящих изменений (2020–2022 года) и после (с 2023 года).

География сотрудничества в различных аспектах работы КНЦ

География международного научного взаимодействия – это очень интересный показатель и в то же время сложный для интерпретации, так как опирается она не только на визиты иностранных делегаций в центр и его институ-

ты, но и на такие показатели, как участие в конференциях в других странах; на официальное и начинающееся сотрудничество с коллегами, работающими в организациях, расположенных в различных странах; на членство в различных международных научных обществах, комитетах, комиссиях; на публикационную активность в со-авторстве с зарубежными коллегами, и некоторые другие. Географию таких направлений сотрудничества стоит рассматривать отдельно.

Самым репрезентативным в этом отношении является показатель сотрудничества с организациями в различных странах. По данным отчетности институтов КНЦ РАН, был создан реестр организаций сотрудничества центра с 2017 года, в который входит более 260 организаций в 41 стране. С 2017 года часть организаций прекратили коммуникацию, появились новые, другие стали традиционными, поэтому такой реестр обладает отдельной подвижностью и отражает основные тенденции и географии взаимодействия. По результатам усреднения профилей организаций сотрудничества всего реестра, была составлена типология наиболее активных организаций с 2021 по 2024 год: научные и образовательные, государственные службы, частные и коммерческие предприятия, некоммерческие, международные организации и комиссии, ботанические сады и музеи (рис.2).

В 2024 году ФИЦ КНЦ РАН и его подразделения сотрудничали с более чем 80 организациями различной направленности в 37 странах (28 стран сотрудничества по линии организа-

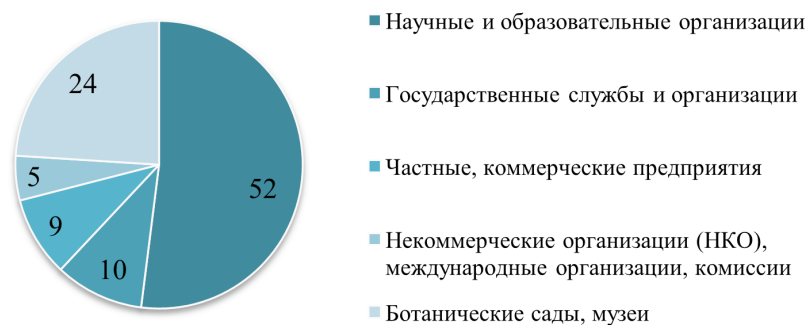


Рисунок 2.
Усредненные профили организаций сотрудничества за период с 2021 по 2024 год, в процентном соотношении

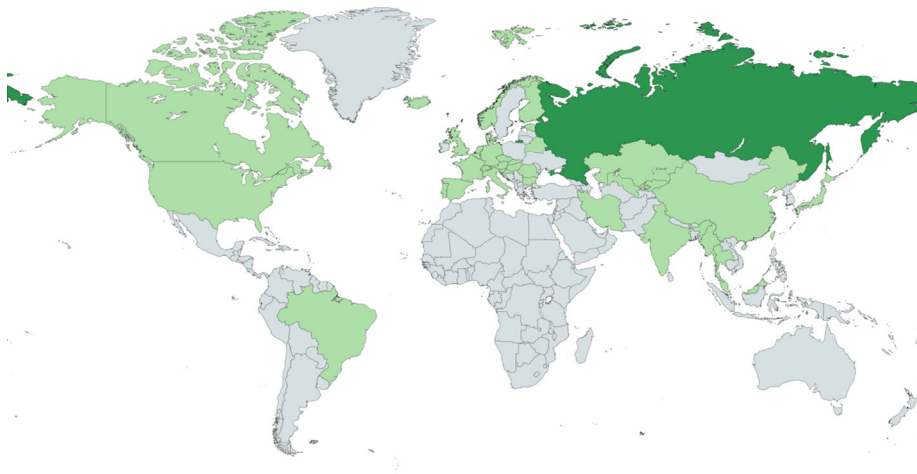


Рисунок 3. География присутствия ФИЦ КНЦ РАН в рамках международного сотрудничества с иностранными организациями в 2024 году

ций в 2023 году) (рис. 3, 4) – Индия, Эстония, Канада, Китай, Италия, Германия, Казахстан, Киргизия, Мьянма, Нидерланды, Португалия, Япония, Франции, США, Тайвань, Норвегия (выезд на архипелаг Шпицберген), Республика Беларусь, Великобритания, Финляндия, Республика Узбекистан, Тайланд, Бразилия, Малайзия, Австрия, Бельгия, Болгария, Венгрия, Дания, Исландия, Испания, Иран, Румыния, Словакия, Словения, Хорватия, Чехия, Швейцария. Наиболее активными видами сотрудничества в 2024 году стали делектусный обмен семенами, осуществляемый из коллекций Полярно-альпийского ботанического сада-института (21 страна) и патентование (в восьми странах патенты поддерживаются в силе, в семи – на рассмотрении). Так, в 2024 году в ИХТРЭМС поддерживались патенты, выданные в США №10822241, Корею №102312762, Японии №6972042, Канаде 3029432, Китае 111226293, ЕПВ 3611736 (Европейское патент-

ное ведомство), Бразилии 112018077506, Малайзии № МУ-186292-А.

Один из показателей, который действительно сократился – это география выездов в зарубежные страны. Во многом это связано с логистическими (изменениями маршрутов разъездов в связи с запретами и ограничениями на пересечение территорий тех или иных стран) и техническими трудностями (ограничения в использовании российских карт различных платежных систем за границей), которые препятствуют традиционной мобильности. В отличие от 2023 года (выезды сотрудников в шесть стран – Индия, Иран, Казахстан, Китай, Узбекистан, Сербия), выезды в зарубежные страны в 2024 году были немногочисленны, как в количестве, так и в географии (Китай, Италия, Норвегия). Посещение Норвегии зачастую сопряжено с проездом на архипелаг Шпицберген для проведения экспедиционных научных работ.

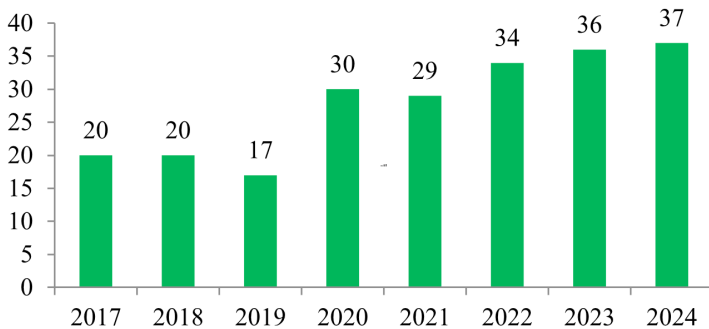


Рисунок 4. География присутствия ФИЦ КНЦ РАН в рамках международного сотрудничества с 2017 по 2024 год, количество стран

Одним из важных структурных элементов ФИЦ КНЦ РАН является «Научно-исследовательская база (НИБ) «Баренцбург», которая располагается на архипелаге Шпицберген в российском поселке Баренцбург. В рамках научных работ двое сотрудников ПАБСИ принимали участие в экспедиции на архипелаг в июле-августе 2024 года.

НИБ «Баренцбург» была основана в 1986 году с целью повышения эффективности логистического обеспечения научных исследований РАН, осуществлявшихся на архипелаге в соответствии с Федеральной целевой программой «Мировой океан» (подпрограмма «Освоение и использование Арктики») [Сайт ФИЦ КНЦ РАН]. Каждый год базу посещают организационно-партнеры Кольского научного центра, которые проводят фундаментальные и поисковые исследования в рамках «Межведомственной программой научных исследований и наблюдений на архипелаге Шпицберген», формируемой РНЦШ (Российский научный центр на архипелаге Шпицберген) [Заика и др., 2023].

Важным показателем географии присутствия КНЦ РАН является членство в комитетах и комиссиях международных организаций, который отражает заинтересованность, значимость и необходимость международного научного сообщества в экспертизе и компетенциях ученых Кольского научного центра. По состоянию на 2024 год сотрудники центра являются членами 16 международных организаций различного научного профиля и национального статуса (национальные академии наук, национальные научные советы, международные научные общества и т. д.). Примерами таких организаций являются Европейская ассоциация геоученых и инженеров, Комиссия по подземным атомным станциям, Европейский комитет по охране бриофитов, Европейская кристаллографическая ассоциация, Международный арктический научный комитет и другие.

Интересным географическим показателем сотрудничества также является публикационная активность ученых КНЦ. Для целей данной обзорной статьи были использованы данные только по публикациям в соавторстве с зарубежными коллегами в зарубежных изданиях,

тогда как при дополнении этого показателя публикациями только с российскими коллегами в зарубежных журналах или в роли единственного автора, или в соавторстве с зарубежными коллегами в российских журналах, картина географии публикаций и сотрудничества в рамках публикационного взаимодействия значительно расширится и отразит более частные особенности. Институты КНЦ РАН издают и свои журналы, которые входят в международные базы цитирования, что также отражает высокий научный экспертный уровень центра. Примером такого журнала является рецензируемый научный журнал «Север и рынок: формирование экономического порядка», издаваемый на базе Института экономических проблем имени Г. П. Лузина КНЦ РАН.

Сотрудники центра являются членами редакционных коллегий, главными или приглашенными редакторами журналов и специальных изданий в 17 международных журналах различных научных направлений и уровня индексирования, которые также входят в «белый список», утвержденный Министерством науки и высшего образования Российской Федерации [Сайт РЦНИ]. Такими журналами, например, являются *European Journal of Mineralogy*, *Polar Record*, *The EUASEANs: journal on global socio-economic dynamics*, *Journal of Ecology and Conservation*, *International Journal of Environmental Research* и другие.

Публикационная активность (рис. 5) в международных журналах сотрудников Кольского научного центра разнится от года к году. По данным научно-организационного отдела ФИЦ КНЦ РАН в 2024 году сотрудниками подразделений центра в соавторстве с иностранными учеными было опубликовано 36 статей с коллегами из 35 стран (рис. 6 и 7). Самыми активными подразделениями по этой линии сотрудничества по усредненным данным за период пять лет (с 2020 по 2024 год) являются Геологический институт (ГИ), Институт химии (ИХТРЭМС), Институт проблем промышленной экологии Севера (ИППЭС), Центр наноматериаловедения (ЦНМ), Полярный ботанический сад-институт (ПАБСИ), Институт экономических проблем (ИЭП).

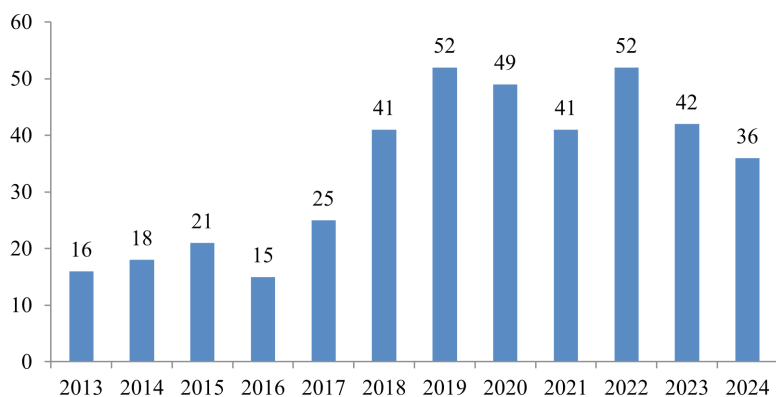


Рисунок 5
Количество публикаций в зарубежных научных изданиях в соавторстве с зарубежными авторами в период с 2013 по 2024 год (по данным научно-организационного отдела)

Организация и участие в международных мероприятиях представляют еще один показатель международного сотрудничества центра. Ученые Кольского научного центра на протяжении всего 2024 года участвовали или принимали участие в организации более 40 мероприятий международного характера, включая проходящие в режиме онлайн и на территории Российской Федерации. Так, в 2024 году в подразделениях ФИЦ КНЦ РАН было организовано и проведено 15 международных конференций и семинаров.

По состоянию на 2024 год в администрации и подразделениях ФИЦ КНЦ РАН действовало 10 соглашений сотрудничества международного характера с Республикой Беларусь, Великобританией, Германией, Казахстаном, Нидерландами, Финляндией, Норвегией, США и Китаем (рис. 8).

Заключение

Проведенный в данном обзоре ситуационный анализ изменений, направлений и текущего состояния международного сотрудничества Кольского научного центра показывает, что несмотря на инерционный характер внешних событий 2020 и 2022 годов, международное взаимодействие в центре и его институтах сохранилось, постепенно наращивает мощности и возможности, укрепляются направления более ориентированные на развитие производственно-технологических связей, а также географии сотрудничества с активизацией связей по линии стран СНГ и восточно-азиатского вектора. Несмотря на постоянно сменяющиеся внешнеэкономические и политические обстоятельства, которые активно влияют на формирование международного научного

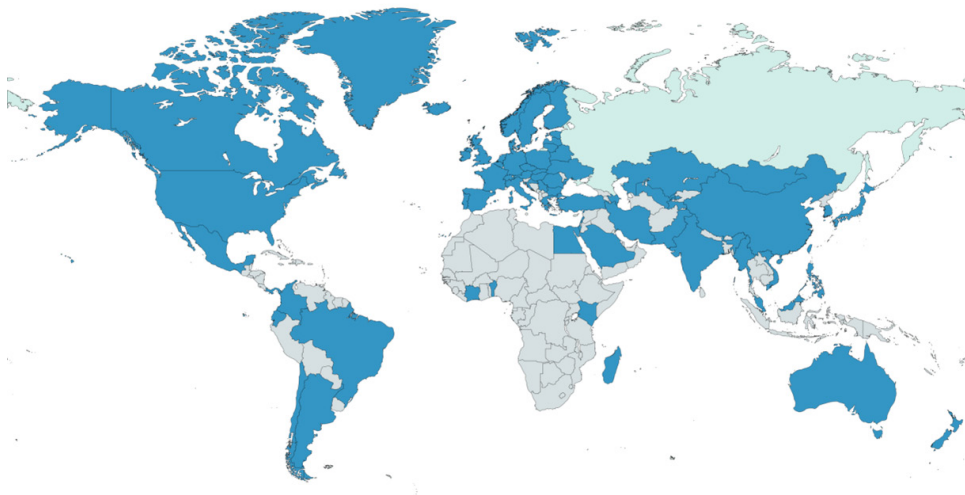


Рисунок 6.
География публикационной активности ученых ФИЦ КНЦ РАН в соавторстве с иностранными учеными в 2024 году

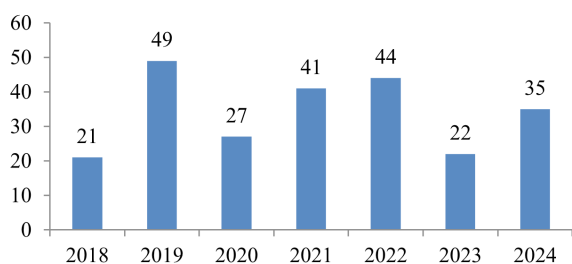


Рисунок 7. Количество стран, где располагаются организации аффилиаций соавторов в публикациях с иностранными учеными с 2018 по 2024 год

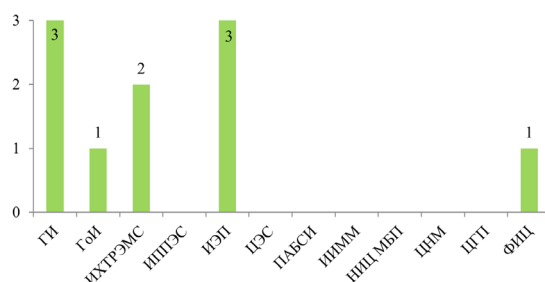


Рисунок 8. Распределение действующих соглашений сотрудничества в администрации (ФИЦ) и подразделениях ФИЦ КНЦ РАН в 2024 году, фактическое количество

диалога в последние годы и создают постоянную среду неопределенности, ученые Кольского научного центра с воодушевлением смотрят в будущее международного научного сотрудничества.

Благодарность

Автор выражает благодарность всем коллегам в Кольском научном центре за их

активное участие в международной научно-технической кооперации, благодарит научно-организационный отдел за сбор отчетной информации, которая послужила основой для аналитического исследования и выводов. Международный отдел за создание, ведение и обобщение сводной базы данных по международной деятельности обособленных подразделений ФИЦ КНЦ РАН.

Список литературы

1. Заика Ю.В. Международное Арктическое сотрудничество в Кольском научном центре в период глобальных перемен. Вестник Кольского научного центра РАН. 2024. 1(16). С. 35-43. DOI:10.37614/2307-5228.2024.16.1.003
2. Заика Ю.В., Рябова Л.А., Сергунин А.А. Научная дипломатия в Арктике: платформы, практики, новые вызовы / под научной редакцией Л.А. Рябовой, Ю. В. Заика. — Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2023. — 192 с.: ил.
3. Сайт Российского центра научной информации - <https://journalrank.rcsi.science/ru/>
4. Сайт ФИЦ КНЦ РАН о НИБ «Баренцбург»: <https://www.ksc.ru/o-tsentre/struktura-fits-knts-ran/otdely/nauchno-issledovatel'skaya-baza-barentsburg/>
5. Устав ФИЦ КНЦ РАН в редакции от 2024 года - <https://www.ksc.ru/o-tsentre/dokumenty/>

УДК 546.831.4:546.650:546.655.4:546.284–31:54.31:53.091:53.096

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЦЕРИЙСОДЕРЖАЩИХ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ЦИРКОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЫРЬЯ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В.Ю. Виноградов, А.М. Калинин, А.Г. КасиковИнститут химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И. В. Тананаева КНЦ РАН, v.vinogradov@ksc.ru

В работе представлен краткий обзор статей, представленных на конкурс работ молодых ученых ФИЦ КНЦ РАН в 2025 году. Приведены данные по исследованию способов синтеза церий-содержащего циркона ($Zr_{1-x}Ce_xSiO_4$) на основе различных реагентов, в том числе полученных из природного и техногенного минерального сырья. Применение твердофазного подхода в сочетании с механоактивацией позволило не только значительно снизить температуру и длительность прокалики, но и увеличить содержание Ce в цирконе.

Ключевые слова:*циркон, оксид церия, твердые растворы, механоактивация, твердофазный синтез*

APPLICATION OF A MECHANOCHEMICAL APPROACH TO OBTAINING FUNCTIONAL CERIUM-CONTAINING CERAMICS BASED ON ZIRCON USING RAW MATERIALS FROM THE KOLA PENINSUL

V.Yu. Vinogradov, A.M. Kalinkin, A.G. KasikovTananaev Institute of Chemistry-KSC RAS,
v.vinogradov@ksc.ru

The paper presents a brief overview of the articles submitted to the competition of young scientists of the FRC KSC RAS in 2025. The paper presents data on the study of methods for the synthesis of cerium-containing zircon ($Zr_{1-x}Ce_xSiO_4$) on the basis of various reagents, including those obtained from natural and technogenic mineral raw materials. The application of solid-phase approach in combination with mechanoactivation allowed not only to significantly reduce the temperature and duration of calcination, but also to increase the Ce content in zircon.

Keywords:*zircon, cerium oxide, solid solutions, mechanical activation, solid-phase synthesis*

Введение

Минералоподобные керамики с тетрагональной структурой циркона ($ZrSiO_4$) и твердые растворы на его основе за счет сочетания особых характеристик занимают важное место в современном материаловедении и находят широкое применение во многих высокотехнологических отраслях промышленности. В частности, циркон обладает высокой химической инертностью, очень низким коэффициентом теплопроводности (35 Вт/(м·К) при 1000 °С), низким коэффициентом линейного теплового расширения ($4.1 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ в интервале 25–1400 °С) [Rendtorff et al., 2012; Shi et al., 1994]. Циркон не претерпевает структурных превращений вплоть до температуры диссоциации (1675 °С), а его механическая прочность не ухудшается даже при температуре выше 1400 °С [Shi et al., 1994]. Совокупность таких характеристик делает циркон и твердые растворы на его основе перспективными для применения в качестве керамических матриц для иммобилизации высокоактивных отходов ядерной энергетики, в частности, отходов плутониевой группы [Finch et al., 2009; Orlova et al., 2019]. При изучении аккумуляции цирконом актиноидов в качестве аналога плутония применяется церий вследствие близости ионных радиусов Pu^{4+} (0.96 Å) и Ce^{4+} (0.97 Å) [Tu et al., 2015]. Несмотря на то, что материалы на основе циркона обладают многочисленными преимуществами, такие проблемы, как сложность методов синтеза и доступность исходных компонентов могут ограничить их широкое использование. В этой связи актуальной задачей является оптимизация существующих и разработка новых способов их получения для преодоления указанных ограничений, в том числе с применением механохимических подходов.

Известными методами синтеза функциональных материалов на основе церийсодержащего циркона, помимо различных вариаций твердофазного метода, являются гидротермальный и золь-гель методы. При этом сложность синтеза циркона твердофазным способом заключается в крайне низкой скорости реакции при низких температурах (до 1200 °С) и необходимости применения достаточно вы-

соких температур (1400–1600 °С) в течение длительного времени (до 72 ч) [Ding et al., 2015; Xie et al., 2017]. Сводная таблица по методикам синтеза церийсодержащего циркона приведена в работе [Kalinkin et al., 2024].

Более прогрессивным и эффективным, в том числе с точки зрения экологических требований, является использование механохимических методов, которые обеспечивают интенсификацию твердофазной реакции за счет достижения высокой степени дисперсности, увеличения межфазной поверхности, деформационного перемешивания и накопления реагентами избыточной энергии в виде структурных дефектов. В ИХТРЭМС КНЦ РАН разработаны и продолжают совершенствоваться гидрометаллургические схемы переработки уникального кольского природного и техногенного минерального сырья. Внедрение этих схем в перспективе создаст условия для получения разнообразных функциональных материалов, включая материалы на основе циркона, с использованием «мягких» методов синтеза, в том числе с применением механоактивации (МА). Использование центробежно-планетарной мельницы АГО-2 значительно упрощает данный процесс по сравнению с другими планетарными мельницами (например, Активатор-2SL) за счет высокого КПД мельницы [Аввакумов и др. 2008; Poluboyarov et al., 2017]. Синтез церийсодержащего циркона основан на ранее установленной проф. Е. Г. Аввакумовым с соавт. возможности получения циркона с высоким выходом, близким к 100%, в результате прокаливания при относительно низких температурах предварительно механоактивированной смеси оксида циркония и гидратированного оксида кремния [Аввакумов и др., 1999]. Актуальность описываемого цикла работ заключается в том, что в качестве прекурсоров могут быть использованы промпродукты, реализующиеся на различных передельных в указанных технологических схемах.

Цель данной работы – представить в виде краткого обзора данные по синтезу твердых растворов на основе циркона с изоморфным содержанием церия с применением МА из смеси оксидов реактивной чистоты, а также

из смеси оксидов, полученных из минеральных соединений.

Материалы и методика исследований

В качестве исходных реактивов использовали коммерчески доступные ZrO_2 (монокл., «ч.»), $SiO_2 \cdot nH_2O$ (15.98 мас.% H_2O , «ч.д.а.») и CeO_2 (куб., «ч.д.а.») [Виноградов, Калинин и др., 2024; Kalinkin et al., 2024]. Кроме того, исходными реагентами служили оксид циркония, полученный из бадделейтового концентрата (БК) марки «ПБ-ХОМ» ОАО «Ковдорский ГОК», и гидратированный оксид кремния, выделенный из отвального шлака комбината «Печенганикель» Кольской ГКМ с м.о. $SiO_2:ZrO_2:CeO_2 = 1.0:0.9:0.1$ [Виноградов, Калинин и др., 2024; Виноградов, Касиков и др., 2024]. Диоксид циркония получали спеканием БК АО «Ковдорский ГОК» с карбонатом кальция, растворением образовавшегося цирконата кальция в соляной кислоте, кристаллизацией оксихлорида циркония с последующим его прокаливанием до ZrO_2 [Воскобойников и др., 1996; Калинин и др., 2014]. Содержание примесей в диоксиде циркония по результатам рентгеноспектрального анализа составило, (% мас.): $Al_2O_3 - 0.02$, $TiO_2 - 0.36$, $SiO_2 - 0.05$, $Fe_2O_3 - 0.05$. Примеси в кремнеземе, выделенном из шлака, мас. %: $Al_2O_3 - 0.28$, $TiO_2 - 0.12$, $SO_3 - 0.06$, $Fe_2O_3 - 0.02$, п.п.п. – 35.62 % [Виноградов, Касиков и др., 2024]. Микрокрем-

незем был получен с применением сернокислотного выщелачивания из отвального шлака комбината «Печенганикель» Кольской ГКМ [Kasikov et al., 2023]. Оксид церия(IV) кубической модификации получали из 6-водного нитрата церия(III) «ч.д.а.» [Виноградов и др., 2021]. МА проводили в лабораторной центробежно-планетарной мельнице АГО-2 в воздушной среде при центробежной силе 40 g в течение 10 мин. Полученные порошки подвергали прокаливанию при различных температурах [Виноградов, Калинин и др., 2024; Виноградов, Касиков и др., 2024; Kalinkin et al., 2024].

Результаты и их обсуждение

Согласно данным РФА (рис. 1) при прокаливании механоактивированных в течение 10 мин смесей реактивов ($SiO_2 \cdot nH_2O + ZrO_2 + CeO_2$) с м.о. $Si:Zr:Ce = 1.0:0.9:0.1$ в интервале 1200–1600 °C образуются два твердых раствора – тетрагональный на основе циркона $(Zr,Ce)SiO_4$ (основная фаза) и кубический на основе церианита $(Ce,Zr)O_2$. В образце, прокаленном при 1200 °C, присутствует также тетрагональный твердый раствор на основе диоксида циркония $(Zr,Ce)O_2$. Вследствие самоистирания стальных шаров в процессе МА все прокаленные образцы содержали примесь гематита, содержание которого, определенное методом Ритвельда, составило 1.2 мас.% Fe_2O_3 . Установлено, что железо

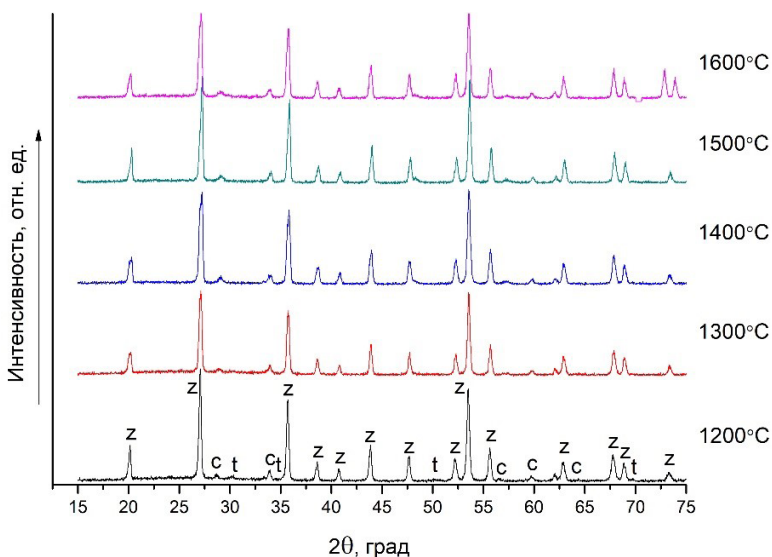


Рисунок 1.
Рентгенограммы механоактивированных в течение 10 мин смесей ($SiO_2 \cdot nH_2O + ZrO_2 + CeO_2$) с м.о. $Si:Zr:Ce = 1.0:0.9:0.1$, прокаленных при 1200–1600 °C в течение 3 час.
Твердые фазы:
z – $ZrSiO_4$, t – ZrO_2 (тетр.),
b – ZrO_2 (бадделейт),
c – CeO_2 (куб.)
[Виноградов и др., 2021; Kalinkin et al., 2024]

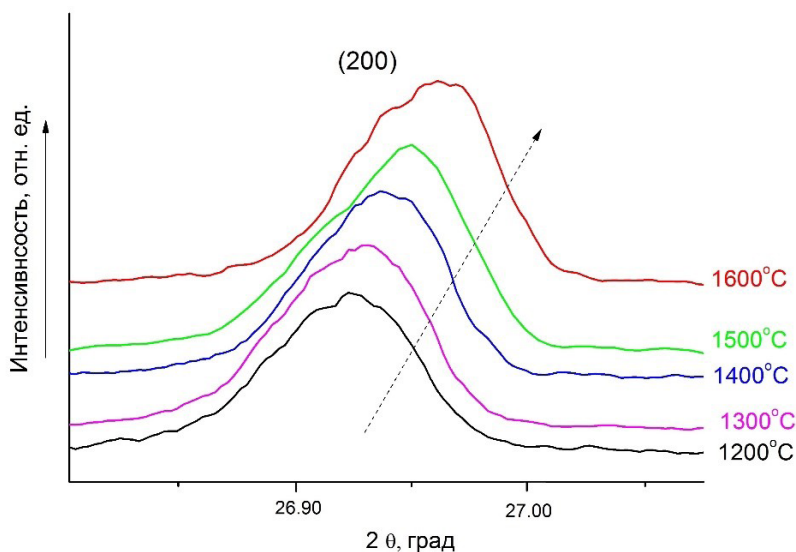


Рисунок 2. Рентгенограмма смеси ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{CeO}_2$) с м.о. $\text{Si}:\text{Zr}:\text{Ce} = 1.0:0.9:0.1$ после 10 минут МА и термической обработки при различных температурах в области углов 2θ 26.8-27.1° [Виноградов и др., 2021]

не внедряется в структуру циркона при образовании $(\text{Zr,Ce})\text{SiO}_4$ и не влияет на состав твердых растворов [Kalinkin et al., 2024].

Смещение основных пиков циркона (200) в область более высоких значений углов 2θ с повышением температуры (рис. 2) [Виноградов и др., 2021], свидетельствует об уменьшении параметров решетки этих соединений в согласии с расчетом по методу Ритвельда (рис. 3). Следовательно, поскольку радиус Ce^{4+} (0.97 Å) больше радиуса Zr^{4+} (0.84 Å) [Finch

et al., 2003], рост температуры прокаливания приводит к снижению содержания Ce в цирконе и повышению содержания Zr в церианите. По данным СЭМ увеличение температуры прокаливания приводит к укрупнению зерен и более равномерному их распределению по размерам [Kalinkin et al., 2024].

На рис. 3 приведены рассчитанные по методу Ритвельда содержания циркона и церианита в прокаленных образцах без учета непрореагировавшего аморфного SiO_2 и примеси

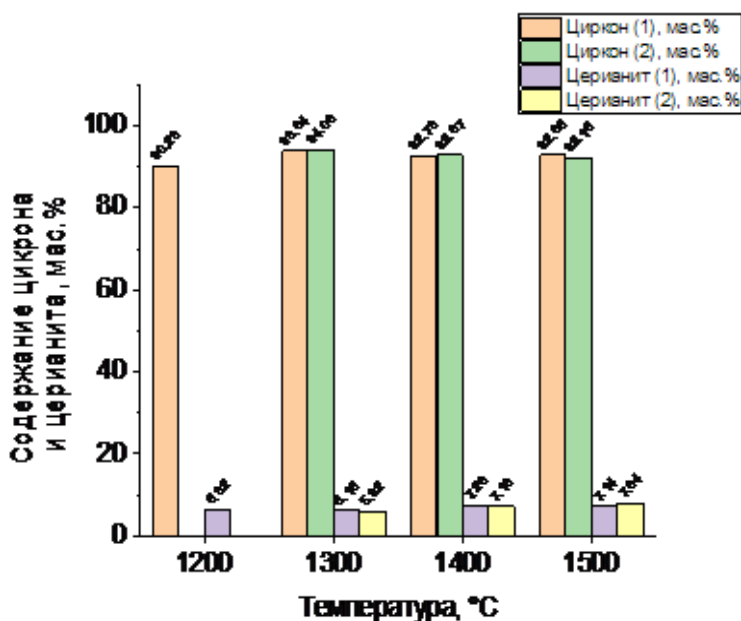


Рисунок 3. Содержание циркона $(\text{Zr,Ce})\text{SiO}_4$ и церианита $(\text{Ce,Zr})\text{O}_2$ в прокаленных образцах, определенный по методу Ритвельда (1) и с применением закона Вегарда (2) [Kalinkin et al., 2024]

гематита. Содержание циркона изменяется незначительно с повышением температуры прокаливания и находится в интервале 90–93 мас.%. Содержание церианита составляет 6.3–7.3 мас.% и имеет тенденцию к небольшому увеличению с ростом температуры [Kalinkin et al., 2024].

Расчет составов твердых растворов на основе циркона проводили с использованием закона Вегарда (табл. 1) [Виноградов, Касиков и др., 2024; Kalinkin et al., 2024]:

$$a_{(Zr_{1-x}Ce_x)SiO_4} \quad (1),$$

где $a_{(Zr_{1-x}Ce_x)SiO_4}$, $a_{(Ce_{1-y}Zr_y)O_2}$ и $a_{(Ce_{1-y}Zr_y)O_2}$ – параметры ячейки а для твердого раствора $(Zr_{1-x}Ce_x)SiO_4$, $ZrSiO_4$ и $CeSiO_4$ соответственно. При этом были приняты следующие значения параметров а для крайних членов ряда:

$$a_{(Ce_{1-y}Zr_y)O_2} = 0.6604 \text{ нм (PDF № 00-006-0266) и}$$

$$a_{(Ce_{1-y}Zr_y)O_2} = 0.69564 \text{ нм (PDF № 04-011-1984).}$$

Для твердых растворов на основе церианита аналогичная формула имеет вид:

$$a_{(Ce_{1-y}Zr_y)O_2} \quad (2),$$

где $a_{(Ce_{1-y}Zr_y)O_2}$, a_{ZrO_2} и a_{ZrO_2} – параметры ячейки а для кубических твердых растворов $(Ce_{1-y}Zr_y)O_2$, CeO_2 и ZrO_2 соответственно. Для CeO_2 и ZrO_2 (куб.) были приняты следующие значения параметров решетки:

$$a_{ZrO_2} = 0.5423 \text{ нм (PDF № 00-067-0123) и}$$

$$a_{ZrO_2} = 0.5128 \text{ нм (PDF № 00-049-1642) [Ka-}$$

linkin et al., 2024].

В образцах, прокаленных при 1300–1500 °С, образуется только два твердых раствора – $(Zr_{1-x}Ce_x)SiO_4$ и $(Ce_{1-y}Zr_y)O_2$. Поэтому, исходя из определенных по правилу Вегарда их составов (табл. 1), с учетом известного мольного отношения компонентов в исходной смеси оксидов (Si:Zr:Ce = 1.0:0.9:0.1) можно рассчитать фазовый состав этих образцов [Kalinkin et al., 2024].

Обозначим: y_{Zr} – содержание циркония в твердом растворе $(Ce_{1-y}Zr_y)O_2$ (ат.%); $m(ZrSiO_4)$, $m(CeSiO_4)$, $m(ZrO_2)$ и $m(CeO_2)$ – мольные содержания $ZrSiO_4$, $CeSiO_4$, ZrO_2 и CeO_2 в составе твердых растворов в прокаленных образцах соответственно: $p=m(ZrSiO_4)/m(CeSiO_4)$; $q=m(ZrO_2)/m(CeO_2)$. С учетом баланса масс можно показать, что в расчете на 1 моль суммы оксидов ZrO_2 и CeO_2 в смеси реагентов справедливы соотношения:

$$m(CeSiO_4) = (0.9-0.1q)/(p-q); \quad (3)$$

$$m(ZrSiO_4) = p * m(CeSiO_4); \quad (4)$$

$$m(ZrO_2) = q * (0.1- m(CeSiO_4)); \quad (5)$$

$$m(CeO_2) = 0.1- m(CeSiO_4). \quad (6)$$

Таблица 1.
Параметры решетки и расчетный состав твердых растворов $(Zr_{1-x}Ce_x)SiO_4$ и $(Ce_{1-y}Zr_y)O_2$ по правилу Вегарда [Kalinkin et al., 2024]

Температура, °С	Параметры решетки		Состав твердых растворов
	$(Zr_{1-x}Ce_x)SiO_4$		
	a=b, нм	c, нм	
1200	0.66264(5)	0.59956(6)	$(Zr_{0.936}Ce_{0.064})SiO_4$
1300	0.66211(4)	0.59921(5)	$(Zr_{0.951}Ce_{0.049})SiO_4$
1400	0.66179(5)	0.59892(6)	$(Zr_{0.961}Ce_{0.039})SiO_4$
1500	0.66155(4)	0.59876(5)	$(Zr_{0.967}Ce_{0.033})SiO_4$
	$(Ce_{1-y}Zr_y)O_2$		
	a=b=c, нм		
1200	0.54115(9)		$(Ce_{0.961}Zr_{0.039})O_2$
1300	0.53696(8)		$(Ce_{0.819}Zr_{0.181})O_2$
1400	0.53613(9)		$(Ce_{0.791}Zr_{0.209})O_2$
1500	0.53624(8)		$(Ce_{0.795}Zr_{0.205})O_2$

Таблица 2.

Содержание церия (x_{Ce}) в твердом растворе $(\text{Zr}_{1-x}\text{Ce}_x)\text{SiO}_4$ в зависимости от температуры прокаливания [Kalinkin et al., 2024; Tu et al., 2015; Ushakov et al., 1998]

Температура, °C	Содержание церия (x_{Ce}), ат.%		
	Наши данные [Kalinkin et al., 2024]	[Tu et al., 2015]	[Ushakov et al., 1998]
1200	6.37	-	-
1300	4.86	-	-
1400	3.93	3.22	3.93
1500	3.26	2.79	-
1600	-	1.93	1.82

Из этих равенств легко рассчитать содержания церианита $(\text{Ce,Zr})\text{O}_2$ и циркона $(\text{Zr,Ce})\text{SiO}_4$ в прокаленных образцах (рис. 3).

В табл. 2 приведены полученные нами данные по содержанию церия (x_{Ce}) в $(\text{Zr}_{1-x}\text{Ce}_x)\text{SiO}_4$ в зависимости от температуры прокаливания, а также литературные данные для церийсодержащих твердых растворов на основе циркона, синтезированных с применением золь-гель метода. Из представленных данных следует, что наши результаты достаточно хорошо согласуются с литературными, несмотря на различие в методах синтеза твердых растворов. С ростом температуры наблюдается практически линейное уменьшение x_{Ce} . В твердом растворе, полученном нами прокаливанием шихты при 1200 °C, x_{Ce} равно 6.4 ат.% [Kalinkin et al., 2024].

Из табл. 2 следует, что в целом наблюдается хорошее согласование полученных данных с расчетом по методу Ритвельда. Это подтверждает адекватность предложенного метода, который может применяться для проверки и согласования результатов расчета по Ритвельду содержания твердых растворов и параметров их решеток с учетом состава исходной композиции [Kalinkin et al., 2024].

На следующем этапе синтеза Ce-содержащего циркона была изучена возможность замены реактивов на реагенты, полученные из природного и техногенного минерального сырья Кольского полуострова. На рис. 4 представлены рентгенограммы прокаленных МА-смесей $(\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{CeO}_2)$, полученных на основе реактивов (ZrO_2 «ч.», $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и CeO_2 «ч.д.а.»),

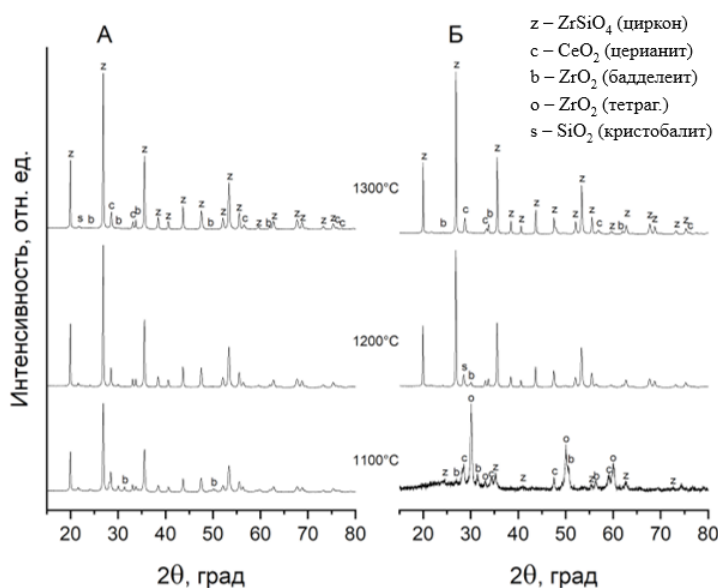


Рисунок 4. Рентгенограммы механоактивированной смеси реагентов, прокаленной при различных температурах в течение 3 часов: А – полученных с использованием сырья Мурманской области, Б – из смеси реактивов [Виноградов, Калинин и др., 2024; Виноградов, Касиков и др., 2024]

а также с применением реагентов из минерального сырья. Для МА-смеси из реактивов после прокаливания при 1100 °С основная фаза – ZrO_2 (тетраг), а содержание циркона, определенное по методу Ритвельда, менее 5%. Для этой же температуры прокаливания в образце на основе реагентов из минерального сырья помимо основной фазы циркона (выход 75,3 мас.%) присутствуют также церианит, бадделейт, ZrO_2 (тетраг) и SiO_2 (кristобалит). С ростом температуры прокаливания до 1200–1300 °С бадделейт практически полностью реагирует с кремнеземом с образованием циркона. После термообработки при 1200 °С и 1300 °С содержание циркона в спеках составляет соответственно 88.5 и 91.1 мас.% для шихты на основе минерального сырья и 87.2 и 90.2 мас.% – для смеси из реактивов [Виноградов, Калинин и др., 2024; Виноградов, Касиков и др., 2024].

Ускорение образования циркона в случае реагентов на основе минерального сырья, вероятно, связано со значительно большей удельной поверхностью микрокремнезема, выделенного из шлака ($710 \text{ м}^2/\text{г}$), по сравнению с реактивным диоксидом циркония ($473 \text{ м}^2/\text{г}$). Присутствующие в техногенном микрокремнеземе примеси, например, железо, по литературным данным могут увеличивать скорость реакции синтеза циркона. Для шихты из минерального сырья концентрация церия в цирконе, вычисленная по параметрам решетки с использованием правила Вегарда, для температур прокаливания 1100, 1200 и 1300 °С составила 3.1; 5.5 и 5.0 ат.% соответственно. Аналогичные значения в случае смеси из реактивов для 1200 и 1300 °С равны 6.4 ат.% и 4.9 ат.% соответственно [Виноградов, Касиков и др., 2024]. Таким образом, показана возможность синтеза Се-содержащих твердых растворов на основе циркона с применением реагентов, полученных из минерального сырья Мурманской области.

Заключение

В настоящей работе, являющейся кратким обзором работ, представленных на конкурс молодых ученых ФИЦ КНЦ РАН в 2025 году, установлено, что применение механической активации смеси реактивных оксидов [Kalinkin et al., 2024]

и минеральной смеси оксидов [Виноградов, Касиков и др., 2024; Виноградов, Калинин и др., 2024] позволяет снизить температуру синтеза церийсодержащего твердого раствора на основе циркона примерно на 200–300 °С по сравнению с традиционным твердофазным методом. Одновременно со снижением температуры синтеза до 1200 °С и времени термической обработки до 3 ч содержание церия в твердом растворе увеличилось до 5.5–6.4 ат.%. По данным РФА образцы включают два твердых раствора: тетрагональную фазу на основе циркона (Zr,Ce) SiO_4 (основная фаза) и кубическую фазу на основе церианита $(Ce,Zr)O_2$.

Кроме того, разработан метод количественного определения фазового состава прокаленных образцов, основанный на валовом содержании оксидов в шихте, параметрах кристаллических решеток и правиле Вегарда. Хорошее согласование результатов предложенного метода и метода Ритвельда позволяет использовать их совместно для более точного определения состава композиций на основе данных рентгеновской дифракции [Kalinkin et al., 2024].

Таким образом информация, представленная в данном цикле работ, может быть полезна как вариант простого и практически безотходного метода синтеза иммобилизационных матриц на основе циркона с использованием МА реактивных соединений и сырья Кольского полуострова. На данные разработки получен патент на изобретение: «Способ получения циркона, содержащего изоморфные примеси» [Калинкин и др., 2022], а также подана заявка на патент на изобретение: «Способ получения циркона, содержащего изоморфную примесь церия» [Виноградов, Калинин, Заявка на патент 2024].

Благодарности

Авторы выражают О. А. Кузьменкову, В. Я. Кузнецову, К. А. Яковлеву и Н. А. Яковлевой за помощь в проведении исследований, которые проводились в рамках темы НИОКТР ИХТРЭМС КНЦ РАН FMEZ-2022-0018 и при финансовой поддержке в форме гранта Фонда содействия инновациям «УМНИК-2022», проект № 18863ГУ/2023.

Список литературы

1. Аввакумов Е. Г., Чижевская С. В., Стоянов Е. С., Поветкина М. В., Чекмарев А. М., Шафиров В. Л., Винокурова О. Б. Влияние природы компонентов механически активированной смеси оксидов циркония и кремния на твердофазный синтез циркона // Журнал прикладной химии. 1999. Т. 72. № 9. С. 1420–1424.
2. Аввакумов Е. Г., Калинин А. М., Калинкина Е. В. Опыт использования центробежной мельницы непрерывного действия для механической активации титанита // Химическая технология. 2008. Т. 9. № 11. С. 590–594.
3. Виноградов В. Ю., Калинин А. М. Цирконийсодержащие функциональные материалы на основе природного и техногенного минерального сырья Мурманской области // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2024. Т. 15. № 1. С. 111–118. <https://doi.org/10.37614/2949-1215.2024.15.1.017>
4. Виноградов В. Ю., Калинин А. М. Заявка на патент 2024128013/20(062192) РФ. МПК C01G 25/00 (2022.05). Способ получения циркона, содержащего изоморфную примесь церия. Заявл. 23.09.2024
5. Виноградов В. Ю., Калинин А. М., Кузнецов В. Я. Применение механоактивации для получения церий содержащих твердых растворов на основе циркона // Труды КНЦ РАН. Химия и материаловедение. 2021. Вып. 5. Т. 11. № 2. С. 66–71. <https://doi.org/10.37614/2307-5252.2021.2.5.013>
6. Виноградов В. Ю., Касиков А. Г., Калинин А. М. Получение циркона на основе сырья Кольского полуострова с применением механоактивации // Химическая технология. 2024. Т. 25. № 8. С. 301–307. <https://doi.org/10.31044/1684-5811-2024-25-8-301-307>
7. Калинин А. М., Балякин К. В., Калинкина Е. В. Патент на изобретение 2508412 РФ. МПК C22B 34/14, 3/10 (2006.01). Способ переработки бадделеитового концентрата. № 2012146947/02; заявл. 02.11.2012; опубл. 27.02.2014, Бюл. № 6.
8. Калинин А. М., Виноградов В. Ю. Патент на изобретение 2776896 РФ. МПК C01G 25/00 (2022.05). Способ получения циркона, содержащего изоморфные примеси. № 2022106006; заявл. 04.03.22; опубл. 28.07.22, Бюл. № 22.
9. Ding Y., Lu X., Dan H., Shu X., Zhang Sh., Duan T. Phase Evolution and Chemical Durability of Nd – doped Zircon Ceramics Designed to Immobilize Trivalent Actinides // Ceramic International. 2015. Vol. 41. N 8. P. 10044–10050. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.04.092>
10. Finch R., Hanchar J. Structure and Chemistry of Zircon and Zircon – group Minerals // Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 2003. Vol. 53. № 1. P. 1–25. <https://doi.org/10.2113/0530001>
11. Kalinkin A. M., Vinogradov V. Yu. Solid state synthesis of Ce-doped zircon from the mechanically activated CeO₂–ZrO₂–SiO₂ mixture // Journal of Nuclear Materials. 2024. Vol. 601. P. 155350. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2024.155350>
12. Kasikov A. G., Shchelokova E. A., Timoshchik O. A., Semushin V. V. Deep processing of dump slag from the copper–nickel industry // Metals. 2023. Vol. 13. № 7. P. 1265. <https://doi.org/10.3390/met13071265>
13. Orlova A.I., Ojovan M.I. Ceramic Mineral Waste – Forms for Nuclear Waste Immobilization // Materials. 2019. V. 12. P. 2638. <https://doi.org/10.3390/ma12162638>
14. Shi Y., Huang X., Yan D. Preparation and characterization of highly pure fine zircon powder // Journal of the European Ceramic Society. 1994. Vol. 13. P. 113–119. [https://doi.org/10.1016/0955-2219\(94\)90108-2](https://doi.org/10.1016/0955-2219(94)90108-2)

15. Tu H., Duan T., Ding Y., Lu X., Tang Yo. Phase and microstructural evolutions of the CeO₂-ZrO₂-SiO₂ system synthesized by the sol-gel process // *Ceramic International*. 2015. Vol. 41. P. 8046–8050. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.02.155>
16. Poluboyarov V. A., Solonenko O. P., Zhdanok A. A., Chesnokov A. E., Pauli I. A. Comparison of the efficiency of the mills «AGO-2» and «Activator-2SL» at the mechanical activation of titanium powder // *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*. 2017. V. 10. N 5. P. 646–656. <https://doi.org/10.17516/1999-494X-2017-10-5-646-656>
17. Rendtorff N., Grasso S., Hu C., Suarez G., Aglietti E., Sakka Y., Dense zircon (ZrSiO₄) ceramics by high energy ball milling and spark plasma sintering // *Ceramic International*. 2012. Vol. 38. P. 1793–1799. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2011.10.001>
18. Ushakov S. V., Burakov B. E., Garbuzov V. M., Anderson E. B., Strykanova E. E., Yagovkina M. M., Helean K. B., Guo Y. X., Ewing R. C., Lutze W. Synthesis of Ce-doped zircon by a sol-gel process // *Scientific Basis for Nuclear Waste Management XXI*. 1998. Vol. 506. P. 281–288. <https://doi.org/10.1557/proc-506-281>
19. Xie Y., Fan L., Shu X. Chemical Stability of Ce-doped Zircon Ceramics: Influence of pH, Temperature and Their Coupling Effects // *Journal of Rare Earths*. 2017. Vol. 35. № 2. P. 164–171. [https://doi.org/10.1016/S1002-0721\(17\)60895-0](https://doi.org/10.1016/S1002-0721(17)60895-0)

УДК 621.357

СОЗДАНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА РОТОРЕ КРИОГИРОСКОПА ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

М.А. Окунев, А.Р. Дубровский, О.В. Палатникова, С.А. КузнецовИнститут химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева КНЦ РАН, m.okunev@ksc.ru

Представлен краткий обзор работ, посвященных созданию сверхпроводящего покрытия на роторе криогироскопа электрометаллургическими методами. Разработана технология получения сверхпроводящего покрытия ниобия, включающая в себя следующие операции: электроосаждение, электрополирование, анодирование.

Ключевые слова:*электрометаллургия, ниобий, электроосаждение, электрополирование, анодирование*

CREATION OF SUPERCONDUCTING COATING ON THE ROTOR OF A CRYOGYROSCOPE BY ELECTROMETALLURGICAL METHODS

M.A. Okunev, A.R. Dubrovskiy, O.V. Palatnikova, S.A. Kuznetsov

Tananaev Institute of Chemistry-KSC RAS, m.okunev@ksc.ru

A brief review of works devoted to the creation of superconducting coating on the rotor of a cryogyroscope by electrometallurgical methods is presented. The technology of obtaining superconducting niobium coating has been developed. This technology includes the following operations: electrodeposition, electropolishing, anodizing.

Keywords:*electrometallurgy, niobium, electrodeposition, electropolishing, anodizing*

Введение

Криогенные гироскопы – высокотехнологичные устройства, используемые в системах навигации для ориентации движущихся объектов в пространстве. Ключевым узлом криогироскопа является ротор, представляющий собой сферическое тело, подвес которого осуществляется в магнитном поле сверхпроводника. Использование сверхпроводящего

покрытия, создаваемого на роторе с использованием электрометаллургических методов, таких как электроосаждение, электрополирование и анодирование, позволяет значительно улучшить характеристики криогироскопа.

Сверхпроводящий подвес, в отличие от электрического и магнитного, является устойчивым. Он может работать в вакууме, в нем практически отсутствует трение и потому под-

вес не имеет износа. Криогенный гироскоп конструктивно относительно прост и состоит из небольшого числа основных элементов. Все это позволяет добиться значительного снижения влияния возмущающих факторов на его работу.

Для работы криогенного гироскопа требуется сверхпроводник. Одним из таких материалов является ниобий, который имеет высокие сверхпроводящие характеристики. Перспективным методом нанесения ниобиевых покрытий является электролитический, поскольку он позволяет получать сплошные гладкие покрытия на изделиях сложной конфигурации и необычной формы – сферах.

При создании сверхпроводящего покрытия необходимо использование и других технологических операций, таких как электрополирование и анодирование. Эти операции являются известными процессами, но в данном случае они применяются по отношению к изделиям сферической формы. Эти процессы для объектов сферической формы практически не изучены.

Поскольку после электролитического нанесения ниобиевого покрытия его шероховатость соответствует 8-9 классу чистоты обработки поверхности, необходима дополнительная электрохимическая обработка. Такая операция позволяет достичь 12-13 класса чистоты обработки поверхности.

Для применения ротора в криогенном гироскопе необходимо произвести защиту полученного покрытия от окисления, что достигается созданием защитного покрытия Nb_2O_5 . Формование оксидной пленки обычно проводят электрохимическим способом, поскольку это один из наиболее удобных способов получения тонких оксидных плёнок.

Таким образом, в данной работе приведен краткий обзор работ, направленных на создание сверхпроводящего покрытия на роторе криогироскопа электрометаллургическими методами.

Методика исследований

Реактивы. Соли галогенидов щелочных металлов (NaCl (ч.д.а.), KCl (ч.д.а.), NaF (ч.д.а.), K_2NbF_7 (производство опытного цеха ИХ-

ТРЭМС КНЦ РАН). Электроосаждение покрытий ниобия на роторы из углеситалла (УС) проводили в расплаве состава (NaCl–KCl) эвт.–NaF (10 мас. %)– K_2NbF_7 (8 мас. %)–NbMe. Электролит для электрополирования ниобия представлял собой смесь H_2SO_4 (98%) (ос. ч.) и HF (48%) (ос. ч.), взятых в соотношении 9:1. Для анодирования использовали раствор H_3PO_4 (1%) (х.ч.).

Оборудование. Электроосаждение, электрополирование и анодирование покрытий ниобия осуществляли с использованием источника постоянного тока Б5-71/1М (Радиоспектр, Беларусь). Силу тока контролировали с использованием мультиметра цифрового GW Instek GDM-8145 (Good Will Instrument Co., Ltd, Тайвань). Идентификацию электролитических покрытий производили с помощью дифрактометра Shimadzu XRD-6000 (Shimadzu, Япония). Макро- и микроструктуру покрытий ниобия изучали с использованием оптического микроскопа Axio Observer.D1m (Carl Zeiss Microscopy, LLC, США) с анализатором изображений «Тиксомет» (Thixomet Ltd., Россия). Шероховатость покрытий ниобия (параметр Ra – среднее арифметическое отклонение профиля) и несферичность образцов (Sp) определяли с помощью профилометра-профилографа Taylor Hobson Talyrond 595 (Taylor Hobson, Англия). Поиск оптимальных режимов для электроосаждения, электрохимического полирования и анодирования ниобия проводили с использованием динамической электрохимической лаборатории VoltaLab-40 PGZ301 с пакетом прикладных программ «VoltaMaster 4» версии 6 (Radiometer Analytical, Франция).

Результаты и их обсуждение

Электроосаждение

Первый электрометаллургический процесс по созданию сверхпроводящего покрытия – электроосаждение ниобия из солевого расплава.

Он не требует высокого вакуума, технологически прост и легко управляем. Структура и морфология покрытий может быть различной и зависит от состава электролита, наличия в нем дополнительных реагентов или примесей, природы и степени окисления анионов

и осаждаемых катионов и др. Ранее электроосаждение покрытий ниобия в основном производилось на подложки простой формы, и только в работах [Ковалев и др., 1996 ; Колосов и др., 2012] выполнялось нанесение ниобия на образцы сложной конфигурации – сферы.

Подготовка электролита проводилась следующим образом. Хлориды натрия, калия квалификации «ч.д.а.» подвергали перекристаллизации, прокаливали в муфельной печи, помещали в кварцевую реторту. Реторту вакуумировали до остаточного давления 0.6 Па сначала при комнатной температуре, а затем при постепенном ступенчатом нагревании до 200, 400, 600 °С. После этого ее заполняли аргоном и расплавляли электролит.

Фторид натрия очищался двойной перекристаллизацией из расплава; NaF сушился при температуре 400-500 °С в вакууме, затем нагревался до температуры на 50 °С выше точки плавления, выдерживался при этой температуре в течение нескольких часов и затем медленно охлаждался со скоростью 3-4 градуса в час до температуры на 50 °С ниже точки плавления. После затвердевания соль переносили при 120 °С в перчаточный бокс с контролируемой атмосферой (содержание O_2 и $H_2O \leq 2$ ppm), и в боксе механически удаляли загрязнения.

Гептафторониобат калия готовили перекристаллизацией из растворов плавиковой кислоты высокочистой соли (содержание металлических примесей на уровне 10-3 мас. %) производства опытного цеха Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья имени И. В. Тананаева Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» с последующей промывкой этиловым спиртом и сушкой в вакуумном шкафу при 110-120 °С.

Солевою смесь, подготовленную по вышеописанной методике [Дубровский, Кузнецов, Макарова и др., 2016], помещали в тигель из стеклоуглерода марки СУ-2000, стенки и дно которого были футерованы металлическим ниобием, и переносили в реторту.

Для нанесения сверхпроводящих покрытий на роторы криогироскопа использовали электролизер, состоящий из двух узлов: электрохимической ячейки (рис. 1 слева) и катода (рис. 1 справа), соответственно. В данной работе использовалась уникальная конструкция катода, позволяющая получать сплошные равномерные и гладкие покрытия на сферах (рис. 1), анодом служил ниобий. В качестве подложки ротора использовали углеситалл (марка УС-18). Диаметр образца составлял 10 мм.

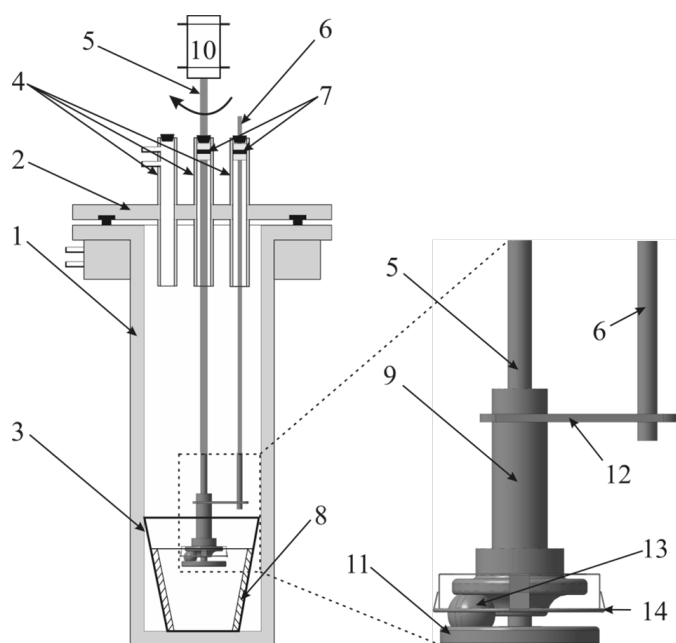


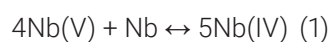
Рисунок 1. Электролизер для нанесения покрытий ниобия на сферы [Dubrovskii, Kuznetsov, Okunev, 2023]: а – электрохимическая ячейка, б – катод, 1 – реторта, 2 – крышка, 3 – СУ тигель, 4 – отверстия с патрубками, 5 – токоподвод, 6 – фиксирующий стержень, 7 – система прокладок, 8 – анод, 9 – прижимной элемент, 10 – верхнеприводная мешалка, 11 – вращающийся дисковый электрод, 12 – фиксатор, 13 – образец, 14 – кольцевой ограничитель

Первый узел включает в себя герметичную толстостенную реторту 1 из нержавеющей стали с крышкой 2, содержащую конический контейнер 3 из стеклоуглерода марки СУ-2000, в который помещали солевую смесь состава NaCl–KCl–NaF(10 мас.%)–K₂NbF₇(8 мас.%) [Kuznetsov, 2020]. В крышке 2 выполнены технологические отверстия, в которых установлены патрубки соответственно для вакууммирования и подачи инертного газа 4, размещения токоподвода 5 и фиксирующего стержня 6. Герметичность реторты 1 обеспечивается системой 7 прокладок из вакуумной резины и шайб из фторопласта. Эта система также исключает электрический контакт между токоподводом 5 и ретортой 1.

Второй узел включает полый конический анод 8, помещенный в контейнер из стеклоуглерода 3, и катод. Катод имеет прижимной элемент 9 со сквозной внутренней проточкой, в которой размещен токоподвод 5, вращение которого обеспечивается приводом мешалки 10. На конце токоподвода 5 жестко закреплен дисковый электрод 11 с кольцевой сегментной выемкой; фиксатор вращения выполнен в виде пластины 12, жестко скрепленной с фиксирующим стержнем 6. Подложка ротора 13 размещена между прижимным элементом 9 и дисковым электродом 11. Для предотвращения

схода образца при вращении использовали кольцевой ограничитель 14.

После расплавления электролит выдерживался в контакте с металлическим ниобием в течение двух часов для протекания реакции металл-соль [Гриневич и др., 1994]:



Равновесие реакции (1) нацело сдвинуто вправо, что подтверждается увеличением концентрации ниобия в расплаве в 1.25 раза [Гриневич и др., 1994].

Процесс проводили в атмосфере аргона при температуре 750 °С и начальной катодной плотности тока $1.5 \cdot 10^{-2}$ А·см². Время электролиза – 8 ч. Скорость вращения верхнеприводной мешалки составляла 35 оборотов в минуту. При данных условиях возможно получение покрытия толщиной 50 мкм. Внешний вид образца до и после электроосаждения представлен на рис. 2 а и 2 б, а морфология исходного образца и покрытия на рис. 2 в и 2 г.

На микрофотографиях прослеживается изменение цвета и фактуры образцов после электролиза от черного и блестящего у исходного ротора (рис. 2 а, в) до светлого и матового у ротора с покрытием ниобия (рис. 2 б, г). На основании этих данных и с учетом внешнего вида

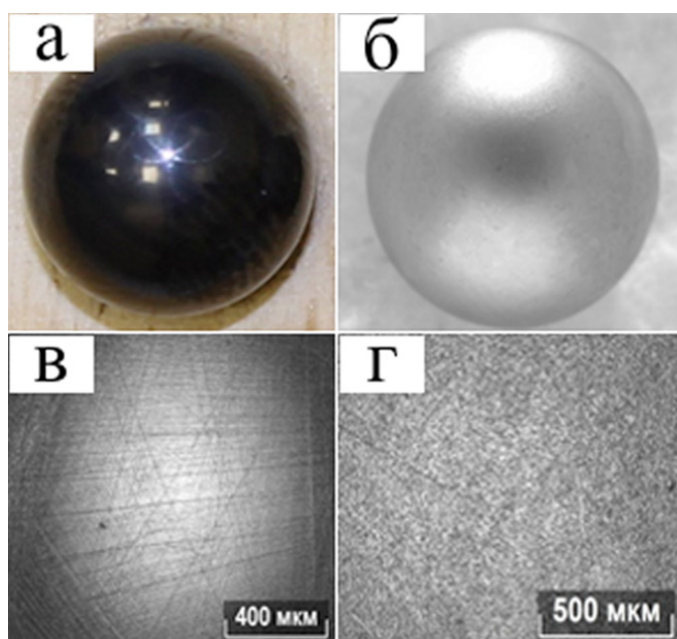


Рисунок 2.
Общий вид и морфология поверхности [Дубровский, Кузнецов, Макарова и др., 2023]: а, в – исходный ротор; б, г – после нанесения покрытия ниобия; диаметр сферы d = 10 мм.

образца с покрытием можно сделать вывод о получении сплошного гладкого покрытия при условиях, приведенных выше.

Электрохимическое полирование

Второй электрометаллургический процесс по созданию сверхпроводящего покрытия – электрохимическое полирование.

Электрополирование роторов осуществляли при стандартных условиях в потенциостатическом режиме на установке, схема которой представлена на рис. 3. Для полирования образцов использовали электрод той же конструкции, что и для электроосаждения. Анодом служил ротор из углесталла с покрытием ниобия, а катодом – стеклоуглеродный тигель. Всего было выполнено 5 этапов электрохимического полирования (ЭП1-ЭП5) при потенциале 6 В. Длительность каждого этапа составляла две минуты. Скорость вращения мешалки была выбрана равной 100 об·мин⁻¹.

Общий вид и морфология исходного ротора и ротора после электрохимического полирования представлены на рис. 4.

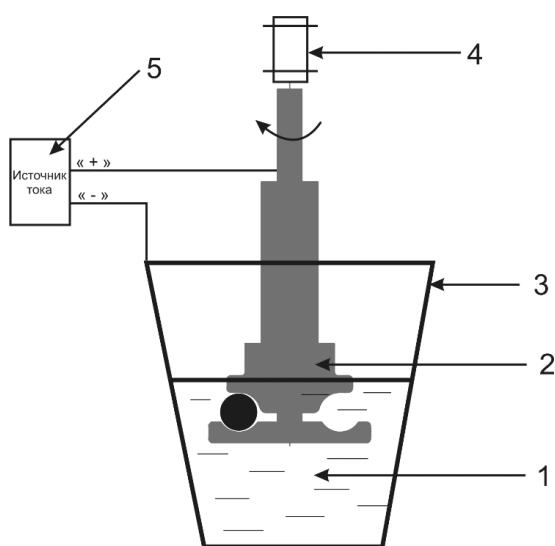


Рисунок 3. Схема установки для электрохимического полирования ниобия [Ефремов и др., 2022]:

- 1 – Контейнер из стеклоуглерода (марка СУ-2000) с раствором H_2SO_4 и HF, 2 – Вращающийся анод с ротором, 3 – Катод из стеклоуглерода СУ-2000, 4 – Мешалка, 5 – Источник питания.

Было установлено, что электрополировку роторов следует осуществлять поэтапно в электролите H_2SO_4 -HF (9:1) при потенциале 6 В. Длительность каждого этапа следует выбирать, исходя из скорости травления покрытия, которая для этих условий составляет приблизительно 3.5 мкм·мин⁻¹.

Анодирование

Третий электрометаллургический процесс по созданию сверхпроводящего покрытия – анодирование.

Анодирование полученных полированных образцов проводили при стандартных условиях в потенциостатическом режиме на установке, аналогичной установке для электрополирования, представленной выше (рис. 3). Анодом служил ротор с покрытием, в качестве катода использовали молибденовую пластину. В процессе анодирования применяли верхнеприводную мешалку. Скорость вращения мешалки – 100 об·мин⁻¹.

Процесс проводили ступенчато, повышая потенциал анодирования на определенное время, пока значение тока не станет равным нулю.

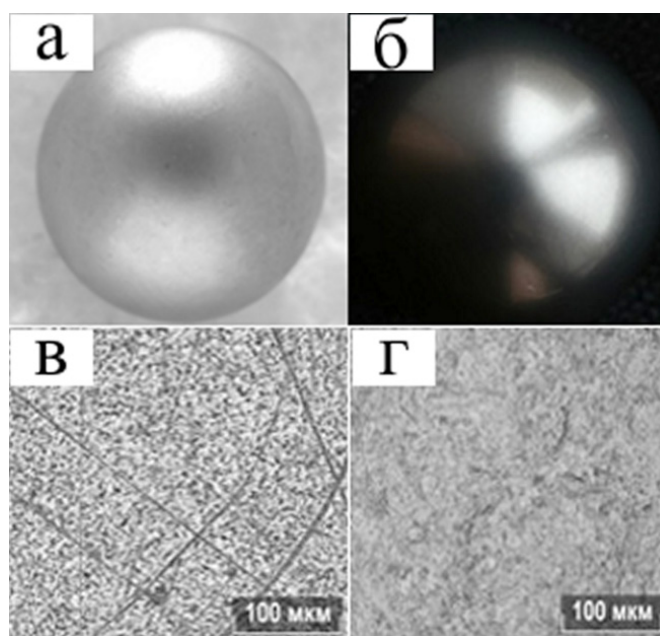


Рисунок 4. Общий вид и морфология [Дубровский, Кузнецов, Макарова и др., 2023]:

- а, в – исходный ротор с покрытием ниобия, б, г – после серии электрополировок ЭП1-ЭП5 (6 В, 2 мин) ($t = 20\text{ }^\circ\text{C}$, $p = 105\text{ Па}$).

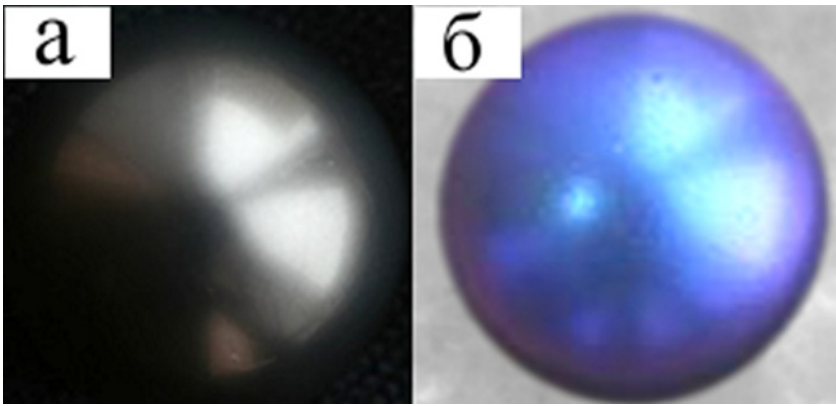


Рисунок 5.
Ротор с покрытием ниобия [Дубровский, Кузнецов, Макарова и др., 2023]:
а – до анодирования,
б – после анодирования ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p = 105\text{ Па}$)

Начальный потенциал – 30 В, шаг изменения потенциала – 30 В. Эксперимент прекращали при достижении нулевого тока при потенциале 90 В. Полное время анодирования составило 20 мин. Внешний вид исходного образца из углесталла с покрытием ниобия и после анодирования представлен на рис. 5.

Характеристики покрытий

Концентрацию примесей в покрытии ниобия определяли различными методами. Спектральный количественный анализ использовали для определения следующих примесей (мас. %): $\text{Mn} < 2 \cdot 10^{-4}$; $\text{Mg} < 3 \cdot 10^{-4}$; $\text{Si} < 1 \cdot 10^{-3}$; $\text{Fe} = 2.3 \cdot 10^{-3}$; $\text{Ni} < 5 \cdot 10^{-4}$; $\text{Pb} < 5 \cdot 10^{-4}$; $\text{Sn} < 5 \cdot 10^{-4}$; $\text{Ti} < 1 \cdot 10^{-3}$; $\text{Al} < 5 \cdot 10^{-4}$; $\text{Co} < 1 \cdot 10^{-3}$; $\text{Mo} < 1 \cdot 10^{-3}$; $\text{Ca} < 1 \cdot 10^{-3}$; $\text{Zr} < 2 \cdot 10^{-3}$; $\text{V} < 3 \cdot 10^{-4}$;

$\text{Cu} \leq 1 \cdot 10^{-3}$; $\text{Cr} < 5 \cdot 10^{-4}$. Методом газовой хромато-масс-спектрометрии определяли содержание кислорода и азота (мас.%): $\text{O}_2 = 0.01$; $\text{N}_2 < 0.001$ [Dubrovskiy et al, 2018].

Шероховатость поверхности покрытия ниобия после электроосаждения соответствует параметру $Ra = 0.023\text{ мкм}$. На рис. 6 представлена профилограмма полученного образца. Видно, что параметр Sp равен -0.046 мкм , что соответствует разнице между максимальным и минимальным измерениями от центра образца. Этот параметр характеризует несферичность образцов.

Сверхпроводящие свойства ротора с электролитическим покрытием ниобия на углесталле (УС-Nb) были измерены в сравнении с ротором из высокочистого ниобия (Nb). Кри-

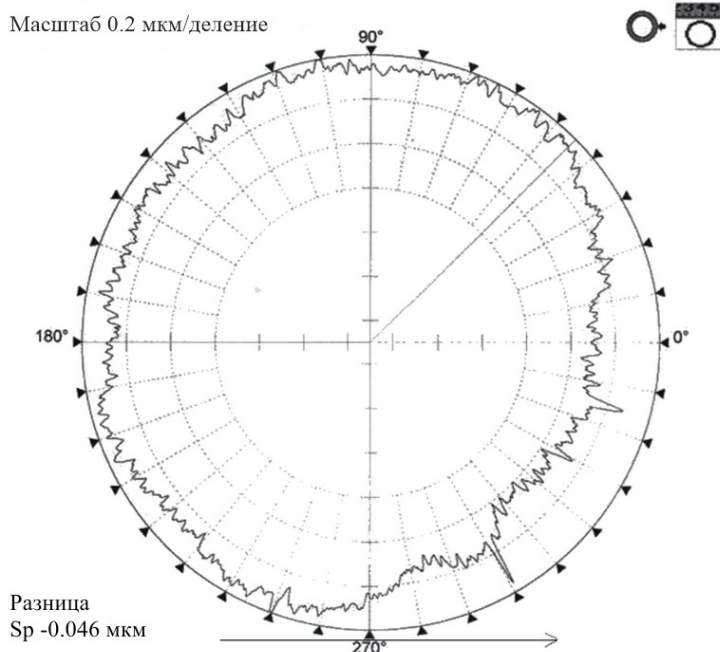


Рисунок 6.
Профилограмма полученного образца (рис. 2 б) [Dubrovskii, Kuznetsov, Okunev, 2023].

Таблица 1. Критическая температура перехода образцов при «нулевом поле»

Образец	$T_{к'}$, К	$\delta T_{к'}$, К
Nb	8.84	0.07
УС-Nb	8.36	0.08

Таблица 2. Критические поля перехода образцов при разных температурах

Температура, К	$H_{к1}$, кЭ		$H_{к2}$, кЭ	
	Nb	УС-Nb	Nb	УС-Nb
4.5	4.7	7.7	10	~ 12
5.0	4.0	6.2	8.2	9.5
5.5	3.5	5.0	7.0	8.0
6.0	2.8	4.0	6.0	6.2
6.5	2.2	3.0	4.6	4.5
7.0	1.6	2.0	3.5	3.0
8.0	0.6	0.4	1.5	0.8

тические температуры сверхпроводящих переходов для УС-Nb и Nb составляют 8.36 К и 8.84 К, соответственно. В табл. 1 и табл. 2 представлены критическая температура перехода в сверхпроводящее состояние ($T_{к'}$) и критические поля ($H_{к1}$, $H_{к2}$) перехода образцов при разных температурах.

Ротор из углеситалла с электролитическим покрытием ниобия (УС-Nb) демонстрирует улучшенные сверхпроводящие характеристики по сравнению с ротором из цельнометаллического ниобия (Nb), что подтверждается данными табл. 1 и табл. 2. Такие характеристики позволяют использовать покрытие ниобия на подложке из углеситалла в криогенных устройствах.

Технологическая схема

На основании проведенных исследований разработана технологическая схема создания сверхпроводящего покрытия на роторе криогироскопа, представленная на рис. 7.

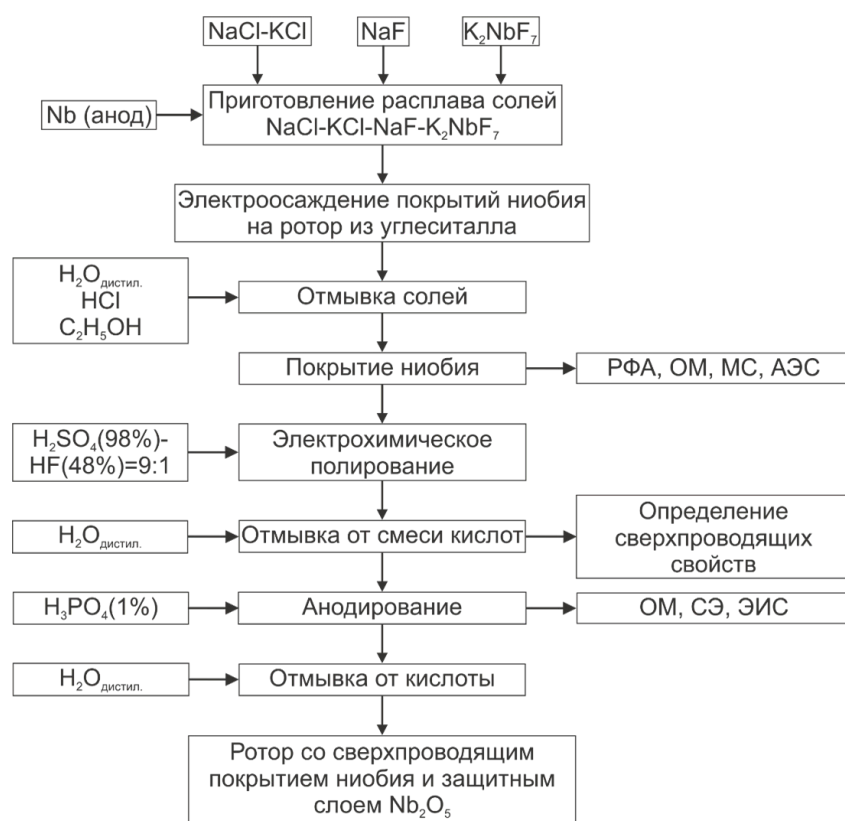


Рисунок 7. Технологическая схема создания сверхпроводящего покрытия на роторе криогироскопа (РФА – рентгенофазовый анализ; ОМ – оптическая микроскопия; МС – масс-спектрометрия; АЭС – атомно-эмиссионная спектроскопия; СЭ – спектроскопическая эллипсометрия; ЭИС – электрохимическая импеданс-спектроскопия) [Дубровский, Кузнецов, Макарова и др., 2023].

Заключение

Получены сплошные покрытия ниобия на роторах криогироскопа, имеющие низкий уровень шероховатости и равномерное распределение по поверхности ротора криогироскопа.

Рассмотрены электрометаллургические процессы при создании сверхпроводящих покрытий на роторе криогироскопа:

- электроосаждение покрытий ниобия на сферические образцы из углеситалла в солевом расплаве;

- электрохимическое полирование покрытий ниобия для повышения чистоты обработки поверхности до 12–13 класса;

- анодирование покрытий ниобия для создания защитного слоя пентаоксида ниобия.

Представлена технологическая схема создания ротора криогироскопа.

Список литературы

1. Гриневич В. В., Кузнецов С. А. Взаимодействие ниобия со своими хлоридными, фторидными и оксофторидными комплексами в расплавах хлоридов щелочных металлов // ЖПХ. 1994. Т. 67, № 9. С. 1423-1430.
2. Дубровский А. Р., Кузнецов С. А., Макарова О. В., Окунев М. А. Выбор материала подложки для нанесения сверхпроводящего покрытия // Журн. прикл. химии. 2016. Т. 89, № 5. С. 612-618.
3. Дубровский А. Р., Кузнецов С. А., Макарова О. В., Окунев М. А. Электрометаллургические процессы при создании сверхпроводящего покрытия на роторе криогироскопа // Metallurg. 2023. № 8. С. 71-75.
4. Ефремов В. В., Дубровский А. Р., Кузнецов С. А., Окунев М. А. Создание ротора криогироскопа: процессы и аппаратура // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. 2022. Т. 13, № 1. С. 186-191.
5. Ковалев Ф. В., Карцев В. Е., Тюрин В. С. Получение плотных ниобиевых покрытий электролизом с растворимым анодом в расплавленных средах кислот // Цветные металлы. 1996. № 1. С. 44-49.
6. Колосов В. Н., Шевырев А. А. Нанесение сверхпроводящих покрытий Nb₃Sn и высокочистого Nb на ротор криогенного гироскопа // Неорганические материалы. 2012. Т. 48, № 1. С. 176-181.
7. Dubrovskiy A. R., Kuznetsov S. A., Makarova O. V., Okunev M. A. Superconducting niobium coatings deposited on spherical substrates in molten salts // Coatings. 2018. Vol. 8, Iss. 6. P. 213.
8. Dubrovskiy A. R., Kuznetsov S. A., Makarova O. V., Okunev M. A. Electrometallurgical processes at the creation of a superconductive coating on a cryogyroscope rotor // Metallurgist. 2023. Vol. 67, Nos. 7-8. P. 1158-1165.
9. Dubrovskii A. R., Kuznetsov S. A., Okunev M. A. Electrodeposition of Niobium Coatings on the Cryogyroscope Rotor // J. Electrochem. Soc. 2023. Vol. 170, Iss. 5. P. 052508.
10. Kuznetsov S. A. Influence of the second coordination sphere on the roughness of niobium and tantalum coatings obtained in chloride-fluoride melts // J. Electrochem. Soc. 2020. Vol. 167. P. 102504.

УДК 338.1

ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ VS ЭКОНОМИКА ДЕКАРБОНИЗАЦИИ: НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ УЛАВЛИВАНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

А. А. Череповицына

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН, a.ilinova@ksc.ru

Климатическая повестка становится все более острой и обсуждаемой по всему миру, особенно в части снижения выбросов парниковых газов, которое с технологической точки зрения возможно посредством различных направлений. Однако реализация таких решений – сложный, дорогой и по ряду аспектов спорный процесс. В данной статье представлен обзор научных результатов по экономике улавливания, использования и хранения углекислого газа как одной из опций декарбонизации, а именно краткое резюме стоимостных и экономических оценок возможных вариантов развития отдельных проектов и технологических цепочек в России. Исследование данной тематики проводится в Институте экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН.

Ключевые слова:

углекислый газ, улавливание, парниковые газы, декарбонизация, экономика декарбонизации, улавливание и хранение углерода, использование углекислого газа, снижение выбросов

DECARBONIZATION OF THE ECONOMY VS ECONOMICS OF DECARBONIZATION: SOME ASPECTS OF RECONSIDERATION USING THE EXAMPLE OF CARBON DIOXIDE CAPTURE, UTILIZATION AND STORAGE

Alina A. Cherepovitsyna

Luzin Institute for Economic Studies, KSC RAS, a.ilinova@ksc.ru

The climate agenda is becoming more and more acute and discussed around the world, especially in terms of reducing greenhouse gas emissions, which is technologically possible through various options. However, the implementation of such decisions is a complex, expensive and controversial process in a number of aspects. This article provides an overview of scientific results on the economics of carbon dioxide capture, utilization and storage as one of the decarbonization options, namely, a brief summary of cost and economic estimates of possible development alternatives for individual projects and technological chains in Russia. Research on this topic is conducted at the Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences.

Keywords:

carbon dioxide, capture, greenhouse gases, decarbonization, economics of decarbonization, carbon capture and storage, carbon utilization, emission reduction

Введение

Климатическая проблема становится все более острой и обсуждаемой по всему миру и требует принятия комплекса мер по ее решению. В 2023 году эмиссия парниковых газов (ПГ) достигла своего исторического максимума – масса выбросов составила порядка 40,4 млрд т (рис. 1). Около 87% мировых выбросов ПГ связано со сжиганием полезных ископаемых, содержащих углерод, – нефть, газ, уголь [Energy Institute. 2024 Statistical Review of World Energy]. Так, в 2023 году масса энергетических выбросов была зафиксирована на уровне 35 млрд т [Energy Institute. 2024 Statistical Review of World Energy]. Вместе с тем, именно эти полезные ископаемые – источник большей части первичной энергии во всем мире.

В свете обозначенных зависимостей формируется негативное общественное мнение о нефти и угле как о топливно-энергетических ресурсах, а также появляются призывы к сокращению объемов их использования, пов-

семестному стремлению к «чистым» источникам энергии (возобновляемым, с нулевым или сведенным к минимуму образованием углекислого газа (CO_2)). Вместе с тем, такие призывы уже на текущем этапе вызывают много вопросов. Например, как сохранить устойчивость энергообеспечения при отказе от традиционных источников энергии? Могут ли возобновляемые источники энергии (ВИЭ) быть по-настоящему «чистыми»? С учетом того, что возобновляемая энергетика нестабильна, а для производства таких мощностей (например, ветроэнергетических установок) нужны существенные объемы редкоземельных элементов [Danilin et al., 2025] и других металлов, при добыче которых образуется существенный углеродный след, ответы на данные и ряд других вопросов не очевидны. Если, все же, пренебречь этими и другими аргументами против «чистоты» и реалистичности повсеместного внедрения ВИЭ, нужно понимать, что совершить отказ от использования тра-

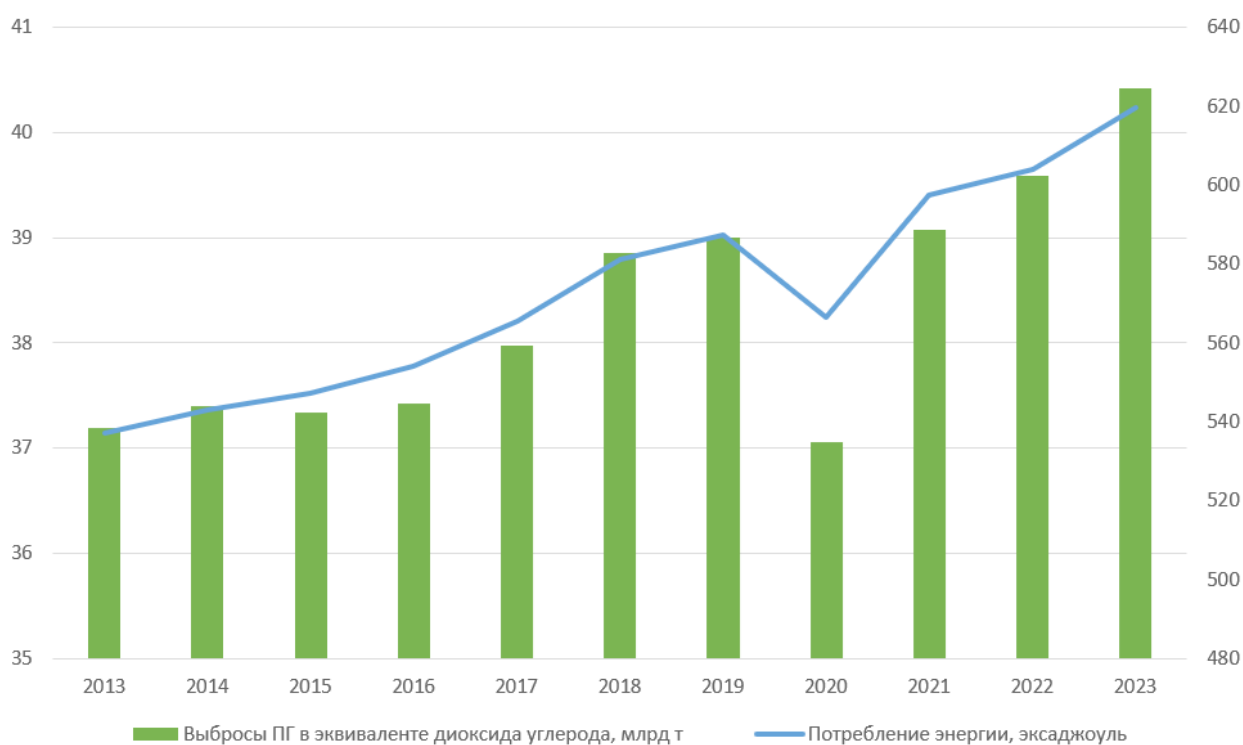


Рисунок 1. Динамика выбросов ПГ и потребления энергии в мире в 2013-2023 гг. Составлено автором, данные с [Energy Institute. 2024 Statistical Review of World Energy]

диционных источников энергии, пусть даже постепенный и не полный, не представляется возможным, так как это сопряжено с перестройкой глобальной энергетической системы. Все это подтверждается и актуальными статистическими данными: в последние годы, несмотря на большой ажиотаж вокруг этой темы, доля углеродных источников энергии в мире не снижается, а объемы использования в абсолютном выражении только растут (рис. 2). Кроме технологических ограничений существуют и экономические причины, и именно последние зачастую играют критическую роль. Любая, даже самая малая перестройка структуры энергетического баланса связана с огромными затратами, и целесообразность реализации таких решений может быть подвергнута серьезной критике.

Помимо ВИЭ, существуют и другие меры, направленные на снижение выбросов ПГ в ат-

мосферу, «избегание» их образования. Прежде всего, это мероприятия в области повышения энергоэффективности, и в контексте климатической повестки в России это направление имеет принципиальное значение [Колпаков, 2020]. Вместе с тем, признается, что большая часть потенциала энергоэффективности уже исчерпана [Башмаков, 2022]. Все это предопределяет необходимость ориентации и на другие направления декарбонизации, одним из которых является улавливание, использование и хранение углекислого газа (далее – УХУ). При этом, учитывая принцип действия решений УХУ, который заключается в «работе» с уже образовавшимися выбросами ПГ, предотвращении их прямого попадания в атмосферу, следует подчеркнуть, что именно эти технологии способны «продлить жизнь» ископаемым источникам энергии, сохранив устойчивость функционирования существующей энергетической системы. А признание

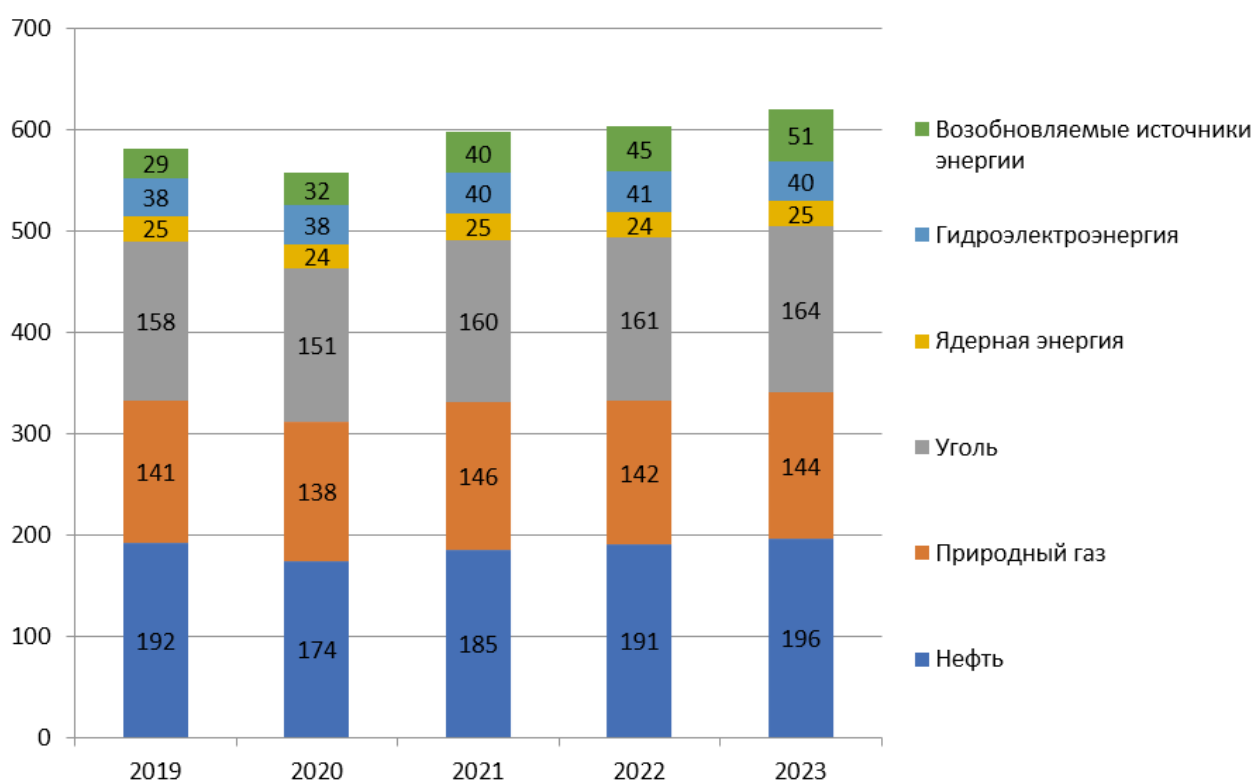


Рисунок 2. Динамика потребления первичной энергии в мире по видам топлива в 2019-2023 гг. Составлено автором, данные с [Energy Institute. 2024 Statistical Review of World Energy]

факта того, что ни при каких сценариях свести выбросы ПГ до нуля в мировом масштабе не получится, делает это направление обязательной составляющей любой карты декарбонизации. Однако и здесь возникает ряд серьезных ограничений технологического и экономического характера.

В мире накоплен некоторый опыт в области улавливания и хранения углерода, но в России такие проекты отсутствуют. В свете развития деятельности в области климата на всех уровнях можно предположить, что это направление в будущем станет одним из основных (в частности, это подтверждается упоминанием УХУ в Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов ПГ до 2050 года). Но экономическая составляющая таких проектов является серьезной проблемой. Все это не только сложно, но и очень дорого. Простыми словами, для реализации проектов улавливания и хранения углерода в промышленности человечеству придется научиться обращаться с углекислым газом, как когда-то получилось это сделать, например, с полезными ископаемыми. И для этого нужно время, а также технологии, стимулы, финансы и объективные научные знания.

В данной статье представлено резюме научных исследований по экономике улавливания и хранения углекислого газа, которые проводятся в Институте экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН. В изложенных материалах предпринята попытка ответить на следующие вопросы:

1. Сколько стоит уловить углекислый газ?
2. Могут ли проекты использования CO_2 быть экономически эффективными?
3. Какие затраты потребуются для того, чтобы сделать проекты улавливания, использования и хранения углерода экономически жизнеспособными?
4. Целесообразно ли развитие данного направления в текущих условиях в России?

Что такое улавливание и хранение углерода и каковы общие предпосылки развития таких проектов в России?

Улавливание и хранение углерода (УХУ) – это собирательное название комплекса технологий, который обычно состоит из улавливания углекислого газа на стационарном источнике выбросов (угольной электростанции, газоперерабатывающем заводе и пр.) и последующего обращения с ним, что зачастую включает в себя транспортировку CO_2 , закачку в подземные хранилища и/или его использование. Чаще всего такие этапы соединены в единую технологическую цепочку, и проекты УХУ представляют собой достаточно масштабные инициативы с вовлечением промышленных предприятий различных отраслей, отдельных территорий для захоронения углекислого газа и пр.

Несмотря на то, что первым коммерческим промышленным проектам УХУ более 50 лет, их развитие в мире можно охарактеризовать как достаточно медленное. Вместе с тем технологии отделения и улавливания CO_2 успешно внедряются и эксплуатируются уже несколько десятилетий там, где это имеет коммерческий смысл. В качестве примера можно привести отделение CO_2 от метана при добыче природного газа (англ. natural gas processing), а также отделение CO_2 от водорода в процессе производства аммиака для получения мочевины. Именно такие процессы лежат в основе большей части проектов, реализуемых в мире. Но технологии развиваются, области применения решений по улавливанию CO_2 расширяются, варианты реализации технологической цепочки диверсифицируются, а вот коммерческая логика в большей части таких проектов все еще отсутствует. Последнее является основным препятствием на пути активного масштабирования УХУ.

Несмотря на существующие трудности, в свете обостряющейся климатической повестки интерес к таким (как и другим низкоуглеродным) технологиям растет. Так, по состоянию на 2024 год, на разных стадиях в мире находилось более 600 проектов, из них дейс-

твующих – порядка 50 (рис. 3). Основные отрасли-адаптеры технологий – переработка природного газа, химическая промышленность, электроэнергетика. В большинстве действующих проектов углекислый газ закачивается в пласты с целью повышения нефтеотдачи (англ. enhanced oil recovery, CO₂-EOR). На сегодня это самый понятный и распространенный способ использования CO₂.

Страны-лидеры в области УХУ – США, Норвегия, Канада и Китай. Создание особой институциональной среды в этих странах – определяющий фактор для развития таких проектов. Например, в США наблюдается перманентное развитие данного направления на уровне государства и отдельных штатов в течение десятилетий, выстроена целая система государственного регулирования, формирующая набор ограничений и стимулов для развития УХУ. Показательно одно из недавних новых требований для угольных и газовых электростанций в стране – улавливать 90% образовавшихся выбросов CO₂ к 2032 году, что, по логике, должно привести к еще более активному развитию этого направления как опции декарбонизации.

Норвегия является лидером по развитию шельфовых проектов УХУ, и уже с начала 1990-х годов введенный в стране налог на углерод

позволил реализовать коммерческую компоненту таких проектов. В Канаде также действует углеродный налог, введен ряд федеральных и провинциальных стимулов для УХУ, в том числе гранты, углеродные контракты и пр. В Китае наблюдается активное развитие улавливания и хранения углерода в течение последних лет (политика, проекты, сотрудничество), запущен ряд программ и механизмов для УХУ наряду с другими низкоуглеродными технологиями.

Как отмечалось, в России нет действующих мощностей по улавливанию и хранению углерода, но страна обладает рядом благоприятных предпосылок общего характера для развития этого направления. Помимо значительной массы выбросов ПГ в России (около 4% от общемировых [Федеральная служба государственной статистики России, 2024; Ritchie et al., 2020]), на территории страны расположены большие объемы доступных для размещения CO₂ хранилищ [Госкомиссия по запасам...]. Ориентация экономики и энергетики на традиционное ископаемое топливо, развитая в масштабах страны нефтегазовая отрасль создают потенциально благоприятные условия для развития УХУ, в том числе в части использования углекислого газа для повышения нефтеотдачи. Однако таких общих предпосылок недостаточно для развития

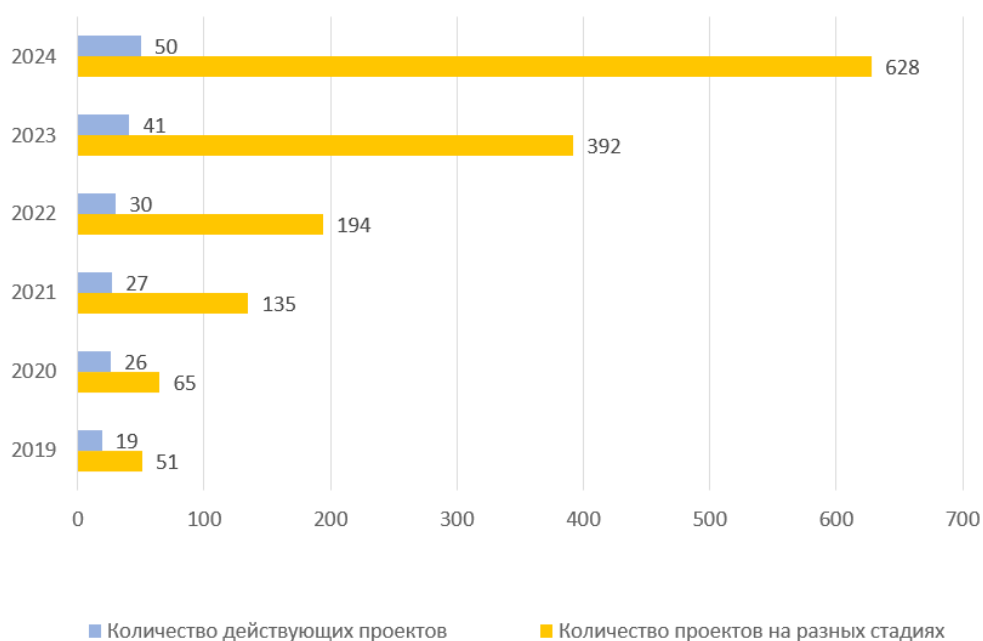


Рисунок 3. Динамика изменения количества коммерческих проектов УХУ в мире в 2019-2024 гг. Составлено автором, данные с [CCS Facilities Data Base]



42 млрд руб.

объем инвестиций

16 775 руб.

стоимость улавливания 1 т CO₂

3,89 руб.

увеличение стоимости 1 кВт*ч экв. э/э

Рисунок 4.
Улавливание
углекислого газа
на Апатитской ТЭЦ.
Оценки автора, фото –
Вероника Данилина

нового направления. Кроме того, экономические причины, как отмечалось, не позволяют уверенно говорить о целесообразности реализации таких проектов. Для формирования общего видения будущего развития УХУ в России актуальным представляется моделирование возможных вариантов реализации технологий с проведением стоимостных и экономических оценок на основе доступных данных.

Уточненная стоимостная оценка улавливания углекислого газа в России (на примере Апатитской ТЭЦ)

Как отмечалось, энергетические объекты являются крупнейшими источниками выбросов ПГ в мире, а теплоэлектростанции, работающие на угле, ответственны почти за половину общих выбросов энергетики. В России около 15 % от общего объема производства электроэнергии приходится на угольные электростанции [Производство электроэнергии из угля...]. Такие объекты во многих регионах играют критическую роль, и любой другой альтернативы в ближайшем будущем не предвидится. Внедрение установок улавливания углекислого газа непосредственно на таких электростанциях может быть единственным доступным направлением снижения выбросов ПГ. С учетом того, что регионы Арктики наиболее чувствительны к глобальным климатическим изменениям, в качестве модельного объекта для стоимостной оценки была выбрана Апатитская ТЭЦ –

единственный поставщик тепла в городах Апатиты и Кировск Мурманской области.

ТЭЦ работает на привозном угле в режиме комбинированной выработки электрической и тепловой энергии. Установленная электрическая мощность станции – 230 МВт, тепловая – 535 Гкал/ч [Апатитская ТЭЦ...]. Годовой объем выбросов CO₂ на объекте, определенный в результате проведенных исследований, составляет порядка 575 тыс. т, а годовой объем улавливания для условий модели может составлять до 518 тыс. т CO₂.

Основными объектами-аналогами для проведения расчетов выступили угольные электростанции-адаптеры технологий: мощности Boundary Dam (Канада) и Petra Nova CCS (США, Техас). За последние три года два подобных проекта были запущены и в Китае, однако данные по этим объектам в открытом доступе отсутствуют. В случае Апатитской ТЭЦ расчетная величина капитальных затрат для реализации проекта улавливания составила порядка 42 млрд руб.¹ (рис. 4), что, для примера, сопоставимо с одной третью всех доходов бюджета Мурманской области в 2024 году [Об исполнении областного бюджета за 2024 год].

Проведенные исследования и расчеты показали, что улавливание углекислого газа на Апатитской ТЭЦ увеличит стоимость электроэнергии практически в два раза – до 3,89 руб. на производство 1 кВт*ч-экв. энергии (при учете электрической и тепловой энер-

1. Расчет проведен в долл. США. Здесь и далее перевод осуществлен в соответствии со среднегодовым валютным курсом за 2023 год в соотношении 1 долл. США = 85,2 руб.

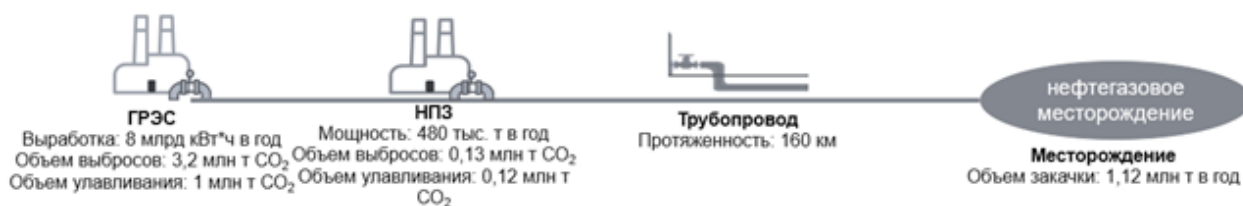


Рисунок 5. Улавливание, транспортировка и закачка углекислого газа в пласт с целью увеличения нефтеотдачи (на примере технологической цепочки в республике Татарстан). Источник: [Череповицына и др., 2024]

гии) при средней стоимости электроэнергии 2-4 руб./кВт·ч для населения и 5-6 руб./кВт·ч для предприятий в регионе, что не позволяет включить возникшие дополнительные затраты в стоимость электроэнергии.

Расчетный показатель стоимости 1 т предотвращенных выбросов для Апатитской ТЭЦ является крайне высоким – около 16 775 руб. (рис. 4). Это связано с относительно высокими удельными выбросами данного типа угля, значительными капитальными затратами, отсутствием эффекта масштаба, высоким энергопотреблением установки улавливания, отсутствием возможностей дальнейшего использования углекислого газа для компенсации части затрат. Вместе с тем, следует отметить, что в мире ведется разработка порядка 50 проектов улавливания CO₂ на объектах энергетики [Global Status of CCS 2023], что подтверждает их возможную жизнеспособность.

Также были исследованы основные меры государственного регулирования, которые могут сделать проекты улавливания углекислого газа на угольных электростанциях в России жизнеспособными. Для условий модели учтено возможное влияние налога на выбросы ПГ² и применение механизма «контракты на разницу»³. В случае действия на территории Мур-

манской области первого изменение затрат на улавливание за счет экономии на налоге будет незначительным – около 7 %. Применение меры «контракты на разницу» позволит «выровнять» цену электроэнергии (оставить ее прежней для потребителей), но требует существенных затрат со стороны государства: только для одной станции такая мера будет обходиться государству примерно в 7,9 млрд руб. в год.

Экономическая оценка закачки углекислого газа в пласт для увеличения нефтеотдачи в России (на примере организации технологической цепочки в республике Татарстан)

С учетом того, что использование углекислого газа для повышения нефтеотдачи – наиболее вероятный вариант реализации проектов утилизации CO₂, для проведения исследований была смоделирована технологическая цепочка УХУ, в которую входит нефтегазовое месторождение, пригодное для внедрения CO₂-EOR, а также промышленные объекты, которые потенциально могут стать объектами улавливания: газовая электростанция (ГРЭС) и нефтеперерабатывающий завод (НПЗ). Предполагается, что после улавливания на двух

2. Здесь и далее расчеты проведены с учетом ставки налога на выбросы ПГ 1000 руб./т, установленной в экспериментальном режиме на территории Сахалинской области
3. В данном случае – государственная субсидия, представляющая собой компенсацию разницы между стоимостью электроэнергии, произведенной с применением технологии улавливания, и стоимостью электроэнергии, произведенной без нее

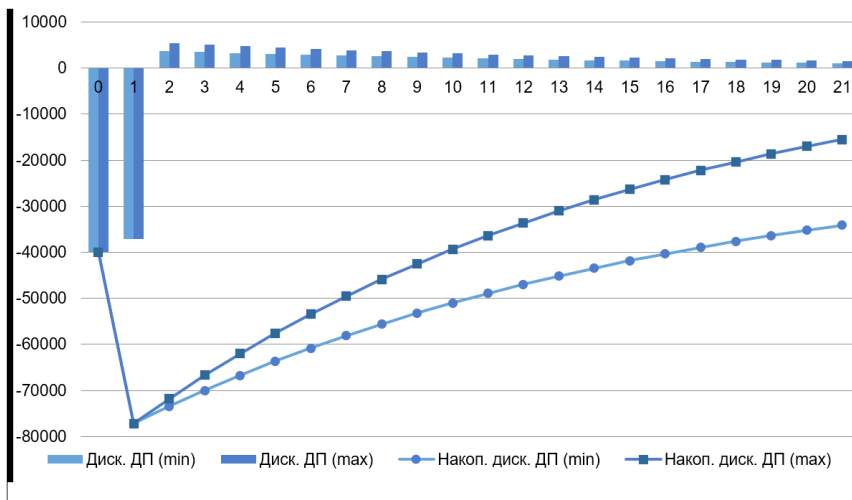


Рисунок 6.
Дисконтированный денежный поток проекта по увеличению нефтеотдачи с использованием углекислого газа. Источник: расчеты автора

объектах газ транспортируется на расстояние порядка 160 км и закачивается в пласт на месторождении [Череповицына и др., 2024] (рис. 5). Регион имеет развитую инфраструктуру, в том числе энергетическую. Данные условия, в целом, могут рассматриваться как усредненные для России. Для условий модели предлагается суммарное улавливание в объеме 1,12 млн т CO_2 в год.

Расчетные капитальные затраты на этапах улавливания и транспортировки углекислого газа составили порядка 76 млрд руб. Для целей укрупненной оценки приняты минимальные (вариант «min») и максимальные (вариант «max») показатели вытеснения (т нефти на 1 т CO_2). Экономический расчет показал, что при заданных параметрах такой проект не окупается (рис. 6) – накопленный дисконтированный денежный поток (ДП) не становится положительным ни при каком варианте.

Вместе с тем, как отмечалось, большая часть проектов в мире реализуется через CO_2 -EOR, но в странах-лидерах (США, Канада, Норвегия и др.) существует набор стимулов и ограничений (например, налоговые льготы для нефтегазовых компаний, углеродный налог и пр.).

В связи с этим по аналогии с предыдущим случаем были исследованы основные меры

государственного регулирования, которые могут сделать подобные проекты жизнеспособными, и для условий модели учтено возможное влияние налога на выбросы ПГ и применение налоговой льготы «45Q»⁴. Расчет показал, что потенциальная экономия на налоге в случае его действия не позволит проекту стать окупаемым. Применение налоговой льготы значительно улучшает экономические показатели проекта, но, как и в случае с Апатитской ТЭЦ, требует существенных расходов со стороны государства. Так, на примере рассмотренной технологической цепочки можно укрупненно оценить, что введение налоговой льготы на улавливание, хранение и использование CO_2 с целью увеличения нефтеотдачи приведет к затратам бюджета государства в 3,3 млрд руб. в год только для одного месторождения.

Экономическая оценка производства метанола из уловленного CO_2 в России (на примере строительства завода в Сахалинской области)

Углекислый газ может быть сырьем для производства различных видов продуктов, и концептуально технологии использования (утилизации) CO_2 уже сегодня рассматриваются

4. Расчеты проведены с учетом действия налоговой льготы на улавливание, хранение и использование CO_2 с целью увеличения нефтеотдачи, принятая ставка - 60 долл./т CO_2 (по аналогии с действующей в США)



Рисунок 7. Где может быть использован углекислый газ? Основные отрасли, направления и продукты. Составлено автором

как основа формирования циркулярной углеродной экономики [Кузнецова, Череповицына, 2021]. Использование CO_2 без преобразования возможно путем его закачки в пласт для повышения нефтеотдачи, а также в пищевой промышленности, строительстве и сельском хозяйстве. Использование CO_2 с преобразованием расширяет варианты его применения, и одним из наиболее перспективных направлений является производство топлив (рис. 7). В контексте обсуждения проблемы обращения с углекислым газом именно на различные варианты использования CO_2 возлагают большие

надежды. Вместе с тем, при более глубоком взгляде на проблему это можно подвергнуть серьезному сомнению по причине того, что использование CO_2 по большинству направлений не приводит к его изоляции от земного углеродного цикла из-за короткого срока жизни получаемой продукции. Кроме того, это очень дорого. Углеродный баланс моделей использования углекислого газа также определяется источником используемого CO_2 (где он улавливается) и особенностями энергообеспечения процессов самого улавливания и производства продукции. Последнее зачастую связыва-

ют с необходимостью применения в таких проектах электроэнергии, произведенной из ВИЭ, доступ к которой крайне ограничен. Так, если мы производим продукцию из CO₂ и «берем» энергию, выработанную на угольной электростанции, такие модели в части решения климатических задач просто не имеют смысла. Кроме того, ученые приходят к выводу, что продукты, способные хранить в себе CO₂ более ста лет, ведут к достижению углеродной нейтральности при использовании CO₂, уловленного из промышленных источников, а продукты с коротким сроком жизни (менее 100 лет) углеродно-нейтральны только если произведены из CO₂, уловленного напрямую из атмосферы [National Academies of Sciences, 2023]. Эти и другие факторы должны учитываться при оценке перспектив развития производства продукции на основе CO₂.

Для проведения исследований была смоделирована технологическая цепочка утилизации углекислого газа, состоящая из мощностей улавливания CO₂ на источнике выбросов (завод по сжижению природного газа) и промышленного комплекса по производству метанола из CO₂. Территорией для потенциальной реализации такого проекта была выбрана Сахалинская область⁵. Было определено, что возможный потенциал улавливания на объекте составляет порядка 2,6 млн т CO₂ в год, а максимально доступная мощность проектируемого завода по производству метанола может составлять около 1,9 млн т в год [Cherapovitsyna et al., 2024]. В качестве объекта-аналога выступил первый промышленный проект по производству углеродно-нейтрального метанола в мире – завод George Olah methanol plant в Исландии.

Укрупненная экономическая оценка проекта показала, что минимальная цена продажи получаемого на основе CO₂ метанола должна быть порядка 1 200 долл./т для окупаемости проекта при средней цене традиционного ме-

танола около 400 долл./т, что в текущих условиях делает продукт крайне неконкурентоспособным [Cherapovitsyna et al., 2024]. В отсутствие мер по стимулированию спроса на продукцию с низким уровнем выбросов ПГ такие проекты не могут рассматриваться как экономически жизнеспособные.

В целом, технологии использования CO₂ развиваются в большей части в регионах с доступом к относительно дешевым ВИЭ. Для появления подобных проектов в России, в первую очередь, необходимо «научиться» улавливать CO₂ с разумными затратами, а также развивать сегмент ВИЭ в той степени, в которой это возможно. Но в первую очередь следует понять, а целесообразно ли заниматься этим в России?

Заключение

Полученные результаты исследования позволяют переосмыслить некоторые аспекты декарбонизации экономики, о которой так много говорят. На примере одной из опций снижения выбросов ПГ показано, что экономическая база для реализации таких мероприятий пока отсутствует, поэтому во главу угла должна быть выведена экономика декарбонизации. Любые мероприятия по снижению выбросов ПГ хотя бы частично должны основываться на коммерческой логике.

Можно и, наверное, нужно предположить, что в России будут появляться инициативы по улавливанию и хранению углерода (на объектах энергетики, в нефтегазовом комплексе), но не в текущих условиях, так как затраты, как было показано, чрезвычайно высоки, и коммерческой основы, которая является двигателем для деятельности любых промышленных компаний, такие проекты не имеют.

Улавливание и хранение углерода в России может быть экономически целесообразным только при развитии соответствующей институциональной среды, но все это требует огром-

5. Локация для моделирования ситуации выбрана с учетом проведения на территории области эксперимента по ограничению выбросов ПГ, что регулируется, в частности, документом [Об утверждении программы проведения эксперимента...]

ных затрат государства. Кроме того, на уровне государства и промышленных компаний развитие такой деятельности должно быть основано на принципах разумности и экономической целесообразности, а почвой для принятия таких решений должны служить объективные научные знания. В противном случае стоимость достижения углеродной нейтральности в прямом и переносном смысле может быть очень и очень высока.

Благодарности

Автор выражает благодарность коллективу лаборатории управления устойчивым развитием промышленных и природных систем Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН, а именно Екатерине Кузнецовой, Ирине Дорожкиной, Максиму Шабунину, за участие в проведении исследований по данной тематике на разных этапах.

Список литературы

1. Апатитская ТЭЦ // ТГК-1. 2023. – URL: <https://www.tgc1.ru/?id=165> (дата обращения: 22.10.2024).
2. Башмаков И. А. Декарбонизация глобальной и российской промышленности и низкоуглеродное регулирование // Семинар ИМЭМО РАН и ЦЭНЭФ-XXI «Декарбонизация глобальной и российской промышленности и низкоуглеродное регулирование». 2022. – URL: https://cenef-xxi.ru/uploads/1_I_Bashmakov_Dekarbonizaciya_globalnoj_i_rossijskoj_promyshlennosti_887003ef32.pdf (дата обращения: 10.05.2025).
3. Госкомиссия по запасам оценила потенциал России по хранению CO₂. – 29 августа 2023 г. – URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2023/08/29/992310-goskomissiya-po-zapasam-otsenila-potentsial-rossii-po-hraneniyu-co2> (дата обращения: 23.06.2024).
4. Колпаков А. Ю. Энергоэффективность: роль в сдерживании выбросов углекислого газа и определяющие факторы // Проблемы прогнозирования. 2020. № 6. С. 141-153. DOI: 10.47711/0868-6351-183-141-153.
5. Кузнецова Е. А., Череповицына А. А. Утилизация углекислого газа и циркулярная экономика: мир, Россия, Арктика // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2021. № 4. С. 42-55. doi:10.37614/2220-802X.4.2021.74.004.
6. Об исполнении областного бюджета за 2024 год. Правительство Мурманской области. – URL: https://minfin.gov-murman.ru/open-budget/regional_budget/law_of_budget_projects/2024/prezentatsiya-ispolnenie-2024.pdf (дата обращения: 15.05.2025).
7. Обутверждении программы проведения эксперимента...] по ограничению выбросов парниковых газов на территории Сахалинской области: Постановление Правительства Сахалинской области от 28.11.2022 № 551 // Правительство России. URL: <http://government.ru/docs/all/142496/>
8. Производство электроэнергии из угля. Россия. 2023. – URL: <https://statbase.ru/data/rus-coal-electricity-generation/?ysclid=mbf21qlvsa374349235> (дата обращения: 01.06.2025).
9. Федеральная служба государственной статистики России. Изменение климата. Выбросы парниковых газов по секторам. Официальный сайт. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 21.06.2024).
10. Череповицына А., Череповицын А., Кузнецова Е. Проекты улавливания, хранения и использования CO₂ и их экономическая целесообразность // Журнал «ЭКО». 2024. Т. 54. № 1. С. 117–131. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2024-1-117-131.
11. CCS Facilities Data Base. – URL: <https://co2re.co/FacilityData> (дата обращения: 23.12.2024).

12. Cherepovitsyna A., Kuznetsova E., Popov A., Skobelev D. Carbon Capture and Utilization Projects Run by Oil and Gas Companies: A Case Study from Russia // Sustainability. 2024. Vol. 16. P. 6221. DOI: 10.3390/su16146221.
13. Danilin K.P., Romasheva N.V., Cherepovitsyna A.A. Oil and gas companies on the pathway to carbon neutrality: the role of rare-earth elements // SOCAR Proceedings. 2025. No.1. P. 109-121. DOI: 10.5510/OGP20250101050.
14. Energy Institute. 2024 Statistical Review of World Energy. – URL: <https://www.energyinst.org/statistical-review> (дата обращения: 13.03.2025).
15. Global Status of CCS 2023 // Global CCS Institute. 2023. 97 p. – URL: <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2024/01/Global-Status-of-CCS-Report-1.pdf> (дата обращения: 01.05.2025).
16. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Carbon Dioxide Utilization Markets and Infrastructure: Status and Opportunities: A First Report; The National Academies Press: Washington, DC, USA, 2023.
17. Ritchie H., Rosado P., Roser M. Greenhouse gas emissions // Our World in Data. 2020. – URL: <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions> (дата обращения: 12.05.2024).

ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА. ХРОНИКИ

95 ЛЕТ НАУЧНЫХ ПОБЕД

Кольский научный центр Российской академии наук торжественно отметил 95-летие. Поздравить ученых собрались представители научного сообщества, региональной и муниципальной власти, академические, образовательные и промышленные партнеры.

Как известно, наука пришла в Кольское Заполярье с первыми геологическими экспедициями академика Александра Евгеньевича Ферсмана в 1920 году. Спустя десять лет его стараниями в Хибинах возник первый периферийный научный центр страны – Хибинская горная станция, а позже Кольская база Академии наук. Теперь же Кольский научный центр РАН – это 11 научно-исследовательских институтов и несколько молодежных лабораторий, это Академический городок и новые научно-промышленные объекты, созданные в партнерстве с производителями. Это более 1200 сотрудников научного центра – жителей Апатитов и Кировска. За весь период истории федерального исследовательского центра

в нем трудились девять академиков и восемь член-корреспондентов РАН.

В день 95-летия КНЦ РАН прозвучали слова поздравления от академика, члена президиума Российской академии наук Александра Глико, руководителей крупнейших предприятий Мурманской области, Мурманского арктического университета, Министерства образования и науки Мурманской области, Областной думы, руководителей городов Апатиты и Кировск. Были вручены памятные адреса и подарки от гостей праздника, а также многочисленные награды – их получили 32 сотрудника КНЦ РАН. В том числе Почетные грамоты Министерства науки и высшего образования Российской Федерации вручены директору Института экономических проблем им. Г.П. Лузина Сергею Федосееву, старшему научному сотруднику Сектора исторической и социальной антропологии Центра гуманитарных проблем Баренц-региона Ольге Змеевой; главному научному сотруднику Отдела технологии строительных материалов Институ-



Александр Глико вручает памятный подарок Сергею Кривовичеву.
Фото В. Жиганова

та химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева Александру Калинkinу. Благодарности Министерства получили ведущий научный сотрудник Сектора твердотельных материалов акусто- и оптоэлектроники ИХТРЭМС им. И.В. Тананаева Ирина Бирюкова и старший научный сотрудник Сектора истории и социально-культурных процессов ЦГП Баренц-региона Ксения Казакова.

Впервые был вручен знак отличия губернатора Мурманской области «Почетный наставник» – его удостоен Николай Кузнецов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории энергосбережения и возобновляемых источников энергии Центра физико-технических проблем энергетики Севера.

“ Я рад поздравить научный центр от имени президиума академии наук, и от себя лично, ведь для меня Кольская земля – совершенно замечательное мес-

то в моей жизни, здесь у меня много друзей, и я знал людей, которые стояли у начал Кольского научного центра, – сказал в своей речи академик Глико. – Это академик Сидоренко, член-корреспондент Горбунов, замечательный горняк Турчанинов, который многое сделал для управления горным давлением, изобрел совершенно новые методы и технологии, академик Митрофанов, который внес огромный вклад в открытие новой платино-палладиевой провинции, и много других замечательных ученых. Кольский научный центр всегда вносил огромный вклад в развитие нашей страны. И сейчас я должен сказать, что региональные центры развиваются гораздо лучше, чем столичные университеты и научные организации. Потому что здесь сохранилась атмосфера научного поиска в гораздо большей степени, чем в столицах. Я рад пожелать всем здоровья, счастья и больших успехов.

”



Благодарности Министерства науки и высшего образования Российской Федерации получили Ирина Бирюкова и Ксения Казакова. Почетные грамоты Министерства Сергей Кривовичев вручил Александру Калинkinу, Ольге Змеевой, Сергею Федосееву. Фото В. Жиганова



Почетная грамота Мурманской областной Думы вручена как коллективу КНЦ, так и его работникам – Сергею Яковлеву, Маргарите Советовой, Анне Николаевой, Михаилу Кожину, Любове Кудрявцевой, Светлане Бастрыгиной. Фото В. Жиганова

Основной частью торжественного заседания стал доклад генерального директора КНЦ РАН, академика РАН, доктора геолого-минералогических наук, профессора Сергея Владимировича Кривовичева – он посмотрел на Кольский научный центр через призму государственных и академических премий его сотрудникам.

“ Конечно, основная наша работа касается Арктики, изучения природы арктической зоны и развития новых технологий и применения научных данных на благо

нашей родины. И в премиях роль нашего центра и его значимость для государства, для Академии наук вырисовывается очень ярко и четко. Именно с этой перспективы может быть отражена наша история в виде достижений, которые сделаны учеными и были применены, в частности, в промышленности, – подчеркнул Сергей Владимирович.

”
Подготовила
Наталья Чернова

К ЮБИЛЕЮ СВЕТЛАНЫ АНАТОЛЬЕВНЫ ПАВЛОВОЙ



9 мая отметила прекрасную дату заведующий отделом издания и печати Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН Светлана Анатольевна Павлова.

Светлана Анатольевна поступила на работу в ИЭП в 1991 году после окончания Ленинградского горного института им. Г. В. Плеханова. В 1997 году была назначена заведующей отделом издания и печати института и с тех пор течение почти три десятилетия отвечает за это важнейшее для каждой научной организации направление.

Одна из главных задач, которую Светлана Анатольевна ответственно и профессионально выполняет на протяжении нескольких десятилетий, – организация издания и продвижение журнала «Север и рынок: формирование экономического порядка», выпускаемого на базе ИЭП КНЦ РАН.

Журнал был организован в 1998 году и стал первым в России научным периодическим изданием, посвященным проблемам устойчивого развития Севера и Арктики. Более двад-

цати пяти лет Светлана Павлова является бесспорным ответственным секретарем журнала. Своей каждодневной работой она вносит огромный вклад в его развитие и продвижение. За годы своего существования журнал прошел большой путь и во многом благодаря усилиям Светланы Анатольевны сегодня входит в «Белый список», международную наукометрическую базу Scopus, Перечень ВАК РФ по специальности «Региональная экономика», Национальную платформу периодических научных журналов.

Светлана Павлова ведет методическую и консультативную работу с авторами, рецензентами и другими участниками процесса публикации рукописей статей и монографий. Взаимодействует с издательскими и полиграфическими предприятиями, российскими и международными наукометрическими базами данных. Ведет работу по пополнению и уточнению публикаций и цитирований в системах РИНЦ, Science Index для организаций, Science Space для издательств, Digital Object Identifier (DOI), Directory of Open Access Journals (DOAJ). Организует распространение и популяризацию научных трудов ИЭП, участвует в подготовке и проведении конференций и выставок, выпуске печатных материалов конференций и семинаров.

За многолетний отличный труд, профессионализм и вклад в развитие научной деятельности Светлана Анатольевна была отмечена благодарностями ИЭП КНЦ РАН, благодарственными письмами Главы города Апатиты и Президиума КНЦ РАН, Почетной грамотой Главы города Апатиты.

Коллеги в институте и за его пределами знают Светлану Павлову как грамотного и квалифицированного специалиста, незаменимого сотрудника, умеющего решать самые сложные задачи, быстро найти и проанализировать новую информацию. Ценят в ней широкий кругозор и эрудицию, богатый практический опыт и жизненную мудрость, умение находить общий язык с авторами и рецензентами журнала

«Север и рынок: формирование экономического порядка», монографий и научно-аналитических докладов. Доброжелательное, отзывчивое отношение к авторам, рецензентам и всем, кто вовлечен в процесс публикации, стало визитной карточкой отдела издания и печати ИЭП КНЦ РАН. Высоко ценят друзья и коллеги и личные качества Светланы Анатольевны – коммуникабельность, желание поделиться знаниями и помочь там, где это возможно, умение выслушать собеседника и моментально вникнуть в ситуацию, обаяние и чувство юмора.

К ЮБИЛЕЮ ИРИНЫ РУДОЛЬФОВНЫ ЕЛИЗАРОВОЙ

10 мая отметила знаменательную дату ведущий инженер Центра коллективного пользования Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН Ирина Рудольфовна Елизарова.

В Кольском научном центре РАН Ирина Рудольфовна работает с 1986 года: сначала в Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева, затем – в Институте проблем промышленной экологии Севера.

Ирина Елизарова отличается творческим подходом к выполняемой работе и предприимчивостью в выборе путей и методов. Коллеги знают и уважают ее как надежного и ответственного работника, вдумчивого, компетентного специалиста, обладающего множеством знаний и большим практическим опытом в области масс-спектрометрического и атомно-эмиссионного методов анализа с индуктивно связанной плазмой.

Ирина Рудольфовна ведет и методическую и научную работу, совершенствует методы анализа, оптимизирует способы пробоподготовки. Она – автор более 180 научных публикаций, из них трех учебных изданий и двух методик масс-спектрометрического анализа, аттестованных ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Мен-

делеева» и внесенных в реестр Госстандарта, а также двух патентов на изобретения.

За свою работу была неоднократно удостоена Почетной грамотой Российской академии наук и Профсоюза работников РАН, Благодарственными письмами ФИЦ КНЦ РАН, Отделения наук о Земле РАН, главы города Апатиты.

От всей души поздравляем вас с днем рождения, Ирина Рудольфовна! Желаем вам здоровья, успехов, новых творческих идей, неисчерпаемого оптимизма, реализации всех намеченных планов, вдохновения, поддержки верных друзей и самых широких перспектив для дальнейшей плодотворной работы на благо российской науки!



К ЮБИЛЕЮ ИРИНЫ АЛЕКСАНДРОВНЫ ГУЩИНОЙ

1 июня отметила свой день рождения ведущий научный сотрудник отдела социальной политики на Севере Института экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН, кандидат экономических наук Ирина Александровна Гущина.

В 1973 году Ирина Александровна окончила Петрозаводский государственный университет по специальности «История», в 1984 году была принята на должность старшего инспектора отдела кадров Президиума Кольского филиала АН СССР. В 1987 году поступила на работу в Институт экономических проблем. Прошла путь от инженера-социолога до ведущего научного сотрудника.

Многие годы Ирина Александровна работает в отделе социальной политики на Севере ИЭП КНЦ РАН. В 1990-х годах вела изучение проблем занятости в регионах российского Севера, вопросов функционирования регионального рынка труда и социальных последствий рыночных реформ для населения Кольского Севера. Исследовала процессы регионализации сферы профессионального образования и формирования экономического механизма управления в этой сфере.

В 1999 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата экономических наук на тему «Управление системой профессионального образования в условиях становления рыночной экономики: региональный аспект».

С начала 2000-х годов Ирина Александровна руководила социологическим направлением экономических исследований в ИЭП и, по сути, создавала это направление в институте. Многие годы возглавляла сектор социологических исследований и на основе методов социологии вела изучение проблем социально-экономического развития российского Севера и Арктики, качества жизни в муниципалитетах Арктики и Мурманской области, вопросов развития местного самоуправления. Принимала активное участие в разработке Концепции и Стратегии социально-экономического развития Мурманской области до 2025 года.



С 2002 года осуществляла руководство организацией социологического мониторинга, проводимого Вологодским научно-исследовательским центром РАН в Северо-Западном федеральном округе по изучению общественного мнения населения Мурманской области по значимым вопросам социально-экономической проблематики. Организовала и провела множество массовых и экспертных социологических опросов, фокус групп.

Ирина Александровна Гущина – автор и соавтор более 130 научных публикаций, в том числе более 70 статей, 10 монографий и 11 баз данных. При ее участии были подготовлены десятки научно-практических разработок и аналитических записок, представленных в органы власти федерального, регионального и муниципального уровней.

С 2001 по 2012 год Ирина Александровна была ученым секретарем диссертационного совета ИЭП КНЦ РАН по защите кандидатских диссертаций по экономическим специальностям.

тям, много сил и времени отдавая организации проведения заседаний совета, оказанию помощи диссертантам. В этот период было проведено 112 защит.

С 2003 по 2018 год являлась членом Ученого совета Института. В 2004 году получила ученое звание доцента по специальности 08.00.05 – экономика и управление народным хозяйством.

С 2003 по 2013 год Ирина Александровна возглавляла кафедру «Социология и право» филиала Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета в городе Апатиты. Многие годы преподавала в Апатитском филиале Мурманского государственного Арктического университета. Под ее руководством были подготовлены и защищены более ста дипломных работ.

За многолетний отличный труд, профессионализм и вклад в развитие научной деятельности Ирина Александровна Гущина была отмечена благодарственными письмами и почетными грамотами Президиума КНЦ РАН, Главы города Апатиты, Губернатора Мурманской области, Мурманской областной Думы.

Коллеги знают Ирину Александровну как ученого-социолога с огромным опытом научной работы, высококвалифицированного специалиста и руководителя, умеющего оперативно и качественно решать самые сложные задачи, сплотить коллектив для достижения цели. Высоко ценим ее большой вклад в создание и развитие социологического направления в ИЭП КНЦ РАН. Коммуникабельность, выдержка и мудрость, чувство юмора, жизненная стойкость и непреходящий оптимизм Ирины Александровны служат для нас примером. Радуемся, глядя на ее большую дружную семью, которую Ирина Александровна наполняет теплом и любовью.

Сотрудники Института экономических проблем и КНЦ РАН сердечно поздравляют Ирину Александровну с юбилеем. Спасибо за многолетний добросовестный труд и большой вклад, который вы вносите в развитие института и КНЦ РАН.

Примите пожелания крепкого здоровья, счастья и благополучия, продолжения работы и творчества, радости от каждого мгновения! Пусть вас всегда окружают любовь и уважение детей и внуков, друзей и коллег!

К ЮБИЛЕЮ СВЕТЛАНЫ ВАЛЕНТИНОВНЫ БАСТРЫГИНОЙ

20 июня отметила прекрасный юбилей старший научный сотрудник Отдела технологии силикатных материалов Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН, кандидат технических наук Светлана Валентиновна Бастрыгина.

Окончив в 1985 году с красным дипломом Алексеевский индустриальный техникум, Светлана Валентиновна поступила в Белгородский технологический институт строительных материалов им. И. А. Гришманова, по окончании которого в 1989 году была направлена на работу на Ступинский завод ячеистого бетона, а в 1990 году перераспределилась в ИХТРЭМС



КНЦ РАН, где выросла от инженера до старшего научного сотрудника. В 2002 году она успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему «Изменение гидросиликатов магния в процессе хранения и возможность их переработки в строительные и технические материалы».

Основные научные интересы Светланы Бастрыгиной долгие годы были связаны с использованием вермикулита и вермикулитсодержащего сырья в огне- и жаростойких бетонах и изделиях, эффективных огнезащитных материалах для заделки проходов электрических кабелей через строительные конструкции, а также с получением вермикулита с пониженной температурой вспучивания. Ее разработки в области огне- и жаростойких вермикулитсодержащих материалов, представленные на международных выставках-конгрессах по высоким технологиям, инновациям и инвестициям в Москве и Санкт-Петербурге, удостоились золотыми и серебряными медалями. Сейчас Светлана Валентиновна занимается вопросами получения легкого модифицированного бетона с улучшенными прочностными характеристиками.

С 2008 по 2012 год, являясь доцентом кафедры «Промышленное и гражданское строительство» МГТУ, Светлана Валентиновна

читала курс лекций и проводила лабораторные и практические занятия студентам очного отделения по дисциплине «Строительные материалы». Она принимала участие в работе государственной аттестационной комиссии по приему государственных экзаменов и защите выпускных квалификационных работ студентов заочного обучения по специальности «Промышленное и гражданское строительство». Вместе с коллегами по лаборатории обучала лаборантов по программе повышения квалификации по методам испытаний и контролю качества строительных материалов.

Светлана Бастрыгина состоит в секции химии и технологии силикатных материалов, в Кольском отделении минералогического общества и в комиссии по социальному страхованию профкома ИХТРЭМС КНЦ РАН.

За годы работы она стала автором 117 научных публикаций, в том числе одной монографии и двух патентов на изобретение.

Коллектив института сердечно поздравляет Светлану Валентиновну с юбилеем и желает ей крепкого здоровья, счастья, отличного настроения, оптимизма и крепкой веры в дальнейшую, наполненную яркими интересными приятными событиями жизнь!

К ЮБИЛЕЮ ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНЫ ВЕРБИНЕНКО

21 июня отметила замечательную дату ведущий научный сотрудник отдела формирования финансовой политики северных регионов Института экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН, кандидат экономических наук Елена Александровна Вербиненко.

В 1977 году Елена Александровна окончила Ленинградский инженерно-экономический институт и была принята в Отдел экономических исследований Кольского филиала АН СССР на должность стажера-исследователя.

В 1993 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата экономических наук на тему «Экономическая эффективность комплексной переработки

алюминийсодержащего сырья Кольского полуострова в условиях перехода к рынку».

В Институте экономических проблем прошла путь до заведующего отделом, ученого секретаря, заместителя директора по научной работе в 2000-2005 гг. В 2005-2015 гг. руководила отделом формирования финансовой политики северных регионов ИЭП КНЦ РАН.

Исследования Елены Александровны включают изучение процессов развития финансовых региональных рынков на российском Севере, влияния инструментов денежно-кредитной политики на региональные экономические процессы на Севере и в Арктике. Елена Александровна – автор и соавтор более 60 на-



учных публикаций. В течение многих лет была членом диссертационного совета и Ученого совета ИЭП. Под ее руководством защищены пять диссертаций на соискание ученой степени кандидата экономических наук.

Много сил и времени Елена Александровна отдала развитию высшего профессионального образования в нашем регионе. В 2000–2015 годы была директором филиала Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета в г. Апатиты, вкладывая знания и энергию в его становление и развитие, создавая атмосферу заботы и внимания к каждому студенту.

В 2001-2014 годах Елена Александровна была членом Совета ректоров вузов Мурманской области, Координационного совета по кадровому обеспечению Мурманской области, Совета по образованию при администрации г. Апатиты. Большие усилия вкладывала в поддержание связей высшего образования с институтами КНЦ РАН, всегда обращая внимание

на то, чтобы ученые активно участвовали в образовательном процессе.

Сотни выпускников апатитского ИНЖЭКО-На, которым долгие годы руководила Елена Александровна, трудятся в Мурманской области и за ее пределами. Многие из них работают в Кольском научном центре, вносят достойный вклад в его развитие и сохраняют теплые воспоминания о родном вузе. Елена Александровна продолжает заниматься подготовкой кадров высшей квалификации, руководит отделом дополнительного профессионального образования управления аспирантуры и магистратуры КНЦ РАН.

Многие годы Елена Александровна вела общественную работу на благо родного города, в 2001-2014 гг. неоднократно избиралась депутатом городского Совета г. Апатиты.

За большой вклад в развитие науки и образования отмечена почетными грамотами РАН, Министерства образования и науки Российской Федерации, Губернатора Мурманской области и другими наградами.

Елена Александровна – жизнерадостный и обаятельный человек, умеющий видеть красоту окружающего мира, находить позитив даже в самые сложные времена и делиться им с окружающими. Коммуникабельность, приветливость, способность найти общий язык с разными людьми, жизненная стойкость и вера в лучшее – прекрасные качества, которые ценят в ней коллеги и верные друзья, которые с ней рядом на протяжении многих лет.

Сотрудники Института экономических проблем и КНЦ РАН сердечно поздравляют Елену Александровну с юбилеем! Спасибо за ваш многолетний труд и большой вклад в развитие высшего профессионального образования в Мурманской области, в деятельность института и Кольского научного центра.

Примите самые теплые пожелания крепкого здоровья, счастья и благополучия! Пусть прекрасный сын, которого вы вырастили, будет надежной опорой, всегда рядом будет большая дружная семья, а жизнь наполнена любовью и уважением родных, друзей и коллег!

К ЮБИЛЕЮ ГАЛИНЫ ПАВЛОВНЫ ПОЧИВАЛОВОЙ

7 июля отметила замечательный юбилей старший научный сотрудник отдела формирования финансовой политики северных регионов Института экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН, кандидат экономических наук Галина Павловна Почивалова.

Галина Павловна начала работать в Институте экономических проблем в 1988 году после окончания Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. В 1991 году поступила в очную аспирантуру МГУ, а после завершения обучения в 1993 году вернулась на работу в ИЭП КНЦ РАН.

В 2004 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата экономических наук на тему «Влияние трансформации корпоративной собственности на экономическое развитие ресурсного региона».

За годы работы в институте Галина Павловна проявила себя как знающий и творческий специалист с широкой эрудицией, собственным ярким научным почерком, особым ораторским даром, позволяющим увлекательно и ясно донести свои знания до аудитории. Сфера ее научных интересов – вопросы корпоративного управления, проблемы государственного регулирования корпоративного сектора в целях устойчивого развития регионов Севера и Арктической зоны Российской Федерации. Галина Почивалова – автор и соавтор более 30 научных трудов, посвященных актуальным вопросам развития российского Севера и Арктики, в том числе книг, ставших победителями регионального конкурса монографий и научных трудов, направленных на социально-экономическое и инновационное развитие Мурманской области.

С 2003 года в течение многих лет Галина Павловна преподавала экономические дисциплины в Кольском филиале Петрозаводского государственного университета, филиале Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета в г. Апа-



титы, филиале Костромского государственного университета им. Н. А. Некрасова в г. Кировске. Ученики Галина Павловны сегодня работают на предприятиях и в организациях Мурманской области и за ее пределами.

За многолетний труд и вклад в развитие научной деятельности Галина Почивалова была отмечена благодарственными письмами и почетными грамотами Президиума КНЦ РАН, главы администрации города Апатиты, Профсоюза работников РАН.

Коллеги и друзья знают Галину Павловну как жизнерадостного человека, увлеченного путешествиями, народным фольклором, спортом. Она путешествует по нашей стране и за ее пределами, занимается народной песней в фолк-группе «Росы». Многие годы Галина Павловна посвятила спорту, продолжает им заниматься и сегодня. Участвует в соревнованиях по марафону и полумарафону, в легкоатлетических пробегах, посвященных Дню Победы, в соревнованиях «Апатитский полумарафон Солнечные Ночи», в знаменитом всероссийском забеге «Арена марафон» в Санкт-Петербурге. На многих соревнованиях была награждена золотыми, серебряными и бронзовыми медалями.

Коллеги по институту ценят жизненный оптимизм Галины Почиваловой, ее энциклопеди-

ческие знания и постоянное стремление к развитию, открытое и дружелюбное отношение к людям, способность не унывать и не сдаваться в самых сложных жизненных ситуациях.

Сотрудники Института экономических проблем и всего Кольского научного центра сер-

дечно поздравляют Галину Павловну с юбилеем. Примите наши пожелания крепкого здоровья, счастья, новых спортивных достижений и творчества, радости в каждом мгновении. Пусть вас всегда окружают любовь и уважение детей, родных, друзей и коллег!

К ЮБИЛЕЮ ЛЮБОВИ ФИЛИППОВНЫ КУЗЬМИЧ

30 июля отметила прекрасную дату ведущий инженер лаборатории высокотемпературной химии и электрохимии Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН Любовь Филипповна Кузьмич.

В 1976 году Любовь Филипповна окончила Ленинградский технологический институт имени Ленсовета по специальности «химия и технология естественных радиоактивных и редких элементов» и получила квалификацию «инженер-химик-технолог». С тех самых пор она работает в Институте химии КНЦ РАН.

Все эти годы Любовь Кузьмич занималась изучением вопросов сорбционного извлечения платиновых металлов из растворов, а затем поверхностных свойств аморфных оксидов металлов. С 2005 года ее работа связана с изучением процессов термического разложения комплексных соединений и лабораторными испытаниями каталитической активности новых полученных материалов.

Она в совершенстве владеет большим количеством методов физико-химического исследования, относящихся к «мокрой» химии. Неоднократно принимала участие в опытных испытаниях по извлечению платиновых металлов из растворов, а также по водоочистке, участвовала в работах по грантам РФФИ, Президиума РАН и ОХМН, в многочисленных хозяйственных работах.

Любовь Филипповна принимает активное участие в подготовке молодых специалистов для института: проводила лабораторные работы по физической и коллоидной химии со студентами Апатитского филиала МГТУ и МАУ, обеспечивает нужный уровень экспериментальной работы аспирантов.

Поздравляем Любовь Филипповну с днем рождения! Желаем счастья, душевного спокойствия и благополучия! Пусть каждый день вас ждут приятные события и интересные встречи, уют и забота близких!

К ЮБИЛЕЮ ТАТЬЯНЫ ПЕТРОВНЫ СКУФЬИНОЙ

8 августа отметила знаменательный юбилей Татьяна Петровна Скуфьина – известный ученый в области региональной экономики и управления, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН.

Татьяна Петровна – незаурядный, талантливый и всесторонне развитый специа-

лист, занимающийся широчайшим спектром комплексных экономических исследований. Вот уже более 25 лет своей жизни Татьяна Петровна трудится во благо развития российской экономической науки и североведения и за это время добилась выдающихся успехов.

За свой многолетний активный труд награждена почетными грамотами и благодар-

ностями, в том числе благодарностью губернатора Мурманской области, почетной грамотой Мурманской областной Думы, президиума Кольского научного центра РАН и многими другими. Является лауреатом премии имени академика А. И. Татаркина за научные достижения в области исследований территориальных социально-экономических систем и политэкономии 2021 года, неоднократно становилась лауреатом конкурсов на лучшую монографию по вопросам экономического развития Мурманской области, организованных Министерством экономического развития Мурманской области.

Коллеги тепло поздравляют Татьяну Петровну с юбилеем и желают ей крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, новых научных успехов и отличного настроения!



К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ ВЛАДИМИРОВИЧА БАРАНОВА



27 августа замечательную дату и знаменательный юбилей отпраздновал доктор физико-математических наук, доцент, главный научный сотрудник Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН Сергей Владимирович Баранов. В 1999 году он с отличием окончил математико-механический факультет Уральского государственного университета имени А. М. Горького, и вот уже более 25 лет основная сфера его научных интересов связана с науками о Земле, геоинформатикой и геофизикой, исследованиями сейсмической активности, изучением свойств сейсмических сигналов и разработкой методов математического моделирования геофизических процессов.

За это время Сергей Владимирович прошел большой путь, начав его в Кольском филиале Единой геофизической службы Российской академии наук. Важным этапом дальнейшего научного становления юбиляра стала работа в Институте экономических

проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН. Здесь полученные им ранее фундаментальные результаты плодотворно используются для широкого круга комплексных социально-экономических исследований по теме государственного задания и при выполнении целого ряда других научных проектов, поддерживаемых РЦНИ и РФФ.

Коллектив Кольского научного центра РАН, Института экономических проблем им. Г. П. Лузина сердечно поздравляет Сергея Владимировича с юбилеем и желает ему неиссякаемого уральского здоровья, вдохновения и новых научных свершений!

К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ ВЯЧЕСЛАВОВИЧА ЛУКИЧЕВА



2 сентября исполнилось 70 лет директору Горного института КНЦ РАН, члену-корреспонденту РАН Сергею Вячеславовичу Лукичеву.

Сергей Вячеславович родился в городе Углич Ярославской области. Весь его трудовой путь неразрывно связан с Горным институтом КНЦ РАН, куда он поступил на работу после окончания Московского горного института по специальности горный инженер-физик в 1979 году. В 1987 году он защитил кандидатскую диссертацию, а в 2000 году решением диссертационного совета ИПКОН РАН ему

была присвоена ученая степень доктора технических наук за диссертационную работу «Управление подземными массовыми взрывами при отбойке руд с использованием компьютерных технологий».

Проводимые под руководством Сергея Лукичева исследования направлены на обоснование научных подходов к комплексному освоению недр на основе использования цифровых методов моделирования объектов и процессов горной технологии. За время работы в Горном институте Сергей Вячеславович сформировал

ся как известный ученый в области взрывного разрушения горных пород и цифровых технологий, является автором 219 научных работ среди которых две монографии и 19 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

Сергей Лукичев разработал концепцию цифровой трансформации горнодобывающих предприятий, включающая четыре этапа последовательного перехода от автоматизации решения отдельных задач горной технологии до формирования цифрового двойника горно-обогачительного предприятия. Под его началом разработана методологическая основа создания Горной цифровой платформы, как открытой геоинформационной системы, предназначенной для комплексного решения задач горной технологии в едином цифровом пространстве предприятия. Методология поэтапно реализуется при разработке российской горно-геологической информационной системы MINEFRAME, используемой на десятках горнодобывающих предприятий и являющейся альтернативой импортным программным продуктам данного класса;

Сергей Вячеславович совмещает научную работу и педагогическую практику, являясь профессором Апатитского филиала Мурманского арктического университета. Под его

руководством защищены три кандидатские диссертации и при консультировании – одна докторская диссертация.

Сергей Лукичев – Ветеран труда. Его труд был неоднократно отмечен заслуженными поощрениями и наградами регионального и федерального уровня. В 2023 году он был удостоен Почетной грамоты Президента Российской Федерации за заслуги в научной деятельности и многолетнюю добросовестную работу.

Сергей Вячеславович является членом высшего горного совета «Горнопромышленники России», действительным членом Академии горных наук, экспертом РАН, членом редколлекции журнала «Горная промышленность», членом Президиума и Ученого совета ФИЦ КНЦ РАН, председателем Ученого совета Горного института КНЦ РАН.

Профессионализм, принципиальность, ответственность снискали Сергею Лукичеву – ученому, наставнику, руководителю, – глубокое уважение коллег.

Уважаемый Сергей Вячеславович, от всей души поздравляем вас с юбилеем! Желаем отменного здоровья и оптимистичного настроения, пусть жизнь преподносит счастливые события и радостные моменты, сил и бодрости духа на долгие годы!

К ЮБИЛЕЮ ИГОРЯ ВЛАДИМИРОВИЧА СЕЛИНА

9 сентября отметил 55-летие главный эксперт отдела экономической политики, морской и хозяйственной деятельности в Арктике и районах Крайнего Севера Института экономических проблем им. Г. П. Лузина, кандидат экономических наук Игорь Владимирович Селин.

Игорь Владимирович начал трудовую деятельность в 1992 году в ОАО «Апатит». Прошел путь от наладчика до начальника бюро по мотивации и управлению персоналом обогащительного комплекса. В 1999 году окончил Санкт-Петербургскую государственную инженерно-техническую академию по специальности «Экономист». В 2003 году защитил диссертацию на соискание ученой



степени кандидата экономических наук на тему «Согласование внутренних интересов в процессе управления крупным промышленным предприятием».

В Институте экономических проблем КНЦ РАН Игорь Владимирович начал работать в 2009 году в должности старшего научного сотрудника в отделе промышленной и инновационной политики. Сфера его научных интересов – исследования в области интегрирования структур промышленности, стратегического и процессного управления предприятием. В последние годы изучает вопросы развития промышленного комплекса северных регионов РФ в условиях санкций, проблемы реализации арктических нефтегазовых проектов и развития рынка сжиженного природного газа в российской Арктике.

Игорь Селин – автор и соавтор более 80 научных публикаций, в том числе 17 монографий и научных докладов, имеющих большое практическое значение для развития промышленности и укрепления экономической безопасности российского Севера и Арктики.

Сотрудники Института экономических проблем и всего Кольского научного центра РАН сердечно поздравляют Игоря Владимировича со знаменательной датой! Примите наши пожелания крепкого здоровья, счастья и благополучия, успешного продолжения научной деятельности, радости от каждого мгновения. Пусть вас всегда окружают любовь и уважение близких, друзей и коллег!

К ЮБИЛЕЮ ЛЮДМИЛЫ ИВАНОВНЫ КОВАЛЬ



16 сентября отметила юбилей Людмила Ивановна Коваль.

Людмила Ивановна работает в Геологическом институте Кольского научного центра РАН

с 1973 года. За это время прошла путь от preparatora до заведующей лаборатории сепарации вещества и первичной обработки проб, которую она возглавляет с 1996 года.

Людмила Коваль – высококлассный специалист по методикам разделения минералов, особенно в области выделения минералов геохронометров. Она успешно руководит одной из профилирующих лабораторий института, обеспечивая выполнение тем НИР по приоритетным направлениям работ. Постоянное повышение профессионального мастерства, умелое владение техникой и применяемыми методиками фазового анализа, позволяет ей успешно справляться с решением поставленных задач и поддерживать высокий рейтинг лаборатории среди аналогичных лабораторий РАН. Как высококлассный специалист Людмила Ивановна известна не только в Кольском научном центре, но и среди многих ученых-исследователей по всей стране.

Сердечно поздравляем Людмилу Ивановну с юбилеем, желаем крепкого здоровья и семейного благополучия!

К ЮБИЛЕЮ СОФИ СЕРГЕЕВНЫ БАКСТЕР

27 сентября отпраздновала свой юбилей аналитик отдела экономической политики, морской и хозяйственной деятельности в Арктике и районах Крайнего Севера Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН, кандидат экономических наук Софи Сергеевна Бакстер (Туинова).

Софи Сергеевна начала работать после окончания художественной школы в 1982 году в Центральной библиотечной системе города Апатиты в должности оформителя. Затем перешла на Центральный рудник ПО «Апатит», работала на плато Расвумчорр. Получила направление на учебу, в 1989 году окончила Ленинградский горный институт им. Г. В. Плеханова по специальности «Автоматизация производственных процессов». В 1990 году поступила на работу в Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН на должность инженера по сопровождению баз данных в лаборатории наземных экосистем. В 1991 году начала участвовать в решении научно-практической задачи по восстановлению техногенных пустошей в районах поселка Никель и Мончегорска. С 1997 года продолжила эту работу в Горном институте КНЦ РАН.

В 1998 году в рамках Президентской программы «Новые менеджеры России» обучалась в Швеции. В 1999 году перешла в отдел энергетической политики Института физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН. В 2002 году участвовала в международной программе «Энергетические эксперты» Совета министров северных стран. В 2003 году провела исследование «Сравнение формирования топливно-энергетического баланса в северных регионах США – полуостров Аляска и РФ – Кольский полуостров» при поддержке Международного Совета по Научным Исследованиям и Обменам (АЙРЕКС).

В 2005 году защитила диссертацию на соискание степени кандидата экономических наук на тему «Экономическое обоснование рационального топливно-энергетического баланса субъекта Федерации».



После защиты диссертации Софи Сергеевна поступила на работу в Институт экономических проблем КНЦ РАН. Более 20 лет ведет исследования проблем формирования энергетической политики, энергосбережения и энергоэффективности, развития альтернативной энергетики на российском Севере и в Арктике. Автор и соавтор более 40 научных публикаций, в том числе 6 монографий и научных докладов, активный участник многих международных и российских конференций и семинаров.

В 2007 году в семье появился особенный ребенок, и Софи Сергеевна сделала все, чтобы он вырос в любви и заботе, приложила много усилий для его развития и успешной социализации. Сложная ситуация дала новый импульс в исследованиях, и Софи Сергеевна обратилась к сравнительному изучению процессов социализации ментальных инвалидов в РФ и Великобритании, имеет публикации, посвященные развитию технологий социальной работы на Севере.

Коллеги по институту знают Софи Сергеевну как творческого и неравнодушного человека, обладающего широким разносторонним кругозором, ораторским даром, открытым и позитивным взглядом на мир. Софи Сергеевна стремится к саморазвитию и постоянно учится новому, ее жизненная стойкость и материнское служение вызывают большое уважение.

Сотрудники Института экономических проблем и всего Кольского научного центра от души поздравляют Софи Сергеевну с юбилеем. Примите искренние пожелания крепкого здоровья, счастья, хорошего настроения! Пусть вас никогда не покидают любовь и радость, всегда окружают тепло и поддержка родных, близких и друзей!

К ЮБИЛЕЮ ОЛЬГИ АЛЬБЕРТОВНЫ ТАРЕЕВОЙ

28 октября отметила юбилей старший научный сотрудник сектора химии и технологии редкоземельного сырья в лаборатории химии и технологии сырья тугоплавких редких элементов Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева Кольского научного центра РАН Ольга Альбертовна Тареева.

Работе в Институте Ольга Альбертовна посвятила более 32 лет. В 1989 году она окончила Ленинградский Технологический институт им. Ленсовета, в ИХТРЭМСе начала работать в 1993 году, и с тех пор ее жизнь тесно связана с институтом и его сотрудниками.

Ольга Тареева специализируется в области технологии выделения редкоземельных металлов из различных видов минерального сырья Кольского полуострова, анализа минерального сырья. В соавторстве с Эфроимом Пинхусовичем Локшиным она разработала технологии извлечения редкоземельных элементов из продуктов, полупродуктов и отходов, образующихся при переработке хибинского апатитового концентрата.

В 2012 году Ольга Альбертовна защитила кандидатскую диссертацию по теме «Разработка сернокислотной технологии извлечения редкоземельных металлов из фосфогидрата». Она была основным исполнителем Государственного контракта на выполнение научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы «Разработка промышленной технологии извлечения РЗМ из фосфогипса», затем – основным исполнителем работы



разработке технологии переработки фосфогипса с последующим применением разработанной технологии для получения исходных данных для проектирования опытно-промышленной установки по переработке фосфогипса.

В соавторстве Ольга Альбертовна опубликовала более 150 статей, 26 патентов и пяти монографий, неоднократно становилась лауреатом конкурсов различного уровня.

Сейчас она работает над применением метода сорбционной конверсии для переработки различного редкометалльного сырья и техногенных отходов, в частности, разрабатывает новую гидрохимическую технологию переработки фосфатного, фторидного, фтор-фосфатного, силикатного природного и техногенного редкоземельного сырья, а также титансодержащего сырья.

А еще Ольга Тареева – прекрасная мать двоих замечательных сыновей, бабушка, жена и друг.

Коллеги знают ее как человека с неиссякаемой энергией, добротой и отзывчивостью,

обладающего жизненным оптимизмом и вниманием к другим. Ее любовь к детям (не только своим) вызывает искреннее восхищение и умиление, она человек, состоявшийся во многих сферах жизни, что вызывает уважение.

Сотрудники Института химии и всего Кольского научного центра поздравляют Ольгу Альбертовну с юбилеем.

Ольга Альбертовна! Примите наши искренние пожелания радости, здоровья, творческих успехов! Пусть вас окружает любовь и тепло близких и родных людей!

К ЮБИЛЕЮ ЕЛЕНА ВЛАДИСЛАВОВНЫ БУСЫРЕВОЙ



15 ноября отметила юбилейную дату старший научный сотрудник Центра гуманитарных проблем Баренц-региона, кандидат исторических наук Елена Владиславовна Бусырева.

Практически весь профессиональный путь Елены Владиславовны связан с Кольским на-

учным центром. Сначала с Институтом химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева, а с 2014 года – с Центром гуманитарных проблем, где она работает в секторе исторической и социальной антропологии.

Елена Владиславовна не сразу пришла в гуманитарную науку. Так уж сложилась жизнь – замужество, рождение сына, переезд в другой регион. В 1992 году она вернулась в Апатиты и пришла работать в ИХТРЭМС. Целеустремленность и преданность призванию исследователя помогли ей совмещать рабочие и семейные дела с изучением того, что по-настоящему влекло, – с историческими дисциплинами. В 2005 году она окончила Псковский государственный педагогический университет, а в 2017 году блестяще защитила кандидатскую диссертацию, посвященную сохранению и трансформации этничности в финских семьях на Кольском Севере.

Сфера научных интересов Елены Бусыревой включает этнографию, историю, семейную память и вопросы этнической самоидентификации переселенческих семей с финскими, немецкими, кавказскими корнями. Она – автор более 50 научных работ, включая монографию «Судьбы финнов Мурманского региона: семей-

ная история и культура» и коллективные труды. Ее вклад в изучение культурного наследия Кольского Заполярья сложно переоценить. Не случайно Елена Владиславовна отмечена многочисленными наградами, среди которых почетные грамоты РАН, Министерства науки и высшего образования РФ, благодарности региональных властей, а также звание «Заслуженный работник города Апатиты». В 2023 году она была удостоена памятной медали к 85-летию Мурманской области.

Научная деятельность – лишь одна из граней этой замечательной женщины. Коллеги

знают Елену Бусыреву как открытого, гостеприимного и жизнерадостного человека, увлеченного путешествиями и культурой народов России. Она – заботливая жена, мама и бабушка двух чудесных внуков, и ее сердце всегда наполнено любовью и теплом.

Дорогая Елена Владиславовна! Примите наши искренние поздравления с юбилеем! Желаем вам крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, радости творчества и новых открытий! Пусть ваша жизнь будет наполнена светом, гармонией и любовью близких!

К ЮБИЛЕЮ ИГОРЯ ВЛАДИМИРОВИЧА ЧИКИРЁВА

8 декабря исполнилось 60 лет талантливому ученому, педагогу и одному из ключевых организаторов системы высшего образования в Апатитах – Игорю Владимировичу Чикирёву.

Игорь Владимирович возглавляет управление аспирантуры и магистратуры Кольского научного центра РАН и кафедру геологии и полезных ископаемых филиала МАУ, а также продолжает работу научным сотрудником в Геологическом институте.

Выпускник МГУ им. М.В. Ломоносова (1988), он посвятил свой профессиональный путь науке на Севере, начав работу в Геологическом институте КНЦ РАН сразу после университета. Его разносторонние таланты подтверждает и второе высшее образование: в 2008 году он с отличием окончил Российскую академию правосудия. Педагогическую деятельность Игорь Владимирович ведет с 1998 года, а в 2017 году возглавил Апатитский филиал МГТУ.

Игорь Владимирович Чикирёв – кандидат геолого-минералогических наук, признанный специалист в области литологии, стратиграфии и минерагении осадочных образований Кольского региона и прилегающих морских осадочных бассейнов. Он автор более 60 научных работ и методических пособий.



Коллеги ценят Игоря Владимировича не только как талантливого исследователя, и наставника молодежи, но и как человека исключительных душевных качеств.

Коллектив КНЦ РАН и ученики поздравляют юбиляра и желают ему крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и покорения новых профессиональных вершин!

К ЮБИЛЕЮ СВЕТЛАНЫ ВИТАЛЬЕВНЫ ДРОГОБУЖСКОЙ

12 декабря отметила юбилей ведущий научный сотрудник Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН Светлана Витальевна Дрогобужская.

Трудовая деятельность Светланы Витальевны после окончания химического факультета Ленинградского государственного университета в 1988 году хоть и не сразу началась в стенах ИХТРЭМС КНЦ РАН – она трудилась также в заводской лаборатории завода Ульяновского авиационно-промышленного завода. Но она прошла все стадии профессионального роста от инженера до ведущего научного сотрудника лаборатории химических и оптических методов анализа. Светлана Дрогобужская окончила аспирантуру и защитила диссертационную работу, став кандидатом химических наук, имеет квалификацию метролога, ученое звание доцента и фактически является единственным в институте специалистом, получившим специализированное образование по аналитической химии.

За годы работы Светлана Витальевна стала одним из ведущих специалистов в области современных методов анализа, разработки методик анализа широкого круга природных, экологических, технологических и антропогенных объектов, исследования сорбционных свойств новых материалов – угольных сорбентов и волокон на основе полиакрилонитрила для концентрирования микроэлементов. Разработанные ею методики анализа природных и сточных вод были внедрены на предприятиях Кольского региона, методики анализа особо чистых материалов, руд, концентратов, продуктов и полупродуктов медно-никелевых производств, природных объектов, вод и биосубстратов используются не только в практике лаборатории химических и оптических методов анализа ИХТРЭМС КНЦ РАН, но и при аттестации государственных стандартных образцов в рамках международных сличительных измерений.



Светлана Дрогобужская внесла большой вклад в техническое перевооружение лаборатории, в результате чего там был создан «чистый блок» и в практику внедрен современный метод анализа – масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой и лазерной абляцией, а также в процесс аккредитации лаборатории в Системе аккредитации аналитических лабораторий, являясь управляющим по качеству.

С 1996 года Светлана Витальевна активно занималась подготовкой кадров высшей квалификации в Кольском филиале Петрозаводского государственного университета, в Апатитском филиале Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета, в АФ Мурманского государственного технического университета и АФ Мурманского Арктического университета, а в настоящее время ведет занятия в аспирантуре и магистратуре Кольского научного центра РАН. Под ее руководством защищены 19 дипломных и две аспирантские работы.

За годы работы она опубликовала более 350 научных работ, в том числе четыре коллективные монографии, два патента и более ста статей в журналах.

Федеральные, муниципальные и областные награды – почетные грамоты главы города Апатиты, РАН, ФАНО, Министерства науки и высшего образования РФ, благодарственное письмо Мурманской областной Думы, звание «Ветеран ИХТРЭМС» – заслуженная ее оценка многолетнего труда. За трудолюбие, ответственность и широту знаний она пользуется заслуженным авторитетом в коллективе.

Желаем вам, Светлана Витальевна, больших творческих успехов, крепкого здоровья, благополучия вашей большой семье. Примите самые сердечные поздравления и добрые пожелания в день юбилея от сотрудников лаборатории химических и оптических методов анализа и всех сотрудников Кольского научного центра!

К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ ЮРЬЕВИЧА КОЗЬМЕНКО

23 декабря исполнилось 75 лет главному научному сотруднику отдела экономической политики, морской и хозяйственной деятельности в Арктике и районах Крайнего Севера Института экономических проблем им. Г. П. Лузина, доктору экономических наук Сергею Юрьевичу Козьменко.

Сергей Юрьевич родился в Ленинграде, в 1969 году окончил Ленинградское Нахимовское военно-морское училище, в 1975 году – Высшее военно-морское училище имени Дзержинского по специальности «военный инженер-механик».

В течение почти двух десятилетий – с 1975 по 1991 год – проходил офицерскую службу на атомных подводных лодках Краснознаменного Северного флота. Участвовал в дальних походах, в том числе подо льдами Северного Ледовитого океана. Прошел путь от курсанта Нахимовского училища до капитана второго ранга. Это высокое звание соответствует большому опыту командования и ответственности за личный состав и выполнение задач по защите интересов страны. Имеет государственные награды СССР и РФ, звания Ветерана военной службы и Ветерана подразделений особого риска.

Служба на Севере и в Арктике предопределила дальнейшую судьбу Сергея Козьменко как ученого в области военной экономики и пространственной организации арктической системы морских коммуникаций, Северного морского пути. Перед увольнением в запас



в 1991 году Сергей Юрьевич получил высшее образование в Ленинградском финансово-экономическом институте им. Н. А. Вознесенского. В 1992 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата экономических наук на тему «Регулирование экономического развития городов закрытого типа», в 1995 году – диссертацию на соискание ученой степени доктора экономических наук на тему «Прогно-

зирование и регулирование развития территориальных социально-экономических систем в условиях конверсии». В 2001 году получил звание профессора по специальности «Экономика и управление народным хозяйством».

В 1997 году Сергей Козьменко начал трудовую деятельность в Институте экономических проблем КНЦ РАН. Прошел путь от старшего до главного научного сотрудника, был заместителем директора по научной работе. Его научная работа всегда направлена на решение задач, связанных с защитой интересов страны и получением знаний для обеспечения обороноспособности, суверенитета и экономического развития России. Исследования связаны с разработкой теоретических положений и практических рекомендаций в сфере военно-промышленного комплекса и военно-морского флота, развитием морской экономики как научного направления. Под его руководством разработаны подходы к формированию морской политики РФ в Западной Арктике с учетом геополитических и геоэкономических составляющих системы регионального морепользования.

За время работы в институте Сергей Юрьевич проявил себя как специалист с широким кругозором, огромным практическим опытом, высоким уровнем ответственности и дисциплины. Он известен как ученый, мыслящий категориями национальных интересов России и направляющий усилия на решение задач согласования экономических и оборонных интересов в Арктической зоне Российской Федерации. Автор и соавтор более 160 научных публикаций, в том числе более 20 монографий. Его исследования области военной и морской экономики имеют большую практическую значимость для укрепления безопасности и развития Арктической зоны РФ в условиях новых геополитических вызовов.

Научная деятельность Сергея Козьменко неразрывно связана с педагогическим трудом. Под его руководством подготовлено более 20 кандидатов и докторов экономических наук. В течение многих лет, с 2000 года, он являлся организатором и заместителем Председателя советов по защите диссертаций

на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по научной специальности «Региональная и отраслевая экономика», созданных на базе ИЭП КНЦ РАН и ФИЦ КНЦ РАН, в которых было защищено более 100 диссертационных работ.

Сергей Юрьевич активно участвовал в организации Всероссийских морских научно-практических конференций, проводимых под эгидой Морской коллегии при Правительстве РФ и Правительства Мурманской области в Мурманске на базе КНЦ РАН и Мурманского государственного технического университета, а также Всероссийской морской конференции, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне. Под его руководством было реализовано более десяти грантов РГНФ на проведение конференций и научных работ по арктической тематике. Более 20 лет он является членом редколлегий журналов «Север и рынок: формирование экономического порядка» и «Морской сборник» – старейшего в мире журнала по военно-морской тематике, издающегося в России с 1848 года, официального органа Военно-Морского Флота России.

Заслуги Сергея Козьменко оценены многими наградами – медалями «За безупречную службу в Вооруженных Силах СССР» III, II и I степени, «300 лет Российскому флоту», медалью Морской коллегии «За отличие в морской деятельности» и другими.

Жизненный путь Сергея Юрьевича – пример серьезного и внимательного отношения к делу, сочетания стратегического видения, детального подхода к поставленной задаче и нацеленности на результат, умения решать самые сложные вопросы. Коллеги знают его как человека, готового помочь в трудной ситуации, и эрудированного собеседника, увлеченного «петербурговеда», который может рассказать много замечательных историй о домах и улицах, парках и садах любимого города.

Коллектив Института экономических проблем, сотрудники Кольского научного центра РАН от души поздравляют Сергея Юрьевича с юбилеем и желают крепкого здоровья, семейного счастья, творческого долголетия и новых свершений на благо российской науки!

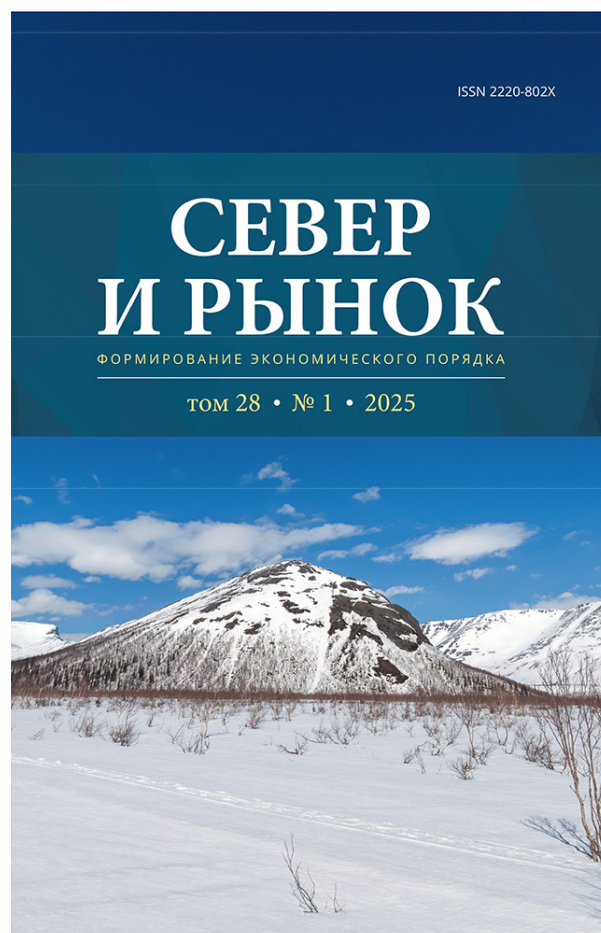
НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ СЕВЕРА И АРКТИКИ: ОБЗОР ПЕРВОГО ВЫПУСКА ЖУРНАЛА 2025 ГОДА¹

Вышел первый в 2025 году номер журнала «Север и рынок: формирование экономического порядка». Его авторы рассказывают об исследовании региональной экономике, анализе и прогнозировании ее изменений, включая социальные аспекты регионов и муниципалитетов российского и зарубежного Севера и Арктики.

Первый раздел выпуска посвящен стратегии и механизмам реализации государственной политики на Севере. Александр Волков, Наталья Рослякова, Евгений Каневский и Кирилл Боярский проанализировали трансформацию стратегических документов по развитию Арктики. Авторы отмечают, что и в ценностной части, и в части конкретных мероприятий вырастает роль безопасности в военном и государственном контексте, и дают практические рекомендации по улучшению стратегического планирования в регионе.

Роман Бадылевич и Алексей Игумнов анализируют оптимальные инструменты государственного управления, способные обеспечить развитие приоритетных стратегически важных регионов России. Ученые предлагают меры по повышению эффективности механизмов развития, основываясь на создании опорных зон и населенных пунктов, а также рассматривают трансформацию подходов к государственной арктической политике и выделяют главные проблемы и риски, связанные с дисбалансами в территориальном развитии.

Тему стратегии развития и государственной политики продолжает работа Елены Ворониной, анализирующая выполнение региональных проектов в рамках национальных программ. Автор приходит к выводу, что в большинстве случаев акцент сделан на решение социальных проблем в рамках блоков



«Человеческий капитал» и «Комфортная среда для жизни».

В статье Юсифа Гаджиева рассматриваются тенденции и факторы изменения валовой добавленной стоимости, а также проводится комплексный анализ ее структуры и темпов роста в условиях специальной военной операции.

Владимир Жаров в работе «Цифровизация процесса управления устойчивым инновационно-технологическим развитием промышленности регионов Арктики» описывает четыре этапа алгоритмизации управления ус-

1. Впервые опубликовано **на сайте ФИЦ КНЦ РАН**

тойчивым развитием промышленности в этих регионах.

Современное состояние, проблемы и перспективы развития территориальных подсистем теплоснабжения в четырех субъектах Арктической зоны России изучает Александр Биев. Основной акцент в его работе сделан на изучении практических аспектов их функционирования, проблемах обеспечения притока социального инвестирования, участия государственных органов власти, корпораций и частных компаний в развитии местного коммунального хозяйства. В результате проведенного исследования автор выделяет ключевые направления формирования региональных подсистем для обеспечения теплоснабжения коммунальных потребителей.

Важную задачу по привлечению дополнительных финансовых ресурсов для обеспечения устойчивого развития арктического региона в современных геополитических условиях выполняет сотрудник Дмитрий Крапивин – на основе материалов Мурманской области он изучает инвестиционные потоки в основной капитал по источникам финансирования и отраслевому признаку. Дмитрий Сергеевич акцентирует: хозяйствующие субъекты и региональные власти в первую очередь направляют инвестиции на поддержание основных видов своей деятельности, что позволяет сохранять стабильность экономики Мурманской области и удовлетворяет базовые потребности населения в государственных услугах, но в минимальной степени ускоряет социально-экономическое развитие.

Последняя статья раздела, написанная сотрудниками Института экономики Карельского научного центра Российской академии наук, посвящена определению пространственных закономерностей формирования и специфики развития туристских систем северных регионов. Ученые проводят типологизацию арктических туристских систем России на основе иерархического кластерного анализа и осуществляют ранжирование выделенных типо-

логических групп, а также приходят к выводу о необходимости возвращения к практике составления туристских паспортов арктических территорий как на региональном, так и на муниципальном уровнях.

Раздел о предпринимательстве открывает статья Кристины Захаровой и Натальи Бабуриной «Государственная финансовая поддержка субъектов малого и среднего предпринимательства в регионах Севера». Авторы подчеркивают важность государственной поддержки в условиях климатических, инфраструктурных и институциональных ограничений, а также вызовов, связанных с пандемией COVID-19 и международными санкциями. Они считают, что ключевым фактором развития малого и среднего предпринимательства на Севере является государственная финансовая поддержка, хотя она остается нестабильной.

Научный труд сотрудников Сыктывкарского государственного университета имени Питирима Сорокина продолжает исследование малого и среднего бизнеса. Отметив его недостаточное инновационное развитие, авторы предлагают пути решения этой проблемы.

Последний раздел номера посвящен социальной стороне развития российской Арктики. Сергей Свинин и Владимир Дядик исследуют отечественные практики реализации стратегий корпоративной социальной ответственности ресурсных компаний, которые могут обеспечить конкурентные преимущества для социально-экономического развития моногородов в Арктической зоне.

Завершает номер статья Екатерины Бажутовой «Особенности миграционных потоков в регионах российской Арктики». В ней автор анализирует меры, принимаемые государственными органами и бизнесом для удержания населения в Арктике и улучшения миграционной политики.

*Подготовила
Владислава Шипитка*

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В РЕГИОНАХ СЕВЕРА И АРКТИКИ: НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 2025 ГОДА¹

Во **втором номере журнала «Север и рынок» за 2025 год** можно узнать о результатах исследования экономического развития регионов Севера и Арктики. Наталья Рослякова, Александр Волков, Евгений Каневский, Кирилл Боярский и Анастасия Козлова рассматривают вопрос преемственности при изменении приоритетов на основе анализа официальных документов арктической стратегии 2014 и 2021 годов. Авторы исследуют трансформацию стратегических документов с точки зрения ожидаемых результатов проводимой политики, а также согласованности между заложенными ценностями, запланированными мероприятиями и социально-экономическими эффектами.

Продолжает раздел, посвященный стратегическому управлению развитием Российского севера и Арктики, статья Валерия Гуртова, Евгения Питухина и Ирины Степуть. Это анализ и оценка изменения численности пенсионеров в арктических регионах России в контексте реализации пенсионной реформы. Наблюдается негативная тенденция в динамике трудовых ресурсов, связанная с двукратным сокращением численности работающих пенсионеров.

Актуальное исследование в свете нарастающих экологических и экономических вызовов провели Сергей и Арина Козьменко. Стремясь определить роль феномена геоэнергетики в условиях Арктики, они фокусируют внимание на стратегических горизонтах планирования до 2030 и 2036 годов.

В разделе, посвященном развитию северных и арктических городов, сотрудники Вологодского научного центра РАН Ирина Секушина и Иван Крюков исследовали нормативно-правовые и организационные ас-



пекты стратегического управления развитием городских агломераций, относящихся к территориям Крайнего Севера. Авторы проводят комплексный анализ стратегических документов пяти городских агломераций – Архангельской, Норильской, Ханты-Мансийской, Сургутской и Южно-Сахалинской.

Дмитрий Кондратович, Михаил Ульченко и Роман Бадылевич рассказывают об изучении взаимодействия населения и органов власти в Мурманской области. Во время конференции «Лузинские чтения – 2024» сотрудники Института экономических проблем

1. Впервые опубликовано **на сайте ФИЦ КНЦ РАН**

имени Г. П. Лузина провели социологические опросы, которые выявили ключевые особенности, связанные с восприятием проблем и недостатком информации у граждан. Основой для усиления вовлеченности в процессы принятия решений становятся общественные слушания и инициативные проекты.

Сотрудники Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого Елена Рытова, Светлана Гутман, Виктория Бразовская и Ксения Кожина исследовали проблему энергообеспечения арктических территорий России на примере поселка Тикси в Республике Саха. На основе обзора литературы и нормативных актов авторы предлагают оптимальные методы генерации электроэнергии с учетом специфики региона и его устойчивого развития.

Матвей Оборин рассмотрел влияние сложных макроэкономических условий на национальную и продовольственную безопасность, подчеркивая важность повышения эффективности агробизнеса без значительных материальных затрат. Особое внимание он уделяет кластерно-сетевой интеграции как инструменту стабилизации производства, сбыта и логистики в агропромышленном комплексе в регионах Европейского Севера с суровым климатом и сложным ресурсным обеспечением.

Светлана Галазова, Татьяна Жукова и Валерия Володина проанализировали риски и выгоды криптомайнинга для региональных экономик. На основе методов нормативного, статистического и сравнительного анализа они показывают, как этот феномен может стать одним из факторов роста валового регионального продукта, и подчеркивают, насколько важен баланс между экономикой и экологией.

Никита Тананаев, Туйара Гаврильева, Надежда Красильникова, Жанна Посельская, Ирина Самсонова и Евгений Колганов представили результаты актуализации регионального плана адаптации Республики Саха к климатическим изменениям, выявляя за-

конодательные коллизии и недостатки управления. Авторы предлагают приоритетные меры по созданию систем мониторинга, вовлечения муниципалитетов, стимулирования адаптационных действий и развития человеческого капитала.

В статье Алины Череповицыной «Снижение выбросов парниковых газов: от глобального контекста к стоимостной оценке улавливания углекислого газа в Арктике» сделан акцент на проблемах и перспективах внедрения технологий улавливания, использования и хранения углекислого газа в России. Особое внимание уделяется экономической оценке улавливания углекислого газа на угольной электростанции. Алина Александровна отмечает, что высокие затраты на реализацию таких технологий требуют специальных мер поддержки со стороны государства и предлагает конкретные пути обеспечения экономической жизнеспособности проектов улавливания углекислого газа.

Алена Давыдова, научный сотрудник Центра гуманитарных проблем Баренц-региона, проанализировала имидж Мурманской области как арктического туристического направления. Ее исследование основано на мнениях и оценках туристов, собранных в ходе социологического опроса в Кировске.

Мария Шулина и Евгений Боровичев исследовали мнения посетителей природного парка «Териберка» и самого села относительно устойчивого туризма. Анкетирование, проведенное во время Арктического фестиваля 2022 года, выявило, что туристы заинтересованы в улучшении инфраструктуры, такой как места для отдыха, туалеты и смотровые площадки.

По традиции электронная версия журнала выложена на сайте Кольского научного центра РАН, и любой желающий может ознакомиться с номером целиком и составить о нем свое мнение.

*Подготовила
Владислава Шипитка*

ЧУДЕСА НА КРАЮ СВЕТА¹

В издательстве Кольского научного центра вышел экскурсионный путеводитель под названием «По каменным пляжам Териберки», который подготовили сотрудники Геологического института КНЦ РАН, а вдохновителем и главным автором был Юрий Нерадовский. Его памяти и памяти соавтора, Яны Рыбниковой, посвятили эту книгу Алена Компанченко и Алексей Чернявский.

Как и положено качественному, ориентированному на постоянное использование путеводителю, «териберский» получился легким и компактным – свободно поместится в рюкзак и даже в карман. Невзирая на это, он удивительно содержателен, а для удобства разделен на две основные части. Из первой читатели получают краткую историческую справку о селе, а также информацию о том, как именно добраться до места и с какими сложностями в пути можно столкнуться.

Названия двух глав звучат очень заманчиво: «Начало чудес Териберки» и «К вопросу о «яйцах» динозавров Териберки». Действительно, основной вектор туристического потока на Кольском полуострове направлен именно на этот маленький поселок на берегу Баренцева моря с его уникальными каменными прибрежными образованиями. И, как это часто случается с отдаленными природными объектами, он быстро приобрел собственные легенды, мифы, оброс народными сказаниями и «почти правдивыми» историями. Ученые КНЦ РАН выбрали своей миссией не развеивать их, а деликатно развернуть путешественника в сторону научной основы любого «чуда».

В последующих главах авторы дают подробные характеристики элементов природного строения баренцевоморского побережья, а также приводят общие сведения о каменных пляжах Териберки, дают характеристики некоторых пляжей и террас, подробнейшим об-



разом описывают минеральный состав побережья и минералогическую структуру валунов и гальки и, наконец, предоставляют возможность понять, каким же образом и благодаря каким именно природным процессам возникли и белоснежность териберских пляжей, и яйцеобразная форма составляющих их камней. Об этом рассказывает самая любопытная глава брошюры - «Геологическая гипотеза образования пляжей». Здесь приведена подробная геологическая карта Кольского полуострова, рассказано о его ледниках и изменении береговой линии моря в связи с постепенным поднятием земной поверхности, о том, какими породами сложен полуостров и как их взаимодействие формирует и сам рельеф, и внешний вид побережья.

Вторая часть книги полностью отдана описанию одиннадцати пляжей вблизи Териберки: их точному расположению и общему виду, тому, какие «яйца» на них встречаются и какие

1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)

Памяти наших друзей и коллег...



**Юрия Николаевича
Нерадовского**



**Яны Андреевны
Рыбниковой**

...вдохновителей и главных авторов этого труда, для которых Териберка была не просто местом отдыха, но и объектом, полным тайн и загадок.

горные породы здесь можно рассмотреть, приливам и отливам, силе ветра и особенностям террас. Издание дополнено множеством фотоснимков, словариком основных научных терминов, а в эпилоге авторы напоминают о бережном отношении к уникальным творениям природы, которыми пока еще богата Териберка, и желают удачи в самостоятельном изучении края.

Путеводитель незаменим для путешественников, краеведов, гидов, а также будет интересен школьникам и студентам, всем, кто бывал в Териберке или только собирается ее

посетить. Распространение и продажу книги в ближайшее время организуют сотрудники Геологического института КНЦ РАН. Авторы благодарят за ценные замечания и комментарии своих коллег Сергея Мудрука, Дмитрия Толстоброва, Татьяну Рундквист, Игоря Чикирева, Ольгу Корсакову, Дмитрия Степенщикова, Людмилу Лялину, Людмилу Чистякову, Ларису Ческидову и Екатерину Еремееву.

*Подготовила
Наталья Чернова*

ОТ ИСТОКОВ ДО СОВРЕМЕННОСТИ: НАУКА И НАСЛЕДИЕ КОЛЬСКОГО КРАЯ В ТРУДАХ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА¹

Первый в 2025 году номер журнала «Труды Кольского научного центра» в серии «Естественные и гуманитарные науки» посвящен 80-летию со дня рождения Евгении Яковлевны Пации и 50-летию основания выставки «Музей-Архив истории изучения и освоения Европейского Севера» ЦГП КНЦ РАН, которую долгие годы возглавляла Евгения Яковлевна. Большую его часть составляют доклады, которые прозвучали на Всероссийской научно-практической конференции «История и перспективы развития окраинных арктических территорий России».

Переплетению судьбы Евгении Пации и Музея-архива истории изучения и освоения Европейского Севера посвящена и первая статья раздела «Этнология, этнография, антропология». Ее авторы Ольга Шабалина и Олеся Сулейманова, опираясь на личные архивы семьи Ивановых и фонды Музея-Архива ЦГП КНЦ РАН, рассказывают о жизненном пути исследователя Кольского Севера Евгении Пации и истории создания Музея-Архива. В рамках работы юбилейной конференции была открыта выставка «Музей как контекст одной судьбы», основу концепции которой составили два пересекающихся жизненных пути: музея и его создателя.

Елена Бусырева представляет статью «Воспоминания сотрудников КНЦ РАН о Великой Отечественной войне», приуроченную к 80-летию окончания войны. В центре исследования – полевые материалы: личные воспоминания сотрудников Кольского научного центра РАН и документы из семейных архивов участников войны. Особое внимание уделено воспоминаниям сотрудников, работавших в те годы. Эти свидетельства раскрывают детали повседневной жизни и испытаний военного времени, хранящиеся в семейных архивах и передаваемые



1/2025(4)

СЕРИЯ: ЕСТЕСТВЕННЫЕ
И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

0+

потомкам. Собирая материал, автор лично записала ряд устных рассказов.

Владимир Стрельников обобщает информацию о мемориальных объектах Великой Отечественной войны в Мурманской области. На основе анализа путеводителей, сводов памятников и интерактивных карт он систематизирует общее количество памятников в населенных пунктах и за их пределами.

Виктория Бакула исследует саамский фольклор, изучающийся в Мурманском арктическом университете. В работе проанализирован словарь духовной культуры кольских саамов на основе устного народного творчества в лексикографическом и методическом аспектах. Особое

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН

внимание уделено учебному пособию по мифологии и фольклору российских саамов, а также различным жанровым классификациям.

Алексей Лисицинский в статье «Антропологическая перспектива изучения российского образования» анализирует историческое развитие антропологии образования в России, ключевые и эмпирические данные по идентичности учителей, как ключ к раскрытию социокультурных основ российского образования. Используя этнографические методы и нарративный анализ, Лисицинский отмечает значимость школы как культурного института и влияние этнокультурного разнообразия на современное образование, обсуждает преимущества и ограничения антропологического подхода по сравнению с классическими педагогическими и социологическими методами, подчеркивая его важность для глубокого понимания и развития российской образовательной системы.

В работе «Место поистине мистическое и загадочное»: методы работы с воображением туристов в рекламе поездок на Сейдозеро (Мурманская область)» Алена Давыдова и Сергей Штырков рассматривают, как местные предприниматели привлекают туристов, разрабатывая образы «сакрального места коренного народа» и «центра древней цивилизации».

Исторический раздел открывает научная статья Юлии Кожевниковой об исследовательской деятельности священника Николая Ивановича Шмакова, благодаря которой изучен комплекс актов понойского Петропавловского храма и засвидетельствован образ церковно-приходской жизни на Кольском Севере.

Татьяна Хромцова описывает предложения Христиана Вальдемара 1860–1870-х годов по развитию мореходного образования в России. Вальдемар выступал за государственное создание навигационных учебных заведений для прибрежных жителей, что легло в основу высших решений. Особое внимание исследовательница уделила реализации этих идей в Архангельской губернии.

Дмитрий Панов и Виктория Дмитренко исследуют малоизученные личные делопроизводственные источники из фондов Мурманского краеведческого музея, связанные

с капитанами рыболовных судов. В статье рассматриваются две ключевые книги: дореволюционная «Книжка для внесения сведений о плаваниях» и советская «Мореходная книжка».

Юлия Заика анализирует развитие программы «Международный полярный год» с 1882 года, выделяя ключевые этапы и устойчивые основы программы и отмечая ее эволюцию от локального проекта к глобальной инициативе. Много внимания уделяет автор подготовке к пятому МПГ в 2032–2033 годы и роли России в укреплении международного научного сотрудничества в Арктике. Работа подробно освещает динамику полярных исследований и перспективы программы.

Елена Бисаева в статье представляет первый аналитический обзор архивных материалов о ветеране труда и геологе Владиславе Намоюшко из фондов Ковдорского музея. Исследование раскрывает ранее неопубликованные документы личного и служебного характера, которые дополняют знания о биографии и работе начальника экспедиции в условиях Крайнего Севера.

Евгений Сушко публикует ранее неизвестные протоколы заседаний комсомольской ячейки станции Имандра 1920 года, раскрывая процесс материально-духовного развития молодежи в послевоенный период. Исследование автора позволяет реконструировать механизмы идеологической работы большевиков и специфику модернизационных процессов на Кольском полуострове, учитывая роль молодежи в этом развитии.

Завершают номер две статьи раздела «Археология»: Марк Шахнович исследует экспериментальное расщепление кварца в Карелии, подчеркивая отличие кварцевой техники обработки от кремневой, а Василий Шевелев и Александр Грязов представляют результаты полевых исследований культовых камней Кенозерья, проведенных в 2023 и 2024 году совместно с Кенозерским национальным парком. Авторы фиксируют остаточную информацию о природных объектах на фоне исчезновения устной традиции и убыли населения региона.

Подготовила Владислава Шипитка

ПЕРЕЧЕНЬ МИНЕРАЛЬНЫХ ВИДОВ КОЛЬСКОГО РЕГИОНА ВЫШЕЛ ИЗ ПЕЧАТИ¹



Эвдиалит. Гора Кукисвумчорр,
Хибинский массив. Образец 9 × 12 см.
Фото Григория Ильина

Издательство Кольского научного центра РАН издало бумажную версию «Перечня минеральных видов Кольского региона»: **в виде массива данных он уже несколько месяцев назад был размещен на сайте Геологического института КНЦ РАН**. Оба варианта справочника подготовил младший научный сотрудник Лаборатории арктической минералогии и материаловедения Центра наноматериаловедения Григорий Ильин при участии ученых Геологического института, а также известного минералога, главного научного сотрудника Московского государственного университета, доктора геолого-минералогических наук, члена-корреспондента РАН Игоря Пекова.

Главное отличие бумажного «Перечня» от версий 1987, 2002, 2006, 2010 и 2015 года – в алфавитном списке всех минеральных видов. Кроме того, каталог разделен на две части: в одной перечислены утвержденные минералы, статьи о которых опубликованы в авторитетных научных изданиях, во второй – минералы, о которых есть только устные свидетельства или единичные анализы, а к публикациям о них существуют вопросы. В общем списке – 1234 минерала (по сравнению со справочником десятилетней давности он пополнился на 109 минеральных видов), а в «сомнительном» – еще 63. Для каждого минерала указаны его название, общепринятое

1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)



Люминесценция содалита при облучении ультрафиолетом с длиной волны 365 нм.
Фото Григория Ильина

сокращение и химическая формула согласно списку IMA. Отдельно приведен список новых минеральных видов, открытых в Кольском регионе, и авторов первой публикации о каждом. По сравнению с 2015 годом их стало на 30 больше: уже 296.

В электронной версии, кроме этих списков, содержатся также ссылки на все использованные источники и данные из общедоступных баз. Здесь организован удобный поиск по множеству параметров, и каждую таблицу можно свободно скачать для дальнейшего использования. Отныне это основная версия справочника, которая будет регулярно пополняться и меняться при появлении новой информации.

Рядовым любителям минералогии и коллекционерам, журналистам, пишущим о при-

родных богатствах Мурманской области, студентам и школьникам пригодится бумажный «Перечень...», информация в котором дана более сжато и потому воспринимается неподготовленным читателем несколько проще.

Все фотографии в книге сделаны лично автором: это информативные и красивые фотографии минеральных образцов, а также виды мест, где они были найдены. Справочник предваряют предисловия от Григория Ильина, Игоря Пекова и выдающегося минералога и кристаллографа, генерального директора Кольского научного центра, академика РАН Сергея Кривовичева. **Пдф-файл издания** можно абсолютно свободно скачать с сайта КНЦ РАН.

*Подготовила
Наталья Чернова*

ОТ АЛЬПИЙСКОЙ ГОРКИ ДО ГОРОДСКОЙ КЛУМБЫ: КАК УКРАСИТЬ СЕВЕРНЫЕ ГОРОДА?¹

В издательстве Кольского научного центра РАН вышла книга «Украшаем Арктику». Авторы этого руководства по созданию цветочных композиций – ученые Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Аврорина Любовь Иванова, Екатерина Святковская, Надежда Тростенюк и Мария Ярцева.

Эта брошюра продолжила «арктический» цикл сборников Кольского научного центра, выпущенных под эгидой Проектного офиса развития Арктики (ПОРА) – «Пора озеленять Арктику», «Пора очищать Арктику», «Пора оздоравливать Арктику», «Пора восстанавливать Арктику», первый из которых вышел еще в 2020 году.

Как сообщают авторы, в новой книге они «...обобщили свой многолетний опыт и результаты работы нескольких поколений цветоводов – сотрудников ПАБСИ по созданию цветочных композиций в условиях Крайнего Севера». Как создать цветочные композиции и какие ландшафтные приемы можно использовать в условиях Заполярья? Как подобрать интересные идеи для оформления цветами городского пространства, придомовых территорий и дачных участков? Какие растения наиболее устойчивы к местному климату? Обо всем этом можно узнать из нового сборника, который больше похож на путеводитель для цветовода: от первой мысли «а не высадить ли каких-то цветочков на участке или во дворе?» до задумки масштабного проекта, который поразит и обрадует всех.

Состоит книга из нескольких глав. Первая очерчивает агроклиматические условия Мурманской области, своеобразные и сложные из-за более чем полугодовой зимы и большого количества дней с осадками, которых бывает до 260 в году, с повторяемостью циклонов в зимний период и антициклонов в летний,

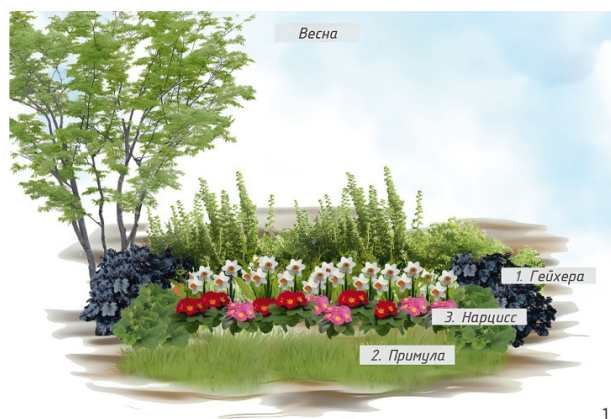


но главное – со специфическим световым режимом. Здесь же описаны и самые распространенные типы почв на территории области.

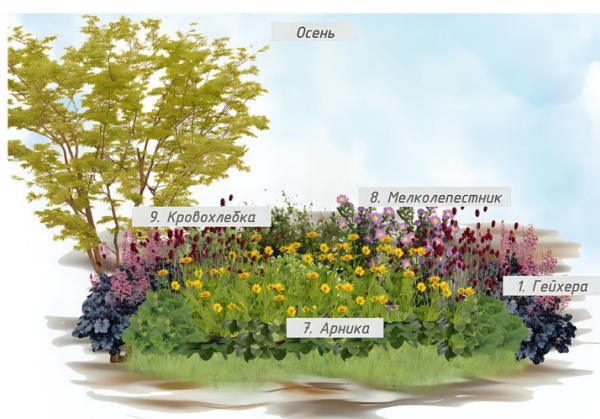
Следующие главы знакомят с основными видами и классификацией цветников, стилистикой и особенностями их устройства. Здесь в большом количестве представлены красочные фото вариантов клумб и участков, на которых они расположены, в подробностях изложены композиционные принципы цветочного оформления и их отличия друг от друга, функциональные виды цветников, создаваемых к особым датам и событиям.

Читатели узнают о характеристиках и особенностях устройства основных ви-

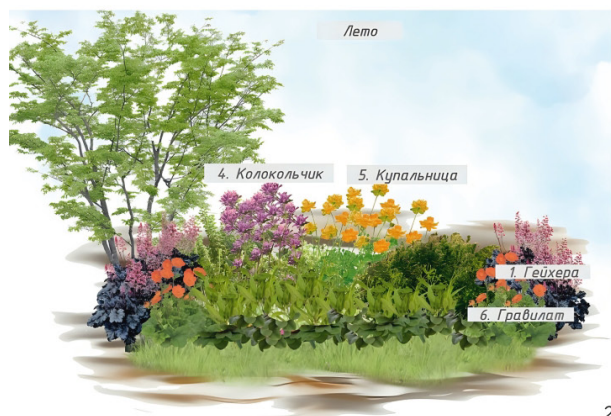
1. Впервые опубликовано **на сайте ФИЦ КНЦ РАН**



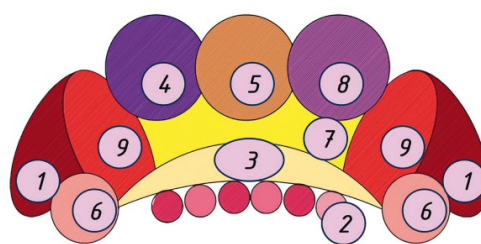
1



3



2



4

▲ Классическая клумба непрерывного цветения из десяти видов многолетних декоративно-цветочных растений. 3D визуализация цветника в: 1 – весенний; 2 – летний; 3 – осенний периоды. Схема цветника (4)

дов цветочных композиций. Чем отличается ковровая клумба от кольцевой? Что такое арабески и цветники ленточного типа, какой эффект создают бордюры и чем они отличаются от рабаток, как оформить партер и модульный цветник, как разбить, организовать рокарий или солитер и самое главное: какие культуры для всего этого разнообразия форм подобрать?

Ученые развивают самые разнообразные идеи для дачного участка или городских клумб, показывают на фото примеры оформления авторских цветников с пошаговой инструкцией, дают советы по уходу за клумбами, в том числе и в тот момент, когда все высаженное уже цветет и, кажется, не требует дополнительного внимания цветовода.

В книге «Украшаем Арктику» отдельное внимание уделено перечню полезной литературы для заполярного цветовода, а также техническим моментам. Здесь приведены

цветовые круги, позволяющие подобрать оттенки растений для клумб, и подробнейшая таблица с ассортиментом растений для дизайнера современных цветников на Крайнем Севере: учтены их цвет и высота, требовательность к световому режиму, время цветения, глубина посадки. Внимательному читателю такой скрупулезный подход поможет создать цветник, который будет радовать весь сезон, от ранней весны до поздней осени, и даже не один год.

Книга «Украшаем Арктику» будет полезна работникам городского хозяйства и профессиональным озеленителям, а также ландшафтными архитекторам, дачникам и садоводам. Приобрести ее можно в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте.

Подготовила
Наталья Чернова

«РЫЦАРЬ НАУКИ»: К 90-ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА ФЕЛИКСА ПЕТРОВИЧА МИТРОФАНОВА¹

В издательстве Кольского научного центра РАН вышел **очерк к 90-летию со дня рождения выдающегося отечественного геолога, академика Российской академии наук, заслуженного геолога России, лауреата Государственной премии РФ в области науки и технологий Феликса Петровича Митрофанова.**

Книга «Академик РАН Феликс Петрович Митрофанов – рыцарь науки! К 90-летию со дня рождения» представляет собой не просто биографическое повествование, а глубокое, проникнутое уважением собрание воспоминаний, оценок и личных впечатлений его коллег, учеников и близких. Это живое свидетельство о человеке, чья жизнь и деятельность стали примером служения науке.

Детство и юность Митрофанова пришлось на трудные годы, когда его родители стали жертвами сталинских репрессий. Отец, Петр Васильевич Митрофанов, занимавший должность секретаря Оренбургского обкома ВКП(б), был расстрелян; мать, Нина Васильевна Гнедина, провела восемь лет в лагерях. С ранних лет Феликс воспитывался у деда в Самаре. Там маленький мальчик проявлял удивительную стойкость, тягу к знаниям и внутреннюю дисциплину. После окончания школы с медалью он поступил на геологический факультет Ленинградского государственного университета, где окончательно определил свое призвание. Здесь состоялся будущий ученый, впитавший дух ленинградской школы геологов-докембристов.

После университета Митрофанов поступил в Институт геологии и геохронологии докембрия АН СССР, где прошел путь от лаборанта до заместителя директора по научной работе. Его кандидатская и докторская диссертации были посвящены гранитоидам и мигматитам раннего докембрия и внесли значительный вклад в понимание процессов формирования древней



континентальной коры. Он активно участвовал в международных геологических программах, проводил исследования в Монголии, Чехии, Франции и других странах, формируя современное представление о глубинном строении Земли.

В 1986 году Феликс Петрович был назначен директором Геологического института Кольского научного центра АН СССР в Апатитах. С первых дней работы он тщательно проанализировал научные направления института, определив приоритетные задачи и пути их реализации. Одним из первых его начинаний стали детальные исследования Воче-Ламбинского архейского геодинамического полигона, где коллектив института провел комплексные геологические, геофизические и петрохимические работы, результаты которых были обобщены в фундаментальной монографии 1991 года. Под его руководством в институте

1. Впервые опубликовано **на сайте ФИЦ КНЦ РАН**

были созданы новые научные подразделения, начаты масштабные международные проекты.

Особое место в научной деятельности Митрофанова занимает участие в исследовании Кольской сверхглубокой скважины СГ-3 – уникального проекта мирового уровня, позволившего заглянуть в глубины земной коры на рекордную глубину свыше 12 километров. Именно Феликс Петрович стал одним из инициаторов привлечения зарубежных партнеров к изучению керна СГ-3. Он понимал, что сочетание отечественных и международных аналитических технологий даст научные результаты мирового значения. Его дальновидность позволила объединить потенциал Академии наук СССР, Министерства геологии и ведущих зарубежных институтов, что вывело Кольскую научную площадку на уровень международного сотрудничества.

В 1989 году Митрофанов стал со-руководителем 275-го Международного проекта глубинной корреляции «Глубинная геология Балтийского/ Фенноскандинавского щита», а также координатором ряда программ INTAS. Его научный авторитет способствовал развитию партнерства России с европейскими странами в области геологических исследований.

Высшей оценкой труда Феликса Петровича стало присуждение ему в 2011 году Государственной премии Российской Федерации в области науки и технологий за научное обоснование и открытие крупных месторождений платино-палладиевых руд на Кольском полуострове. Торжественное вручение премии состоялось 12 июня 2012 года в Кремле.

Открытие месторождений Федорово-Панского комплекса стало ярким примером его умения сочетать фундаментальные исследования с практическим применением, привлекать международных партнеров и инвесторов, видеть стратегическую перспективу развития минерально-сырьевой базы России. При этом Митрофанов неизменно оставался верен идеалам академической науки. Он развивал фундаментальные исследования, создал Кольский центр коллективного пользования геохронологических и изотопно-геохимических исследований, под его руководством была подготовлена и издана «Геологическая карта Кольского

региона масштаба 1:500 000», отмеченная премией имени А. Д. Архангельского.

Феликс Петрович уделял огромное внимание подготовке научных кадров. Он понимал, что устойчивое будущее института возможно только при поддержке молодых исследователей. По его инициативе была создана научная школа для молодых геологов, учреждена ежегодная молодежная конференция, посвященная памяти его учителя Каукко Оттовича Кратца. Митрофанов не только поощрял участие молодых сотрудников в грантах и проектах, но и лично помогал им в подготовке кандидатских диссертаций, поддерживал на защитах, способствовал их профессиональному росту. Одним из значимых результатов его деятельности стало открытие в Апатитах филиала Мурманского государственного технического университета и создание кафедры геологии и полезных ископаемых, что обеспечило постоянный приток молодых специалистов в Геологический институт.

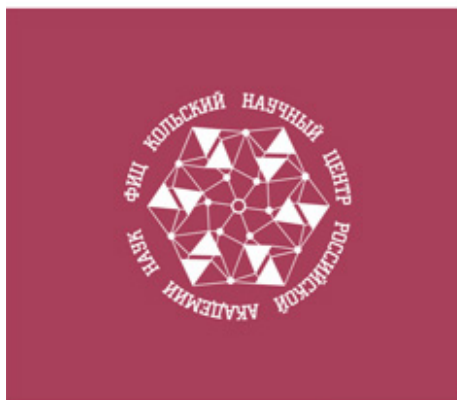
Феликс Петрович был настоящим патриотом российской науки. В трудные 1990-е годы он сумел сохранить и укрепить Геологический институт КНЦ РАН, обеспечив преемственность поколений и сохранение научных школ. Его ученики сегодня составляют основу руководства института и продолжают развивать начатые им направления исследований.

Память об ученом бережно хранится в Кольском научном центре. 8 апреля 2019 года на фасаде Президиума КНЦ РАН была открыта мемориальная доска академика Ф. П. Митрофанова. На церемонии выступали коллеги, руководители академических учреждений, представители вузов и органов власти, вспоминая Феликса Петровича как выдающегося ученого, организатора науки, наставника и человека редкого внутреннего благородства. Он ушел из жизни 8 мая 2014 года, но память о нем живет не только в сердцах учеников, но и в продолжении его дел.

На XII Международном платиновом симпозиуме в Екатеринбурге в 2014 году, где ученики Митрофанова посвятили ему памятный доклад, зал встретил его имя овацией – как имя ученого мирового уровня и истинного рыцаря науки.

Подготовила Владислава Шипитка

ОТ СЕРЕБРА ОСТРОВА МЕДВЕЖИЙ – К ЗАЩИТЕ ПРИРОДЫ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ¹



ISSN 2949-1185

Российская Академия Наук
ТРУДЫ
Кольского научного центра РАН

3/2025(4)

**СЕРИЯ: ЕСТЕСТВЕННЫЕ
И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**

В третьем номере журнала «Труды Кольского научного центра РАН» в серии «Естественные и гуманитарные науки» опубликованы статьи ученых Центра и других научных организаций страны, рассказывающие о природных объектах и их изучении.

Открывает выпуск статья ведущего научного сотрудника Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН Павла Амосова о результатах анализа интенсивности пыления на разных участках хвостохранилища при вариации параметра фоновой стратификации и скорости ветра. В ней представлены результаты анализа расчетных значений интенсивностей пыления для двух интервалов крупности на двадцати пылящих участках. Для этого была использована трехмерная модель площадки «хвостохранилище АНОФ-2 – город Апатиты», разработанная на

базе неспециализированного кода COMSOL и дополненная учетом механизмов плавучести и фоновой стратификации. В результате продемонстрировано, что лишь при скорости ветра 11 м/с пыль обоих интервалов крупности участвует в процессе загрязнения атмосферы. Дальнейшее усиление ветра минимизирует эффект вариации параметра стратификации на интенсивность пыления практически до нуля.

Вторая статья Павла Васильевича в соавторстве с Александром Баклановым из Российского государственного гидрометеорологического университета (Санкт-Петербург) повествует о решении на примере карьеров, как аналогов горных котловин, задач естественного проветривания в зависимости от фоновой атмосферной стратификации методом численного моделирования. Компьютерные

1. Впервые опубликовано **на сайте ФИЦ КНЦ РАН**

модели также созданы в неспециализированном программном коде COMSOL.

Сотрудники Института проблем промышленной экологии Севера и Лаборатории природоподобных технологий и техносферной безопасности Арктики Центра наноматериаловедения КНЦ РАН представили результаты экспериментов по очистке промышленных сточных вод от взвешенных веществ методом электрохимической коагуляции, а на примере загрязненной воды из заполярной реки оценили эффективность проведения процесса электрокоагуляции при пониженных температурах. Отмечена высокая эффективность очистки от фосфат- и фторид-ионов, что особенно важно при использовании воды в процессе обогащительного производства. При условии подбора оптимального режима электрохимическая коагуляция позволит эффективно удалять из сточных вод взвешенные вещества и сопутствующие загрязнители, а следовательно, она кажется эффективным и перспективным методом очистки на горнопромышленных предприятиях Арктической зоны РФ.

Оценку эффективности использования физических принципов функционирования конструкции лесополосы для снижения уровня загрязнения атмосферы пылящими техногенными объектами с помощью компьютерного моделирования представили сотрудники ИППЭС КНЦ РАН, Российского государственного гидрометеорологического университета (Санкт-Петербург), Института проблем комплексного освоения недр им. Н. В. Мельникова РАН (Москва).

Также о лесах идет речь в статье авторов из ИППЭС КНЦ РАН и Лапландского государственного природного биосферного заповедника под названием «Биогеохимический мониторинг сосновых лесов на территории Лапландского заповедника». В ней собраны данные биогеохимического мониторинга, продолжавшегося с 2015 до 2023 года в сосновых лесах на территории заповедника, находящего в зоне влияния атмосферных выбросов медно-никелевого производства. Установлено, что аэротехногенное загрязнение оказывает существенное влияние

на формирование состава снеговых и дождевых вод, почвы, древесного опада сосновых лесов, что выражается в повышении концентраций тяжелых металлов и кислотообразующих веществ и в выщелачивании элементов питания (кальций и магний) из древесного полога.

О морфологических изменениях зеленых водорослей и цианобактерий при длительном воздействии меди повествует статья Дениса Давыдова, ведущего научного сотрудника ПАБСИ КНЦ РАН, инженера Юлии Невзоровой и кандидата биологических наук Веры Редькиной (Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН).

Микроводоросли играют важную роль в процессе очистки загрязненных территорий, в том числе тяжелыми металлами. В Мурманской области добывают и перерабатывают медно-никелевые руды, что приводит к значительному загрязнению окружающей среды. Загрязняющие вещества, включая медь, приводят к деградации растительного покрова и образованию промышленных пустошей. Поэтому особенно важно выявить устойчивые к тяжелым металлам штаммы зеленых водорослей и цианобактерий, которые могут быть перспективны для использования в биоремедиации загрязненных северных территорий. И это удалось апатитским ученым – они провели скрининг на устойчивость к меди девяти штаммов зеленых водорослей и цианобактерий, выделенных из наземных местообитаний. Штаммы, подвергшиеся воздействию высоких уровней меди, демонстрировали значительные изменения, включая уменьшение размера клеток и разрушение пигментов хлорофилла. Но был выявлен штамм, демонстрирующий устойчивость к меди на определенном уровне, а это значит, что он перспективен для биоремедиации территорий, загрязненных тяжелыми металлами. *Nostoc sp.* LK-20-1 проявляет механизмы адаптации и способен восстанавливать рост после воздействия меди, что может свидетельствовать о его способности к долговременному выживанию в загрязненных условиях. В связи с этим

штамм рассматривается как перспективный «кандидат» для дальнейших исследований в области разработки биотехнологий очистки загрязненных почв.

Еще одна совместная статья сотрудников ИППЭС КНЦ РАН и Лапландского заповедника повествует о современной структуре древостоев после вырубki сосняков лишайниковых на территории заповедника в 1958 году, в период временного упразднения заповедного режима.

Несколько статей в «Трудах КНЦ» принадлежат перу научных сотрудников Полярно-альпийского ботанического сада-института имени Аврорина. Одна из них подготовлена по результатам исследований ученых Ботсада в соавторстве со специалистами Всероссийского научно-исследовательского института пищевых добавок – филиала Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН (Санкт-Петербург) и Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии, (Санкт-Петербург). Они впервые исследовали эффективность действия органической суспензии на основе экстракта зоогумуса (зоокомпоста) личинок мухи черной львинки (*Hermetia illucens*) и биологического стимулятора из бактерий *Arthobacter mysorens* на рост, развитие и цветение однолетних растений – каллистефуса китайского (*Callistephus chinensis*) и календулы лекарственной (*Calendula officinalis*), используемых для озеленения в условиях Кольского Заполярья. Эти стимуляторы рекомендованы для корневой подкормки с целью повышения декоративных качеств однолетних цветочных культур.

Семенной продуктивности первоцвета прелестного *P. atoeana* – многолетнего травянистого растения семейства Primulaceae Vent. при интродукции в Полярно-Альпийском ботаническом саду-институте в условиях Кольского Заполярья посвятили свою работу Надежда Тростенюк, Любовь Виравчева, Екатерина Святковская и Наталья Салтан. Они получили данные о высоких адаптационных возможностях этого травянистого многолетника с перспек-

тивами практического использования вида для озеленения населенных пунктов Мурманской области.

Старший научный сотрудник ПАБСИ Сергей Юдин рассказывает об искусственных лесных сообществах как форме сохранения биоразнообразия интродуцентов. Объектом его исследования стали природные образцы растений в экспозиции «Алтай» Ботсада – смена, вегетативные органы и живые растения, собранные сотрудниками Сада и автором в естественных условиях во время экспедиций в Горном Алтае. Исследования подтвердили широкие адаптационные возможности сибирских растений в условиях северной тайги Кольского Заполярья.

Охраняемые виды сосудистых растений в районе истоков реки Нива и южного побережья озера Экостровская Имандра стали предметом исследования Михаила Кожина старшего научного сотрудника ПАБСИ, и Евгения Боровичева, директора Ботсада. По итогам исследования ученых в обозначенном районе 17 охраняемых видов сосудистых растений, включенных во второе издание Красной книги Мурманской области, 15 видов рекомендованы к включению в третье издание Красной Книги Мурманской области, из которых три вида включены в Красную книгу Российской Федерации. Выявлено место концентрации редких видов на горе Лысая, которое рекомендуется взять под охрану в качестве памятника природы регионального значения.

Евгений Александрович совместно с аспиранткой ИППЭС КНЦ РАН Марией Шулиной представил в журнале результаты анализа практик нормативного регулирования порядка оценки рекреационной нагрузки на особо охраняемые природные территории в разных регионах России за период с 2013 по 2024 годы.

Особенный интерес читателей может вызвать статья Михаила Кожина с экскурсом в историю края. Она рассказывает о прошлом и настоящем серебряного рудника на острове Медвежий в Порье Губе Белого моря в XVIII–XIX веках. Автор совместно с соавтором, Наталией Панариной (Кандалакш-

ский государственный природный заповедник), после сопоставления литературных сведений и работы с архивными документами установил ход развития рудника, устранил путаницу в хронологии разработки его объектов и в названиях шахт (копей), а в ходе полевых исследований уточнил расположение и сроки разработки девяти шахт, привел характеристику и фотографии современного их состояния: морфометрические параметры, состав отвалов, ход процессов восстановления растительности. «Остров Медвежий имел огромное значение для России как одно из первых месторождений серебра в стране, а сегодня это уникальный заповедный природно-антропогенный комплекс, памятник истории русской горной промышленности и яркая историко-культурная достопримечательность Кольского Севера», – разъясняют авторы свой интерес к этой теме.

Летом 1734 года на острове был заложен рудник, и 16 августа добыто первое серебро. Тогда же для работы на шахтах острова Медвежьего прибыли группы рудокопов с Олонецких Петровских заводов. Позднее сюда направлялись вечные работники из беломорских селений, крестьяне Карельского Поморья, бывшие в ведении Соловецкой вотчины.

Серебро с острова Медвежий шло на изготовление серебряных монет, и в 1736 году впервые из отечественного серебра был отчеканен рубль Анны Иоанновны. Медвежье-островский серебряный рудник эксплуатировался с 1734 по 1740 годы и окончательно был ликвидирован в 1741 году. Плавка руды проводилась в 1746-1761 годах на Кончезерском заводе.

В конце XIX века на острове Медвежий добывали свинцовую руду. Позже свинцово-серебряные рудники острова привлекали внимание многих исследователей, например в 1917 году геологи Белянкин и Куплетский изучали эти рудные месторождения, а в 1922 году советские ученые провели повторные геологические работы, составили детальное геологическое описание, выпол-

нили съемку рельефа острова Медвежий и пришли к выводу о бесперспективности разработки месторождения. Несколько исторических образцов самородного серебра с острова сохранились в коллекции Минералогического музея им. А. Е. Ферсмана РАН в Москве, а сам Медвежий в настоящее время входит в состав Кандалакшского заповедника, с 1967 года остров – охраняемая территория.

В качестве приложения к материалу приведена рукопись В.Н. Карповича, заместителя директора по научной работе Кандалакшского государственного заповедника 1982 года.

Любопытными сведениям о проведенных исследованиях поделился в своей работе Эдуард Шипилов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Полярного геофизического института (Мурманск). Его статья носит название «Баренцевоморский позднемезозойский мультиплюмовый магматизм: локализация, формы и фазы проявления». Автор знакомит читателей с проявлениями юрско-мелового базальтоидного магматизма, закартированными геофизическими и геологическими исследованиями, в Восточно-Баренцевском мегабассейне и на Земле Франца-Иосифа. Установленная многофазность с постоянством локализации проявлений свидетельствует об уникальности юрско-мелового магматизма, что, по мнению автора, позволяет охарактеризовать эти магматогенные события как результат деятельности мультиплюма. Анализ полученных данных и структуры аномального магнитного поля позволил выделить в строении архипелага срединную зону, разделяющую его на два домена, и в связи с этим обосновать новую схему его тектонического районирования.

Полностью прочитать журнал «Труды Кольского научного центра» вы можете онлайн.

*Подготовила
Наталья Чернова*

ДОКЛАДЫ КОНФЕРЕНЦИИ «ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ» ОПУБЛИКОВАНЫ В «ТРУДАХ КНЦ РАН»¹



1/2025(16)

СЕРИЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



2/2025(16)

СЕРИЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

0+

0+

Вышли в свет сразу два выпуска журнала «Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки», в которые вошли материалы V Всероссийской научной конференции «Исследования и разработки в области химии и технологии функциональных материалов». Найти их можно на сайте КНЦ РАН: **1/2025(16)**, **2/2025(16)**.

Организовал и провел ее с 24 по 28 ноября Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья имени И. В. Тананьева КНЦ РАН. Конференция была посвящена 90-летию со дня рождения академика РАН Вла-

димира Трофимовича Калининкова – выдающегося ученого и организатора науки, чье имя неразрывно связано с развитием химии и технологии редких элементов на Кольском Севере. Материалы выпусков наглядно демонстрируют преемственность научных школ, сформированных в Кольском научном центре, и их способность развиваться в условиях современных вызовов, сочетая фундаментальную глубину исследований с ориентацией на практическое внедрение результатов.

В сборниках представлен широкий круг работ, выполненных учеными академичес-

1. Впервые опубликовано **на сайте ФИЦ КНЦ РАН**

ких институтов, университетов, отраслевых организаций и промышленных предприятий Российской Федерации, а также Армении и Беларуси. Публикации охватывают ключевые направления, связанные с комплексной переработкой минерального и техногенного сырья, созданием функциональных материалов для энергетики, электроники, медицины и строительства, развитием ресурсосберегающих и экологически ориентированных технологий. Серьезное внимание авторы уделили редким и редкоземельным элементам, которые имеют стратегическое значение для высокотехнологичных отраслей экономики.

В два выпуска журнала вошли девяносто четыре статьи, которые можно объединить в несколько тематических блоков. Большая часть работ посвящена синтезу и комплексному исследованию функциональных неорганических материалов на основе ниобатов, танталатов, цирконатов, титанатов и силикатов, широко применяемых в опто- и акустоэлектронике, фотонике и энергетике. В них подробно проанализированы структурные, люминесцентные, оптические и механические характеристики монокристаллов и керамик, полученных с применением современных методов спекания, легирования и активации прекурсоров. В ряде работ показана роль дефектной структуры и ионного замещения в формировании эксплуатационных свойств материалов.

Широко представлены статьи по химической технологии и металлургии редких, тугоплавких и цветных металлов. Авторы рассматривают магниетермические и кальциетермические процессы, экстракционные и сорбционные схемы, а также новые подходы к переработке некондиционного и техногенного сырья, управление фазовым составом. Отдельные исследования направлены на повышение селективности и экологической безопасности технологических процессов.

Заметное место занимают работы, посвященные извлечению ценных компонентов из отходов горно-металлургического производства и вторичного сырья. Исследуются глубокие эвтектические растворители, поли-

мерные экстрагенты, сорбционные материалы и программные комплексы для моделирования экстракционных каскадов. Авторы показывают возможности комплексного извлечения редких, редкоземельных и сопутствующих элементов с одновременным снижением экологической нагрузки и практическую применимость разработанных схем на реальных промышленных растворах, подчеркивая актуальность перехода к циркулярной экономике в минерально-сырьевом секторе.

Большой интерес представляют исследования по созданию каталитических и сорбционных материалов для очистки газовых и жидких сред. Рассматриваются фотокатализаторы на основе диоксида титана и ванадия, сорбционно-каталитические керамические структуры, а также материалы для иммобилизации радионуклидов. Авторы анализируют взаимосвязь структуры, текстурных характеристик и функциональной активности.

Много статей посвящено разработке строительных и композиционных материалов на основе минерального и техногенного сырья Кольского региона. Исследуются геополимеры, бетоны, теплоизоляционные и керамические материалы с использованием шлаков, золы-уноса, серпентинита и других отходов. Представленные работы демонстрируют высокий потенциал региональной сырьевой базы для строительной индустрии.

В журнале также представлены статьи, посвященные различным методам исследования материалов: рентгеноструктурному анализу, масс-спектрометрии, микротомографии, математическому моделированию сложных структур. Эти работы обеспечивают методологическую поддержку экспериментальных исследований, представленных в других разделах журнала.

Два выпуска журнала демонстрируют высокий научный уровень представленных исследований и их значимость для развития современных направлений химии, материаловедения и химической технологии.

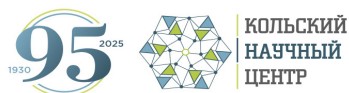
*Подготовила
Вероника Данилина*

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РЫБНОЙ ОТРАСЛИ: ОТ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ДО ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ¹

Как рыбная отрасль Мурманской области оказалась в центре масштабных геоэкономических трансформаций? Есть ли механизмы, способные восстановить нарушенные связи между флотом и береговой инфраструктурой? Как интеграция и цифровизация меняют архитектуру взаимодействия предпринимательских структур в условиях санкционного давления и растущей потребности в судоремонте?

В издательстве Кольского научного центра РАН вышла книга **«Формирование нового подхода к пространственному взаимодействию предпринимательских структур в рыбной отрасли Мурманской области с использованием интеграции и цифровизации»**, которая отвечает на эти и многие другие вопросы, связанные с важнейшей сферой экономики региона.

Монография доктора экономических наук, заслуженного работника рыбного хозяйства, главного научного сотрудника Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Владимира Храпова и кандидата экономических наук, доцента, заместителя генерального директора по экономике и финансам ООО «Мурманский морской инженерный сервис» Татьяны Турчаниновой представляет развернутое исследование состояния рыбной отрасли Мурманской области, сосредоточенное проблеме дефицита конкурентоспособного судоремонта. Авторы подробно показывают, что в течение более чем трех десятилетий хозяйственные связи рыбопромысловых компаний смещались в пользу зарубежных верфей, что привело к стагнации отечественных судоремонтных предприятий и деградации их компетенций. Санкционная политика ЕС и США радикально повлияли на сложившиеся эко-



В. Е. Храпов, Т. В. Турчанинова

ФОРМИРОВАНИЕ НОВОГО ПОДХОДА К ПРОСТРАНСТВЕННОМУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ СТРУКТУР В РЫБНОЙ ОТРАСЛИ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРАЦИИ И ЦИФРОВИЗАЦИИ



номические цепочки взаимодействия, вынудив рыбопромысловый флот возвращаться в российские порты и обострив проблему отсутствия собственных производственных мощностей.

Исследование выстроено от анализа исторических предпосылок до разработки концептуальной модели пространственного взаимодействия предпринимательских структур. В первой части авторы подробно описывают трансформацию хозяйственных процессов после либерализации внешнеэкономической деятельности, когда владение

1. Впервые опубликовано **на сайте ФИЦ КНЦ РАН**

«валютной рыбой» побуждало судовладельцев перерабатывать и ремонтировать суда за рубежом. Они фиксируют разрыв между потребностями флота и реальными возможностями отечественных предприятий, приводят статистику резкого сокращения объемов рыбопереработки, грузооборота портов и судоремонта, демонстрируя глубину структурного кризиса.

Центральная часть монографии раскрывает ход комплексного обследования частных судоремонтных предприятий региона, включая оценку их готовности к цифровой трансформации, включая детальное предпроектное исследование ООО «Кольский берег». Ученые опираются на фактический материал, собранный в ходе экспертиз и интервью со специалистами. Эти данные позволяют выявить технические, организационные и управленческие ограничения предприятий, а также определить элементы, необходимые для создания цифровых платформ третьего уровня. Цифровые платформы третьего уровня представляют собой индивидуальные информационные системы, учитывающие специфику каждой предпринимательской структуры и ее производственные процессы для включения в общую цифровую экосистему отрасли.

Следующий раздел исследования связан с обоснованием интеграционных процессов в рыбной отрасли Мурманской области. На большом массиве исторического и аналитического материала показано, что устойчивое развитие отрасли возможно только при формировании системы пространственного взаимодействия между флотом и береговой инфраструктурой. Авторы показывают эффективность практик плановой экономики, когда судоремонтные предприятия были тесно встроены в управленческие структуры производственных объединений, и делают вывод о значимости согласованного управления ресурсами.

Особое внимание уделено цифровизации как экономическому механизму координации разнородных субъектов отрасли. Экономисты рассматривают цифровую платформу как инструмент обеспечения управляемости, прозрачности и согласованности процессов на всех уровнях экосистемы, включая ремонт, обслуживание, снабжение и планирование. Они обосновывают, что без платформенного решения невозможно обеспечить инновационное развитие судоремонтных предприятий.

В заключении сформулирован концептуальный подход к созданию экосистемы пространственного взаимодействия предпринимательских структур рыбной отрасли. Авторы определяют набор информационных продуктов и условий интеграции, необходимых для повышения эффективности региональной экономики, и подчеркивают неизбежность цифровой трансформации всех участников хозяйственного процесса.

Таким образом, монография представляет собой глубокое исследование, опирающееся на факты, статистику, экспертные оценки и детальный анализ отраслевой практики. Она систематизирует проблемы рыбной отрасли Мурманской области в новых геополитических условиях и предлагает научно обоснованную модель интеграции и цифровизации, направленную на восстановление и развитие судоремонтной базы как ключевого элемента морехозяйственного комплекса региона.

Результаты исследования представляют интерес для региональных властей приморских регионов Российской Федерации, руководителей и специалистов предприятий рыбной отрасли, научных работников и студентов, изучающим инновационное развитие региональной экономики и ее структурных звеньев.

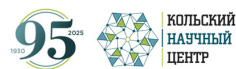
Подготовила Вероника Данилина

СУДЬБА «ГРАФА РУМЯНЦЕВА» И КИТОБОЙНЫЙ ПРОМЫСЕЛ НА БЕЛОМ МОРЕ. НОВАЯ КНИГА КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН¹

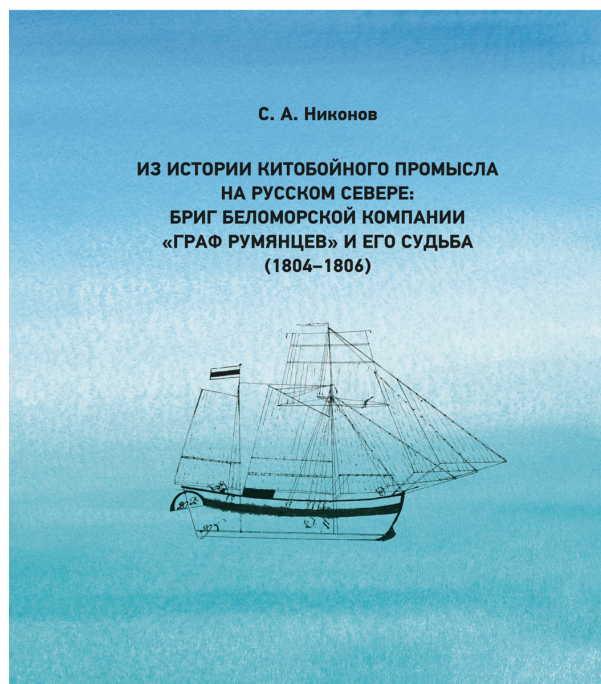
Что мы знаем о китобойном промысле на Русском Севере? Большинство представит себе голландские или английские суда у берегов Шпицбергена, но вряд ли вспомнит, что и Россия когда-то пыталась встать на этот путь. Именно этой почти забытой странице истории посвящена монография Сергея Никонова «Из истории китобойного промысла на Русском Севере: бриг Беломорской компании “Граф Румянцев” и его судьба (1804–1806)», вышедшая в 2025 году в издательстве Кольского научного центра РАН.

Сергей Александрович Никонов – доктор исторических наук, главный научный сотрудник Центра гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН и профессор кафедры истории Мурманского арктического университета, специалист по истории поморских промыслов и освоения Арктики. Его книга основана на архивных материалах из Российского государственного архива древних актов, Российского государственного исторического архива и Государственного архива Архангельской области.

Во введении автор напоминает: идея китобойного промысла пришла в Россию от Петра I, увидевшего в 1697 году возвращение голландской китобойной флотилии. Попытки создать свою китобойную индустрию в России предпринимали на протяжении почти ста лет – от Кольской китоловной компании 1720-х годов до Беломорской, учрежденной в 1803 году. В историографии эта тема освещалась достаточно неравномерно, и многие моменты остаются «за бортом». Конечно, большинство научных обзоров о развитии русских промыслов и торговли в Арктике касается и Кольской китоловной, и Беломорской компаний, но детальную попытку охарактеризовать русские попытки организовать китобойный промысел



КОЛЬСКИЙ
НАУЧНЫЙ
ЦЕНТР



предпринял только Эрнст Веберман в труде 1914 года «Китобойный промысел в России». Советские историки критиковали такие предприятия как «монополистические» и «эксплуататорские».

Сергей Никонов впервые реконструирует полную историю одного из последних китобойных предприятий на Русском Севере, связывая ее с более широкими экономическими, политическими и экологическими процессами. Он стремится к объективной реконструкции событий без идеологической окраски.

Идея создания Беломорской компании возникла на рубеже XVIII–XIX веков под влиянием длительных дискуссий о целесообразности

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН

освоения китобойного промысла на Русском Севере по образцу европейских стран. План этот был воспринят неоднозначно: если чиновники и часть предпринимателей видели в нем перспективу экономического развития Арктики, то многие представители архангельского купечества и местные промышленники скептически оценивали возможность успеха. Уже в 1800 году Архангельская шестигласная дума в официальном «разсуждении» пришла к выводу, что китобойный промысел в России «неприбыточен и безъполезен», ссылаясь на поздний ледоход, отсутствие традиции, квалифицированных кадров и необходимых экономических институтов. Отметим: поморы имели богатый опыт промысла моржа и других морских животных и даже порой встречали китов (например, в Кольском заливе), но систематической добычей китов по собственной инициативе никто не занимался. Не было ни технической базы, ни специальных знаний, ни экономических стимулов, а главное – не было китобойного судна, которое стало бы основой всего предприятия.

Инициатором учреждения компании выступил министр коммерции граф Николай Петрович Румянцев, поддержанный группой крупных купцов – архангельскими торговцами Конрадом Дорбекером и Алексеем Поповым, слободским купцом Ксенофонтом Анфилатовым, вологодским предпринимателем Степаном Митрополовым и другими. Компания была официально создана в 1803 году, а ее главное правление разместилось в Санкт-Петербурге, тогда как практическое руководство осуществлялось из Архангельска. Основной целью компании было ведение рыбных и зверобойных промыслов в Белом и Баренцевом морях, а также у берегов Новой Земли и Шпицбергена-Груманта (так именовали архипелаг в XVIII–XIX веках русские поморы и промышленники, отправлявшиеся туда на промысел, а людей, участвовавших в промысловых экспедициях и часто остававшихся зимовать на Шпицбергене, называли «груманланами»). В числе задач значилось и освоение китобойного промысла, для чего был построен специальный бриг «Граф Румянцев».



Главный «герой» книги – именно бриг «Граф Румянцев». Автор подробно описывает, как судно с двойной обшивкой для защиты от арктических льдов строилось на верфи Поповых из выдержанного соснового леса, доставленного из Пинеги, как набиралась команда из русских матросов и иностранных китобоев (в основном из Гамбурга) и как разворачивались два вояжа брига.

После спуска на воду бриг вышел из Архангельска 11 июля с целью вести китобойный промысел у берегов Шпицбергена, а также доставить на архипелаг артель кормщика Акима Старостина для зимовки. Вояж оказался неудачным из-за командора, датчанина Андреаса Даля, который, по словам матросов, «каждый божий день был безчувственно» пьян. Его пьянство едва не привело к гибели судна у берегов Шпицбергена: «Граф Румянцев» чуть не разбился о лед и мели, но благодаря действиям русских матросов, в особенности Акима Старостина, и иностранных «офицеров» (гарпунщиков и штурмана),

корабль был спасен. Во время пути команда даже обнаружила мертвого кита, но Даль отказался его разделять, заявив, что «не допустит корабля обезглавить мертвым».

Китов так и не добыли. Вместо этого судно вернулось в Екатерининскую гавань 29 августа 1805 года, доставив только артель Старостина. После возвращения вспыхнул острый конфликт между командором и частью команды, особенно боцманом Афанасием Булатовым и матросами Василием Федорушковым и Прокопием Ряпинцовым. Русские моряки пожаловались на пьянство и халатность Даля, а иностранные специалисты также выразили недовольство.

На заседании правления Беломорской компании Даль признали «вовсе ненадежным» и отстранили от должности командора. Во второй вояж «Граф Румянцев» отправился под командованием нового капитана – голландца Яна Ката, опытного, но не имевшего практики руководства китобойным судном.

Цель у команды была та же: вести китобойный промысел у берегов Шпицбергена, а при неудаче – крейсировать вдоль Восточного Мурмана, где, по сведениям, киты также появлялись в конце июля. Чтобы предотвратить конфликты, подобные прошлогодним, в состав экипажа включили поверженного компании Федора Ерасова. Кроме того, корабль вышел значительно раньше, 15 апреля, что позволяло участвовать в промысле с самого его начала. Однако успеха добиться не удалось: льды не позволили продвинуться дальше 78° северной широты, китов не обнаружили, а 8 июня у берегов Шпицбергена бриг захватили французские фрегаты. 10 июня 1806 года «Граф Румянцев» был сожжен, а команда разделена и отправлена в разные страны: часть матросов оказалась в плену во Франции, другая – в Шотландии, а командору Кату и поверженному Ерасову удалось бежать через Исландию и Данию. Россия, вовлеченная в наполеоновские войны, не смогла ни защитить свое гражданское судно, ни добиться компенсации за его потерю.

Беломорская компания уклонялась от активных шагов по вызволению команды «Графа

Румянцева» из французского и английского плена, ссылаясь на тяжелое финансовое положение и указывая, что «на возвращение их из Исландии, одежду и отправление до Архангельска понесено великие издержки». Фактически она перекладывала ответственность на правительство и своего покровителя Румянцева. Тем не менее, часть пленных освободалась постепенно благодаря усилиям российских дипломатов: одиннадцать матросов, вывезенных в Шотландию, вернулись в октябре 1806 года через Англию, группа из пятнадцати человек, находившихся во французском городе Аррас, получила от российского посла в Лондоне Максима Алопеуса 30 фунтов стерлингов на содержание и была возвращена лишь к концу 1807 года. Командор Кат и поверженный при помощи российского консула вернулись в Санкт-Петербург уже в сентябре 1806 года.

После гибели брига Беломорская компания окончательно отказалась от попыток организовать китобойный промысел по европейскому образцу. Компания направила прошение графу Румянцеву с просьбой о компенсации ущерба – около 68 тысяч рублей, – и надеялась на поддержку государства, но новых попыток построить китобойное судно или нанять иностранную команду не последовало. В дальнейшем компания ограничилась традиционными зверобойными промыслами на Шпицбергене и Новой Земле, а в 1813 году, вследствие финансового краха и затруднений со сбытом продукции, вызванных наполеоновскими войнами, была окончательно упразднена. Автор прямо указывает, что в России отсутствовали ключевые условия для развития китобойного промысла: поздний ледоход не позволял выходить в море весной, когда начинался сезон добычи, не было страховых и кредитных институтов, способных покрывать риски, не хватало квалифицированных кадров и традиции коллективного ведения такого промысла.

Книга очень небольшая – основной текст уместается на 80 страницах. Несмотря на обилие примечаний и отсылок к источникам, текст читается легко, а цитаты из архивных

документов придают ему особое обаяние. Благодаря им мы не только следим за основным сюжетом, но и узнаем интересные детали о жизни на Русском Севере XVIII-начала XIX века. Так, перечисленные среди взятых с собой на зимовку кормщиком Старостинным продуктов «кофе, сахар, чай, анкерок старого вина и анкерок доброй водки» определенно противоречат общепринятым представлениям о питании грумманланов в период зимовок. Автор отмечает: «обращает на себя внимание и обычай пить кофе, укоренившийся с XIX веке в ряде поморских селений. Так, жители Семжи во второй половине XIX в. имели обычай заваривать кофе в самоваре, без чего не начинался ни один день».

Описывая конфликты, возникавшие в Екатерининской гавани во время подготовки ко второму вояжу, Сергей Никонов упоминает, что один из дебоширов, матрос Гаврила Бархатов, находясь в Гавани, «весма дичат» и однажды «нетарусу замолол», из-за чего его забраковали для «избежания всякой нечаянности».

Напряженная переписка между Власом Ермолиным и Алексеем Поповым, сохранившаяся в документах Архангельского государственного архива, передает нарастающее беспокойство, тревожные слухи и постепенное осознание трагедии.

В письме от 21 июля 1806 года Ермолин пишет Попову: «Я с нетерпением ожидаю известия о китоловном нашем корабле, по довольном его в море пребывани(и). С чем-то Бог его откроет?»

В августе он сообщает: «Где-то наш Кат, все еще не имеем известия вернаго! А хоша и носятся здесь разныя слухи, и некоторыя очень были для нас куражныя, но не утвердительны».

Алексей Попов разделял это ожидание, но выражал его сдержаннее. В ответном письме он писал: «Китоловного корабля и сам нетерпеливо ожидаю. Дай Бох, хотя бы малой плод был!», – и позже добавлял: «Никак не могу его дожидатся».

В приложениях к книге представлены важные исторические документы: «разсуждение» Архангельской шестигласной думы от 15 мая 1800 года, в котором купцы дали свою оценку возможности развития китобойного промысла в России, показания членов команды брига «Граф Румянцев» о первом вояже в 1805 году и о трагических событиях второго вояжа в 1806 году, документы от поверенного Беломорской компании Федора Ерасова, содержащие описание захвата брига французскими фрегатами и последующей судьбы команды.

Среди иллюстраций мы находим портрет графа Румянцева, рисунок самого брига (предположительно), флаг Беломорской компании, чертежи поморских судов, жалобу командора Даля на правителя Беломорской компании Власа Ермолина и план Екатерининской гавани, где проходила подготовка «Графа Румянцева» ко второму вояжу.

Читать этот труд можно не только как реконструкцию конкретного исторического события, но и для понимания причин неудачи модернизационных проектов в имперской России. Автор показывает: даже при наличии воли, капитала и покровительства высокопоставленных лиц, такие начинания сталкивались с фундаментальными ограничениями – климатическими, экономическими и институциональными. В отличие от Европы, где китобойный промысел поддерживался государством и страховыми фондами, в России он оставался делом частной инициативы, чреватый катастрофой.

Книга будет интересна историкам, краеведам, студентам, а также всем, кто интересуется морской историей, освоением Арктики и судьбами русских промышленников. Это не просто сухое исследование, а живая история людей, оказавшихся на стыке амбиций, природы и мировой политики.

Подготовила Надежда Щур

ПАМЯТИ ОЛЕГА ГРИГОРЬЕВИЧА ГРОМОВА

2.12.1939 – 12.07.2025

IN MEMORY OF OLEG GRIGOREVICH GROMOV

2.12.1939 – 12.07.2025

12 июля на 86-м году жизни после тяжелой болезни скончался бывший сотрудник Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья Олег Григорьевич Громов.

В 1963 году Олег Григорьевич окончил Московский институт стали и сплавов и с тех пор более 57 лет проработал в Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья Кольского научного центра РАН, пройдя большой путь от старшего лаборанта до заведующего Сектором технологии перспективных материалов электронной техники и члена Ученого совета ИХТРЭМС КНЦ РАН. В 1975 году он защитил кандидатскую диссертацию.

Олег Григорьевич всегда был ответственным и исполнительным, отличным профессионалом, талантливым изобретателем, новатором. Он участвовал научных исследованиях, владел современными методами организации исследований и проведения экспериментов, связанных с разработкой технологий направленного синтеза неорганических веществ с заданными свойствами, опубликовал лично и в соавторстве 168 научных трудов, в том числе 65 авторских свидетельств и патентов, 63 научных статьи и около 40 тезисов докладов. Многие разработки Олега Громова внедрены на Харьковском заводе химреактивов и Ловозерском ГОКе.

Он был награжден знаком «Победитель социалистического соревнования 1974 года», бронзовой медалью ВДНХ, серебряной медалью ВДНХ, знаком «Изобретатель СССР».

Олег Григорьевич был очень творческим человеком. Чем бы он ни занимался – работой, наукой, походами в лес и на рыбалку – все де-



лал увлеченно, с азартом. Он был доброжелательным и отзывчивым человеком, всегда готовым прийти на помощь.

Выражаем глубокие соболезнования родным и близким, для которых он был дорогим, любящим человеком.

Светлая и добрая память об Олеге Григорьевиче останется в сердцах всех, кто работал и общался с ним.

ПАМЯТИ АНДРЕЯ АНАТОЛЬЕВИЧА ИВАНОВА

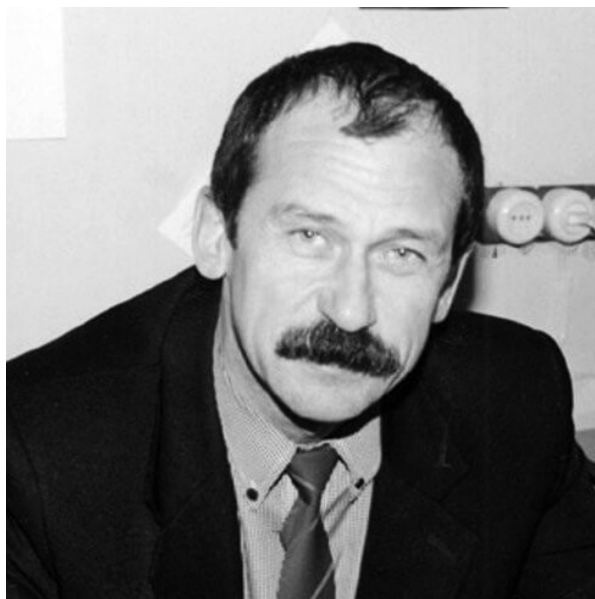
3.08.1965 – 13.07.2025

IN MEMORY OF ANDREY ANATOLYEVICH IVANOV

3.08.1965 – 13.07.2025

13 июля на 73-м году после продолжительной болезни ушел из жизни один из ветеранов Геологического института Андрей Анатольевич Иванов. Его отец – тоже геолог и сотрудник института – сразу после рождения Андрея Анатольевича привез его на Север. Андрей Анатольевич вырос в Апатитах, окончил восьмую (ныне первую) школу, затем геологический факультет Ленинградского государственного университета в 1974 году и в том же году поступил на работу в Геологический институт КФАН СССР. В самом начале своей трудовой жизни в Апатитах он на некоторое время переходил на работу в МВД, затем вернулся в институт и в 1987 году защитил кандидатскую диссертацию.

Андрей Иванов активно сочетал научную и научно-организационную работу с административной и общественной деятельностью. Он возглавлял профсоюзную организацию Кольского научного центра РАН, избирался членом Мурманского ОК КПСС, Президиума ЦК профсоюза работников образования и науки, депутатом Мурманской областной Думы на освобожденной основе. С 1998 по 2004 год Андрей Анатольевич был заместителем директора Геологического института по научной работе, по совместительству работал в должности заместителя директора по науке и интеграции в АФ МГТУ. Тяжелая болезнь не позволила ему продолжать разностороннюю активную деятельность, но свои последние трудовые годы на Севере он посвятил работе, уже на постоянной основе, в должности заместителя директора АФ МГТУ по науке и интеграции. И это не случайно, ведь он был одним из организаторов этого филиала и во время работы в Мурманской областной Думе приложил много уси-



лий к развитию в нем направлений, связанных с горным делом.

Основные научные интересы Андрея Иванова были связаны с исследованием вопросов формирования и эволюции геодинамических режимов раннедокембрийской континентальной коры. В период работы в ГИ он занимался обобщением материалов по древнейшим геологическим комплексам юго-запада Восточно-Европейского кратона (Украинский щит, Воронежский массив, кристаллический фундамент Беларуси). Андрей Анатольевич Иванов – автор более 90 научных публикаций.

На всех постах и во всех должностях Андрей Анатольевич Иванов оставался отзывчивым, доброжелательным человеком, готовым всегда прийти на помощь любому, кто к нему за ней обращался.

Коллеги выражают глубокое соболезнование родным и близким Андрея Анатольевича.

ПАМЯТИ ЛЮДМИЛЫ АЛЕКСАНДРОВНЫ ТИМОФЕЕВОЙ

01.08.1960 – 21.08.2025

IN MEMORY OF LYUDMILA ALEXANDROVNA TIMOFEYEVA

01.08.1960 – 21.08.2025

21 августа на 65-м году жизни ушла от нас Людмила Александровна Тимофеева.

Людмила Александровна – одна из самых опытных сотрудниц научно-организационного отдела КНЦ РАН, посвятила Кольскому научному центру более 30 лет. Она принимала активное участие в подготовке сводных отчетных и информационных материалов, проявляла себя как ответственный, инициативный и трудолюбивый сотрудник. В 2010 году Людмила Александровна работала над материалами для энциклопедии «Ученые Кольского научного центра РАН», а в 2007–2013 годах активно участвовала в подготовке статей для «Кольская энциклопедия», является автором нескольких статей.

Коллеги запомнили Людмилу Александровну как отзывчивого, доброжелательного и дисциплинированного человека, неизменно подходившего к работе с полной отдачей. Многие годы она была активным участником



профсоюзной жизни, занимая должности профорга и заместителя председателя профкома Управления КНЦ.

Память о Людмиле Александровне Тимофеевой навсегда останется в сердцах ее коллег и друзей.

Выражаем глубокие соболезнования родным и близким, для которых она была дорогим, любящим человеком.

ПАМЯТИ СЕРГЕЯ СЕРГЕЕВИЧА ИВАНОВА

21.05.1981 – 16.11.2025

IN MEMORY OF SERGEY SERGEEVICH IVANOV

21.05.1981 – 16.11.2025

16 ноября ушел из жизни Сергей Сергеевич Иванов, заведующим складом сектора материально-технического снабжения Управления земельно-имущественного комплекса КНЦ РАН.

Сергей Сергеевич работал в Кольском научном центре с 2004 года. Большая часть его трудовой деятельности прошла здесь. Он был не только хорошим специалистом, но и человеком с большим сердцем. Его трудолюбие и ответственность служили примером, а его готовность прийти на помощь не раз выручала многих работников КНЦ РАН.

Коллеги запомнили Сергея Сергеевича как доброго и отзывчивого человека, внимательного и корректного, неизменно подходившего к работе с полной самоотдачей.

Его уход является невосполнимой утратой и память о нем навсегда останется в сердцах его коллег и друзей.

Выражаем глубокие соболезнования родным и близким Сергея Сергеевича.



ПАМЯТИ ГЕННАДИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА ЕЛСАКОВА

18.07.1943 – 27.11.2025

IN MEMORY OF GENNADY VASILIEVICH YELSAKOV

18.07.1943 – 27.11.2025

27 ноября на 81-м году в Гатчине ушел из жизни бывший сотрудник Ботанического сада Геннадий Васильевич Елсаков.

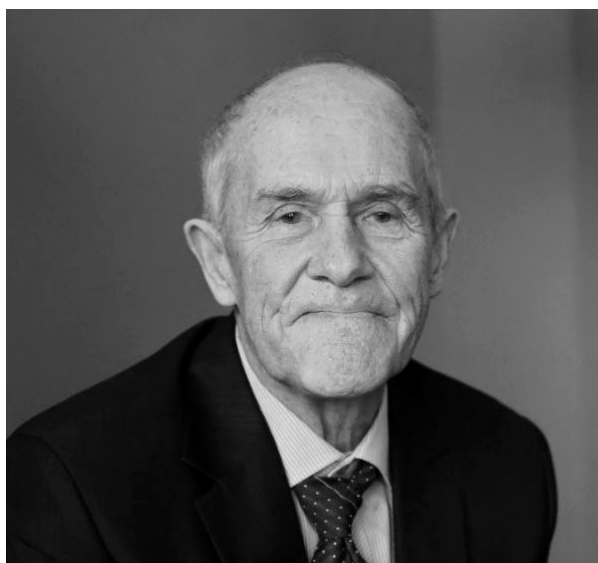
Геннадий Елсаков родился 18 июля 1943 года. В 1965 году окончил Ленинградский сельскохо-

зяйственный институт. Работал научным сотрудником на Полярной опытной станции ВИР. В 1981 году получил степень кандидата сельскохозяйственных наук за работу «Влияние минеральных удобрений на урожайность картофеля,

однолетних кормовых трав и содержание элементов питания в песчаных подзолистых почвах Мурманской области». С 1985 по 2000 год работал в Полярно-альпийском ботаническом саде-институте, где прошел путь от младшего до старшего научного сотрудника.

Геннадий Васильевич был известным специалистом в области агрохимии почв и удобрений в земледелии Мурманской области, исследовал роль органических и минеральных удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур в суровых климатических условиях. Впервые изучил микроэлементный состав окультуренных почв, кормовых и ягодных растений, роль микроудобрений в северном растениеводстве, предложил методы использования химических мелиорантов, органических и минеральных удобрений. Его рекомендации по основным вопросам агрохимии почв и растений успешно используют в практике северного земледелия.

Геннадий Елсаков первым в условиях Севера разработал агрохимические основы выращивания ягодных и лекарственных растений.



Его разработки отмечены бронзовыми медалями ВДНХ, а он награжден Почетной грамотой Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ.

Коллеги помнят и любят Геннадия Васильевича. Светлая память о нем навсегда останется в наших сердцах.

ПАМЯТИ ВИОЛАНТЫ ВЛАДИМИРОВНЫ РТВЕЛАДЗЕ

20.09.1936 – 8.12.2025

IN MEMORY OF VIOLANTA VLADIMIROVNA RTVELADZE

20.09.1936 – 8.12.2025

8 декабря на 90-м году ушла из жизни Виоланта Владимировна Ртвеладзе.

Виоланта Владимировна родилась 20 сентября 1936 года. Она окончила Московский институт цветных металлов и золота в 1959 году, защитила кандидатскую диссертацию на тему «Исследование процесса сульфатизации нитрозой шламов электролиза меди и никеля» в 1968 году и стала кандидатом технических наук. В 1973 году ей присвоено ученое звание старшего научного сотрудника по специаль-

ности «Металлургия цветных, благородных и редких металлов».

Много лет Виоланта Владимировна проработала в Кольском научном центре – с 1960 по 1994 год она была старшим лаборантом, младшим научным сотрудником, ученым секретарем, старшим научным сотрудником Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья. Как ученый секретарь института она много сделала для его развития и повышения ав-

торитета среди научных организаций Академии наук.

Виоланта Ртвеладзе была специалистом в области комплексной переработки медно-никелевого сульфидного сырья, изучала применение нитрозы для сульфатной переработки шламов электролиза цветных металлов, экстракцию цветных металлов и железа из хлоридных кобальтсодержащих растворов нейтральными экстрагентами, извлечение рения из растворов от выщелачивания суперсплава на основе никеля. Она стала автором около 70 научных работ, в том числе и изобретений.

Виоланта Владимировна стояла у истоков создания в Апатитах Кольского филиала Петрозаводского государственного университета (сейчас – филиала Мурманского арктического университета в городе Апатиты) и долгие годы проработала в нем – преподавателем, заместителем директора по учебной работе. Много сил отдавала общественной работе. Не раз была избрана депутатом Совета депутатов города Апатиты.

Ее самоотверженный труд, вклад в развитие науки, работу над развитием высшего образования в Апатитах и подготовку высокопрофессиональных кадров для Севера трудно переоценить. Виоланту Владимировну не раз отмечали наградами разного уровня. Ей при-



своены почетные звания ветерана труда, почетного гражданина города Апатиты.

Все, кому посчастливилось работать с Виолантой Ртвеладзе и общаться с ней, помнят, насколько целеустремленной, жизнерадостной и энергичной она была. Выражаем свои глубочайшие соболезнования родным и близким Виоланты Владимировны и скорбим вместе с ними.

ПАМЯТИ КОНСТАНТИНА ЮРЬЕВИЧА АНИСТРАТОВА

21.11.1957 – 11.12.2025

IN MEMORY OF KONSTANTIN YURIEVICH ANISTRATOV

21.11.1957 – 11.12.2025

11 декабря на 69-м году жизни скоропостижно скончался главный научный сотрудник Горного института КНЦ РАН, доктор технических наук Константин Юрьевич Анистратов.

Константин Юрьевич начал свой трудовой путь в 1979 году после окончания с отличием

Московского горного института по специальности «Технология и комплексная механизация открытой разработки месторождений полезных ископаемых». Значительную часть своей жизни он посвятил работе на горных предприятиях Кольского Заполярья. Автор множества

научных публикаций, в том числе справочника «Открытые горные работы – XXI век», который он подготовил совместно со своим отцом, академиком РАН Юрием Ивановичем Анистратовым. Инициатор создания высокорейтингового журнала «Горная промышленность».

Большой вклад Константин Анистратов привнес в теорию и практику использования карьерных экскаваторов и самосвалов. Его опыт, знания, профессионализм ученого были высоко востребованы при становлении и развитии ГГИС MINEFRAME.

Выражаем глубокие соболезнования родным и близким Константина Юрьевича. Память о нем останется на страницах истории Кольского научного центра РАН.



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

Журнал «Вестник Кольского научного центра РАН» ориентирован на информирование широкого круга научной общественности о наиболее значимых итогах исследований ученых Кольского научного центра, популяризацию междисциплинарных работ институтов центра, которые направлены на решение фундаментальных проблем исследований по формированию базы знаний о природной среде Арктической зоны РФ, прикладных исследований по созданию научной основы разработки и реализации рациональной стратегии освоения природного потенциала Севера России в интересах хозяйственного, социально-экономического и культурного развития региона.

В журнале представлен широкий спектр материалов о научной жизни Кольского научного центра РАН и принципиально важных событиях его истории и памяти выдающихся ученых региона, внесших неоценимый вклад в развитие российской науки.

Страницы журнала предоставлены исследователям не только из академических институтов, но и из других научных организаций, вузовской науки, нашим коллегам из ближнего и дальнего зарубежья. Издается с декабря 2009 г.

Материалы для опубликования в журнале «Вестник Кольского научного центра РАН» необходимо направлять по адресу vestnik2@ksc.ru.

Полный архив номеров: rio.ksc.ru/zhurnaly/vestnik. Страница журнала: ksc.ru/issledovaniya/zhurnaly/vestnik.

Структура статьи

Статья должна быть ясно изложена и четко структурирована. При этом в ее структуру необходимо включить следующее:

- **УДК.** УДК-код подбирается с учетом тематики научного направления статьи согласно актуальным таблицам уни-

версального десятичного классификатора;

- **название статьи, фамилия и инициалы автора(ов), название и адрес учреждения**, от которого подается статья (на русском языке), **электронный адрес автора**, с кем редакция будет вести переписку;
- **аннотация** (на русском языке, объем не более 500 знаков);
- **список ключевых слов** — не более 10 (на русском языке);
- **название статьи, имя и фамилия автора(ов), название и адрес учреждения**, от которого подается статья (на английском языке);
- **аннотация на английском языке**;
- **список ключевых слов** — не более 10 (на английском языке);
- **текст статьи.** В статьях экспериментального характера должны быть следующие разделы: Введение, Материал и методика исследований, Результаты и их обсуждение, Выводы (или Заключение);
- **благодарности**, ссылки на поддержку фондов;
- **список литературы**;
- **подписи** к таблицам, рисункам и фотографиям (на русском и английском языках).

Текст набирается 12-м кеглем шрифтом Times New Roman через 1,5 интервал (без интервалов

между абзацами) с полями слева, сверху и снизу – 2,5 см, справа – 1,5 см. Вместо литеры «ё» используется литера «е». Нужно различать употребление дефиса и тире. После точки и запятой всегда следует пробел. Латинские названия видов и родов растений, грибов и животных выделяются курсивом по всему тексту (*Quercus robur*). Авторов таксонов приводить не нужно, но в разделе «Материал и методика исследований» нужно сослаться на сводки, классификации и проч., по которым приводятся латинские названия таксонов.

Графические материалы (таблицы и рисунки) нумеруются в порядке упоминания их в тексте, если их количество больше одного.

Каждая таблица должна содержать свой заголовок, рисунок – подрисуночную подпись. Возможно использование таблиц, рисунков и фотографий только в пределах ширины страницы 170 мм.

Графический материал (таблицы и рисунки) представляются отдельным файлом/файлами. Файл с текстом статьи должен включать рисунки и таблицы.

Для рисунков тип файла рисунок jpeg или tiff разрешением не менее 300 dpi. Качество рисунка должно обеспечивать четкость передачи всех деталей. Обозначения кривых и на осях графиков должны быть набраны достаточно крупным шрифтом.

Все формулы должны быть созданы с использованием компонента Microsoft Equation или в виде четких картинок.

Абсолютно недопустимо использование Equation Editor внутри текста с целью сохранения неизменных межстрочных интервалов.

В качестве разделителя в десятичных дробях используется точка, а не запятая.

Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общепотребительных: названия мер, физических, химических и математических величин и терминов и т. п. Все величины должны быть выражены в единицах измерения, утвержденных ГОСТами или в Международной системе единиц (СИ). Названия учреждений при первом упоминании их в тексте даются полностью и сразу же в скобках приводится общепринятое сокраще-

ние, при повторных упоминаниях дается сокращенное название учреждений.

Отсылки на затекстовую библиографическую ссылку в списке литературы выполняются в квадратных скобках с указанием фамилии автора и через запятую года издания. Если цитируется несколько работ, то они перечисляются в хронологическом порядке, например: [Костылева, Бонштедт, 1921 ; Цинзерлинг, 1932 ; Макаров и др., 2018] (последний пример – если три и более авторов. Другой способ – указывать инициалы и фамилии авторов без скобок, а год издания – в квадратных скобках, например: А. Е. Ферсман [1968] указывал...

Список литературы

Все упомянутые в тексте источники должны быть приведены в конце рукописи в алфавитном порядке, сначала на русском языке и на языках с близким алфавитом (украинский, болгарский и др.), а затем работы на языках с латинским алфавитом. Надлежит использовать общепринятые сокращения названий журналов. Указываются все авторы цитируемой публикации независимо от их количества.

Используются затекстовые библиографические ссылки, внутритекстовые и подстрочные ссылки не рекомендуются (в крайнем случае, допускаются ссылки небиблиографического научного характера, например ссылка на ГОСТ, историографический акт и т. п.).

В список литературы не включаются неопубликованные работы и учебники.

Обязательным условием является указание в списках литературы DOI для тех работ, у которых он есть.

Для книг, в том числе монографий, приводятся фамилия автора, инициалы, полное название книги, место и год издания, общее число страниц. Если книга цитируется по названию, то авторы не приводятся, но через одну косую указывают ответственного редактора (редакторов).

Примеры

Ферсман А. Е. Воспоминания о камне. М.: Молодая гвардия, 1953. 194 с.

История формирования рельефа и рыхлых отложений северо-восточной части Балтийского щита / отв. ред. С. А. Стрелков, М. К. Граве. Л.: Наука, 1976. 164 с.

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques / Eds. P. V. Sundaram, F. L. Eckstein. N. Y.: San-Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

Статьи в журналах, трудах конференций, разделы монографий оформляются следующим образом: фамилия и инициалы автора (авторов), название работы (статьи, раздела и т. д.), две косые, название журнала (монографии, сборника материалов), год, место издания (для журнала не приводится), том, номер (для журнала), страницы от–до (т. е. первая и последняя страницы публикации).

Примеры

Статьи: Василевич В. И. Незаболоченные березовые леса Северо-Запада Европейской России // Бот. журн. 1996. Т. 81, № 11. С. 1–13.

Grove D. J., Loisesides L., Nott J. Satiation amount, frequency of feeding and emptying rate in *Salmo gairdneri* // J. Fish. Biol. 1978. Vol. 12, No. 4. P. 507–516. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1978.tb04195.x>

Макаров Д. В., Маслобоев В. А., Кошкина Л. Б., Сулименко Л. П., Светлов А. В., Мингалева Т. А., Денисова Ю. Л., Красавцева Е. А. Исследования по обоснованию снижения экологической опасности отходов горнопромышленного комплекса: основные результаты и перспективы научного направления // Тр. Кольского НЦ РАН. Прикладная экология Севера. Вып. 6. 2018. Т. 1, № 4. С. 104–160.

Раздел книги, монографии: Мартыненко В. Б., Широких П. С., Мулдашев А. А. Синтаксономия лесной растительности // Флора и растительность Южно-Уральского государственного природного заповедника. Уфа, 2008. С. 124–240.

Тезисы, материалы конференций: Чуракова О. В. «Великий северный путь» в проектах и мечтах художника Александра Борисова // Проблемы развития транспортной инфраструктуры Европейского Севера России: материалы

Межрегион. науч.-практич. конф. (Котлас, 6–7 апр. 2012 г.). СПб., 2012. Вып. 5. С. 126–132.

Интернет-документы приводятся с указанием режимa доступа и даты обращения.

Примеры

Kristinsson H., Hansen E. S., Zhurbenko M. Panarctic lichen checklist. 2006. URL: <http://archive.arcticportal.org/276/01/Panarctic-lichen-checklist.pdf> (дата обращения: 25.11.2019).

Kusber W.-H., Jahn R. Annotated list of diatom names by Horst Lange-Bertalot and co-workers. 2003. Vers. 3.0. URL: http://www.algaterra.org/Names_Version3_0.pdf (дата обращения: 24.02.2019).

Диссертации и авторефераты: после названия работы через двоеточие указывается: автореф. дис. ... канд. хим. наук (д-ра хим. наук), т. е. конструкция «на соискание ученой степени» заменяется многоточием с указанием степени и области научного знания, затем город, год и число страниц.

Примеры

Светлов А. В. Научное и экспериментальное обоснование методов повышения извлечения цветных металлов из некондиционных медно-никелевых руд и техногенного сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2019. 23 с.

Лозовик П. А. Гидрогеохимические критерии состояния поверхностных вод гумидной зоны и их устойчивости к антропогенному воздействию: дис. ... д-ра хим. наук. Петрозаводск, 2006. 481 с.

Ссылки на патенты: Пат. РФ № 2000130511/28. 04.12.2000.

Опико-электронный аппарат: пат. 212745 Рос. Федерация. 1998. Бюл. № 33.

Пат. 2199734 Рос. Федерация. Способ электрохимического анализа. № 2000130511/28; заявл. 04.12.2000; опубл. 27.11.2002. 2с.

Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить редакционную правку, в том числе в название работы. В печать передаются только доработанные и отредактированные рукописи.



КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

184209, Мурманская область, г.Апатиты, ул.Ферсмана, 14

KOLA SCIENCE CENTRE

14, Fersman str., Apatity, Murmansk region, 184209, RUSSIA

