



ФИЦ
КНЦ
РАН

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

ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

2/2022



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

В. А. МАСЛОБОВЕВ, д. т. н.

Н. К. БЕЛИШЕВА, д. б. н.

Н. Е. КОРОЛЕВА, к. б. н. (ПАБСИ КНЦ РАН)

В. Е. ИВАНОВ, д. ф.-м. н.

А. А. КОЗЫРЕВ, д. т. н., проф.,
заслуженный деятель науки РФ

В. В. МЕГОРСКИЙ, к. м. н.

Д. В. МОИСЕЕВ, к. г. н. (ММБИ РАН)

А. Г. ОЛЕЙНИК, д. т. н.

Т. В. РУНДКВИСТ, к. г.-м. н.

С. В. ФЕДОСЕЕВ, д. э. н.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Б. В. ЕФИМОВ, д. т. н., проф., заслуженный энергетик РФ

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

Б. В. КОЗЛОВ, д. ф.-м. н. (ПГИ)

Н. Е. КОЗЛОВ, д. г.-м. н., проф.

С. А. КУЗНЕЦОВ, д. х. н.

Ф. Д. ЛАРИЧКИН, д. э. н., проф.,
заслуженный экономист РФ

С. В. ЛУКИЧЕВ, д. т. н.

Д. В. МАКАРОВ, д. т. н.

Г. Г. МАТИШОВ, академик РАН, д. г. н., проф.
(ЮНЦ РАН)

А. И. НИКОЛАЕВ, чл.-корр. РАН, д. х. н., проф.,
заслуженный деятель науки РФ

В. А. ПУТИЛОВ, д. т. н., проф.

И. А. РАЗУМОВА, д. и. н., проф.

Ответственные редакторы выпуска

Е. А. БОРОВИЧЕВ, Н. Е. КОРОЛЕВА

Выпускающий редактор Н. В. ЩУР

Корректор С. А. ШАРАМ

Подписано в печать 30.04.2022

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>

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

V. A. MASLOBOEV, Dr. Sci. (Eng.)

N. K. BELISHEVA, Dr. Sci. (Bio)

N. E. KOROLEVA, PhD (Bio), PABGI KSC RAS

V. E. IVANOV, Dr. Sci. (Phys. & Math.)

**A. A. KOZYREV, Dr. Sci. (Eng.),
Honoured Scientist of the RF, Prof.**

V. V. MEGORSKY, PhD (Medicine)

D. V. MOISEEV, PhD (Geography), MMBI RAS

A. G. OLEJNIK, Dr. Sci. (Eng.)

T. V. RUNDKVIST, PhD (Geol. & Mineral.)

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

EDITORIAL COUNCIL

**B. V. EFIMOV, Dr. Sci. (Eng.),
Honoured Power Engineer of the RF, Prof.**

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

B. V. KOZELOV, Dr. Sci. (Phys. & Math.), PGI

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

S. A. KUZNETZOV, Dr. Sci. (Chem.)

**F. D. LARICHKIN, Dr. Sci. (Econ.),
Honoured Economist of the RF, Prof.**

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

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

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

**A. I. NIKOLAEV, Corr. Member of RAS, Dr. Sci. (Chem.),
Honoured Scientist of the RF, Prof.**

V. A. PUTILOV, Dr. Sci. (Eng.), Prof.

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

Executive Editors: E. A. BOROVICHEV, N. E. KOROLEVA

Issuing Editor: N. V. SHCHUR

Proofreader: S. A. SHARAM

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

С. М. Аксенов, Д. В. Дейнеко	КРИСТАЛЛОХИМИЯ И ДИЗАЙН НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С МИНЕРАЛОПОДОБНЫМИ СТРУКТУРАМИ: ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ С ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ	7
Е.Н. Фомина, Е.Н. Козлов	КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ КАРБОНАТИТОВ МАССИВА ВУОРИЯРВИ (КОЛЬСКИЙ РЕГИОН) И МОДЕЛЬ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ	17
В.С. Долматов	ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ «КАРБИД ТУГОПЛАВКОГО МЕТАЛЛА – УГЛЕРОДНОЕ ВОЛОКНО» И ИЗУЧЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ	24

ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА. ХРОНИКИ

ОБСУДИТЬ ЗАПАСЫ, ПОДСЧИТАТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ: ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПРОВЕЛ ОЧЕРЕДНУЮ ФЕРСМАНОВСКУЮ СЕССИЮ	29
ЭКСПЕРТЫ ПОРА ОБСУДИЛИ БИОРАЗНООБРАЗИЕ	31
«КАМЕННЫЙ ЦВЕТОК» В АПАТИТАХ	34
АРКТИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ТУРИЗМА В АПАТИТАХ	36
В ИНСТИТУТЕ ХИМИИ ВСТРЕТИЛИСЬ МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ	39
СОСТОЯЛИСЬ ВЫБОРЫ ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА	42
ВИЗИТ ГУБЕРНАТОРА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	43
ИЗМЕНЕНИЯ В УСТАВЕ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА: ПОПОЛНЕНИЕ И ПЕРЕИМЕНОВАНИЕ	45
РУКОВОДИТЕЛЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ИЗБРАН АКАДЕМИКОМ РАН	46
ОРДЕНА ДРУЖБЫ ДЛЯ ДИРЕКТОРОВ ИНСТИТУТА ХИМИИ И ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА	47
ПОЗДРАВЛЯЕМ КАНДИДАТОВ НАУК!	48
ЗАСЛУЖЕННЫЕ РАБОТНИКИ ГОРОДА АПАТИТЫ ИЗ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА	50

ЮБИЛЕИ И ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫЕ ДАТЫ

К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА ГУСАКА	52
К ЮБИЛЕЮ ВЕРЫ АЛЕКСЕЕВНЫ ЗАХТЕЕВОЙ	53
К ЮБИЛЕЮ СВЕТЛАНЫ АФАНАСЬЕВНЫ ШАРАМ	54
К ЮБИЛЕЮ ВЛАДИМИРА КОНСТАНТИНОВИЧА ЖИРОВА	54

СОДЕРЖАНИЕ

К ЮБИЛЕЮ МИХАИЛА НИКОЛАЕВИЧА ПЕТРОВСКОГО	55
К ЮБИЛЕЮ НИКОЛАЯ ЕВГЕНЬЕВИЧА КОЗЛОВА	56
К ЮБИЛЕЮ ГАЛИНЫ ВЛАДИМИРОВНЫ КОБЫЛИНСКОЙ	57
К ЮБИЛЕЮ ГЕННАДИЯ ВАЛЕРИАНОВИЧА КАЛАБИНА	58
К ЮБИЛЕЮ ЛИДИИ МУХЕТОВНЫ КАБДУЛОВОЙ	59
К ЮБИЛЕЮ АНДРЕЯ АНАТОЛЬЕВИЧА ИВАНОВА	60
К ЮБИЛЕЮ АНДРЕЯ ГРИГОРЬЕВИЧА ОЛЕЙНИКА	60
К ЮБИЛЕЮ МАРКА МИХАЙЛОВИЧА ШАХНОВИЧА	61
К ЮБИЛЕЮ АНАТОЛИЯ ДАНИЛОВИЧА КОРЧАКА	62
К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ ВЛАДИМИРОВИЧА КРИВОВИЧЕВА	63

РЕЦЕНЗИИ. БИБЛИОГРАФИИ

СТРУКТУРНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ: НОВАЯ КНИГА СЕРГЕЯ КРИВОВИЧЕВА	65
ИСТОРИКИ И АНТРОПОЛОГИ КАРЕЛИИ И МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ РАССКАЗАЛИ О НАСЕЛЕНИИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА МЕЖДУ ДВУМЯ МИРОВЫМИ ВОЙНАМИ	66
КАК ПРАВИЛЬНО ГУЛЯТЬ ПО БОТАНИЧЕСКОМУ САДУ	68
ВЫШЕЛ ВТОРОЙ НОМЕР ЖУРНАЛА «СЕВЕР И РЫНОК»	70
АПАТИТСКИЕ ЭКОНОМИСТЫ НАПИСАЛИ КНИГУ ОБ ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АРКТИКИ	72
ТРУДЫ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА: ОКЕАНОЛОГИЯ	74

ПАМЯТИ УШЕДШИХ

ПАМЯТИ ЛЮДМИЛЫ ЯКОВЛЕВНЫ КАГАН	76
ПАМЯТИ МАКСИМА ВИКТОРОВИЧА ШАЙДУКА	77
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»	78

КРИСТАЛЛОХИМИЯ И ДИЗАЙН НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С МИНЕРАЛОПОДОБНЫМИ СТРУКТУРАМИ: ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ С ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

С. М. Аксенов, Д. В. Дейнеко

Лаборатория арктической минералогии и материаловедения, Центр наноматериаловедения, Кольский научный центр, aks.crys@gmail.com

В работе обобщаются промежуточные данные, полученные в результате систематического исследования ряда минералов и их синтетических аналогов, что позволило сделать выводы об особенностях их строения, а также выявить некоторые корреляции между структурными особенностями и некоторыми физическими свойствами. Показано, что структурные типы минералов, благодаря своей огромной изоморфной емкости, пригодны в качестве прототипов для получения материалов с широкими вариациями химических составов и заданными физическими свойствами.

Ключевые слова:

физика минералов, кристаллохимия, структурные типы, минералы, материалы, Арктика

CRYSTAL CHEMISTRY AND DESIGN OF NEW MATERIALS WITH MINERAL-RELATED STRUCTURES: THE STRUCTURE-PROPERTIES RELATIONSHIP

S. M. Aksenov, D. V. Deyneko

Laboratory of Arctic mineralogy and material sciences, Center for Nanomaterials, Kola Science Centre, aks.crys@gmail.com

The intermediate data was summarized based on the results of a systematic study of minerals and their synthetic analogues. That allows to draw conclusions about the features of their structure, as well as to identify some correlations between structural features and some physical properties. It is shown that the structural types of minerals are suitable as prototypes for obtaining materials with wide variations in chemical compositions and specified physical properties due to their isomorphous capacity.

Keywords:

physics of minerals, crystal chemistry, structural types, minerals, materials, Arctic zone

Введение

Бурное развитие физики минералов, связанное с усовершенствованием лабораторного оборудования, позволило по-новому взглянуть на минералы с точки зрения задач современного материаловедения. Таким образом был сформу-

лирован новый раздел минералогии «Минералы – перспективные материалы» [Dermeier, 2009], который охватывает не только природные соединения, но и их синтетические аналоги [Krivovichev, 2008; 2012]. Примерами успешного использования минералогических данных могут служить открытия новых цеолитоподобных материалов,

перспективных с точки зрения сорбционных и ионообменных свойств [Чуканов и др., 2005], матриц для захоронения токсичных и радиоактивных отходов [Стефановский и др., 2016], оптически активных сред полупроводниковых материалов [Gaft et al., 2005; Kaminskii, 2007], а также материалов, характеризующихся низкоразмерными магнитными свойствами [Vasiliev et al., 2015]. Ряд соединений с минералоподобными структурами (в частности, фосфаты) рассматриваются в качестве основы литий-ионных аккумуляторов благодаря своей термодинамической и кинетической стабильности [Antipov et al., 2015].

В данной работе представлено обобщение некоторых промежуточных данных, полученных в результате систематического исследования ряда минералов и их синтетических аналогов, что позволило сделать выводы об особенностях их строения, а также выявить некоторые корреляции между структурными особенностями и некоторыми физическими свойствами.

Соединения со структурным типом апатита

Природные и синтетические представители структурного семейства апатита имеют

общую формулу $(Z = 2) \text{ }^{IX}\text{M}_{12} \text{ }^{VII}\text{M}_{23} (\text{IV}\text{TO}_4)_3 \text{X}$ [White et al., 2005; Pasero et al., 2010]. При этом благодаря широкому вариациям химических составов как в катионной, так и в анионной части, число представителей данного семейства ежегодно пополняется. Особый интерес связан с синтетическими представителями, как стабильными неорганическими матрицами для допирования редкоземельными ионами с целью получения новых люминесцентных материалов [Liu et al., 2022].

Нами был предложен новый подход к уменьшению ширины запрещенной зоны, основанный на анионных замещениях в соединениях с общей формулой $\text{Ca}_9\text{R}(\text{PO}_4)_5(\text{XO}_4)\text{F}_2$ ($\text{R} = \text{La}^{3+}, \text{Eu}^{3+}$; $\text{X} = \text{Si}^{4+}, \text{Ge}^{4+}, \text{Sn}^{4+}, \text{Mn}^{4+}$) [Liu et al., 2021]. Выполненные DFT расчеты показали, что непрерывное внедрение $[\text{XO}_4]^{4-}$ -тетраэдров ($\text{X} = \text{Si}^{4+}, \text{Ge}^{4+}, \text{Sn}^{4+}, \text{Mn}^{4+}$) в кристаллическую структуру может значительно уменьшить ширину запрещенной зоны, особенно в случае гомовалентного $[\text{PO}_4]^{4-} \rightarrow [\text{MnO}_4]^{4-}$ замещения (Рис. 1). Расчетная и экспериментальная ширины запрещенной зоны синтезированного соединения $\text{Ca}_9\text{La}(\text{PO}_4)_5(\text{MnO}_4)\text{F}_2$ составили 0.80 и 2.57 эВ, соответственно, что является оптимальным для дальнейшего применения данного материала в солнечных элементах. Установлено, что уровни энергии

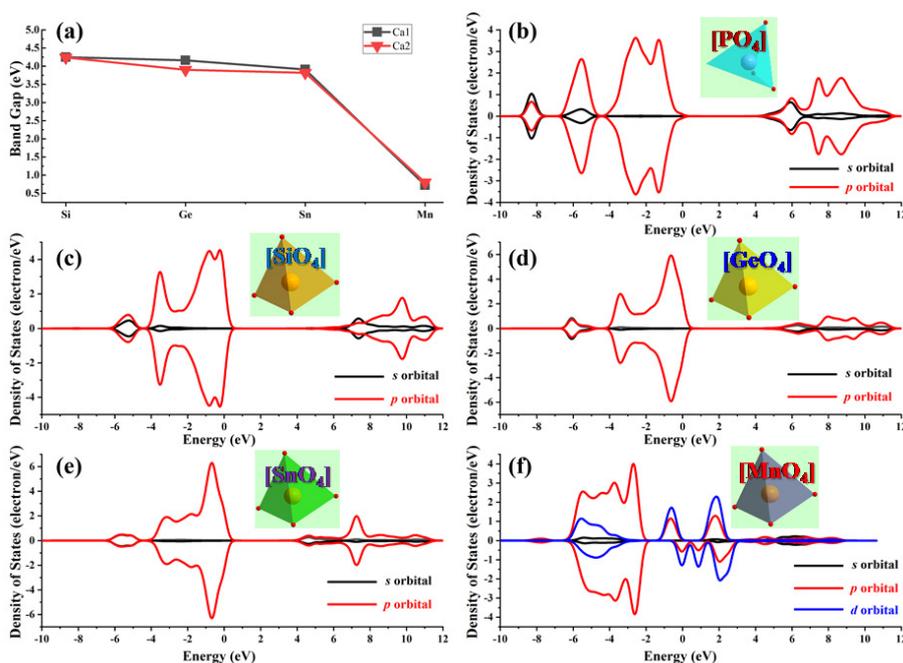


Рис. 1. Рассчитанные зоны проводимости для соединений с общей формулой $\text{Ca}_9\text{La}(\text{PO}_4)_5(\text{XO}_4)\text{F}_2$ ($\text{X} = \text{Si}, \text{Ge}, \text{Sn}, \text{Mn}$) (a), а также локальные плотности состояний для $[\text{PO}_4]^{4-}$, $[\text{SiO}_4]^{4-}$, $[\text{GeO}_4]^{4-}$, $[\text{SnO}_4]^{4-}$ и $[\text{MnO}_4]^{4-}$ -тетраэдров (b-f) [Liu et al., 2022].

$[\text{XO}_4]^{4-}$ тетраэдра вызывают сдвиг потолка валентной зоны вверх и приводят к существенному уменьшению ширины запрещенной зоны, что также подтверждается экспериментальными данными.

Соединения со структурным типом $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (аналог минерала витлокита)

Неорганические соединения со структурным типом $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (аналог минерала витлокита) характеризуются широким набором оптических и нелинейно-оптических свойств [Лазорьяк, 1996; Deyneko et al., 2019; Nikiforov et al., 2022] благодаря тому, что их структуры могут быть как полярными, так и неполярными. Их общая формула имеет вид ($Z = 6$): $\text{Ca}_{10.5-0.5(x-2y-3z)}\text{A}^+\text{B}^{2+}_y\text{R}^{3+}_z(\text{TO}_4)_7$, где $\text{A}^+ - \text{Li, Na, K}$; $\text{B}^{2+} - \text{Ca, Sr, Cu, Zn, Fe, Ni}$; $\text{R}^{3+} - \text{REE}^{3+}, \text{Bi}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Al}^{3+}, \text{In}^{3+}$; $\text{T} - \text{P}^{5+}, \text{V}^{5+}$. Благодаря наличию вакансий в структурном типе $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и большому числу неэквивалентных позиций возможно осуществлять гомо- и гетеровалентные катионные замещения в довольно широком диапазоне составов. На данный момент уже достаточно хорошо изучены области существования различных твердых растворов, а также особенности распределения катионов по позициям структуры и влияние подобных замещений на люминесцентные, сегнетоэлек-

трические и нелинейно-оптические свойства. В частности, для детального изучения взаимосвязи распределения редкоземельных элементов люминесцентными свойствами были исследованы две серии твердых растворов $\text{Ca}_{9.5-1.5x}\text{MgEu}_x(\text{PO}_4)_7$ и $\text{Ca}_{9-x}\text{Zn}_x\text{Eu}(\text{PO}_4)_7$, а особенности их строения изучены, в том числе, с помощью мессбауэровской спектроскопии на ядрах ^{151}Eu в сочетании с рентгеноструктурным анализом, диэлектрической и люминесцентной спектроскопии [Deyneko et al., 2020; 2021].

При этом тетраэдрические анионные замещения в структурном типе $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ изучены не так детально. Однако они представляют значительный интерес как с кристаллохимической точки зрения (определяя границы устойчивости данного структурного типа), так с практической точки зрения, открывая возможности установления связей строение-свойства и синтеза соединений с заданными характеристиками.

По данным уточнения кристаллических структур смешанных фосфатов-германатов общей формулой $\text{Ca}_{8+0.5x}\text{ZnEu}(\text{PO}_4)_{4.7-x}(\text{GeO}_4)_x$ ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.4$) (Рис. 2) со структурным типом $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ методом Ритвельда установлено, что гетеровалентное анионное замещение $\text{P}^{5+} \rightarrow \text{Ge}^{4+}$ компенсируется по заряду по следующей структурной схеме: $[\text{PO}_4]^{3-}$

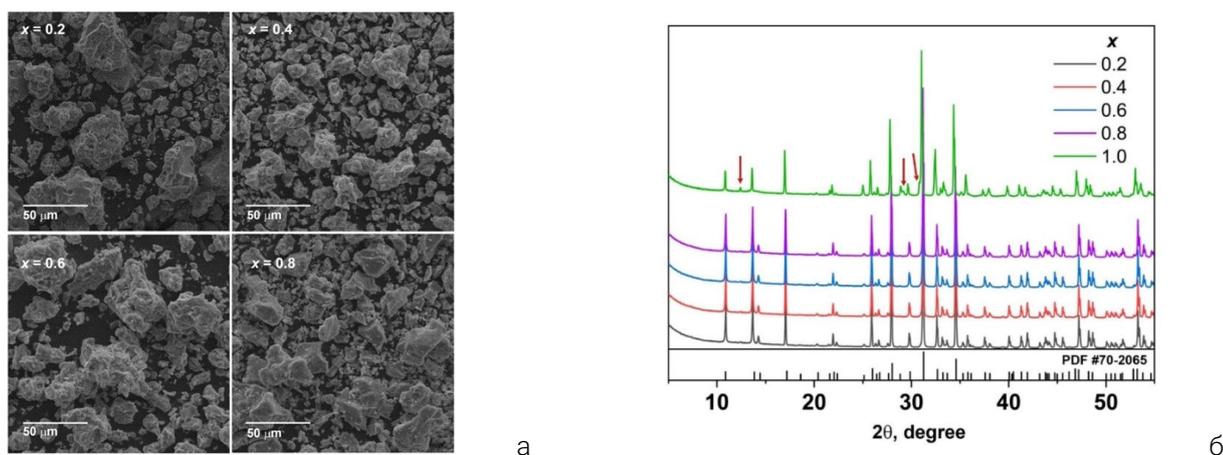


Рис. 2. Изображение полученных образцов состава $\text{Ca}_{8+0.5x}\text{ZnEu}(\text{PO}_4)_{4.7-x}(\text{GeO}_4)_x$ ($x = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$) в электронном микроскопе (а) и их порошковые рентгенодифракционные профили (б). Красными стрелками показаны дополнительные пики от примесной фазы [Deyneko et al., 2022].

$+ \frac{1}{2}\square \rightarrow [\text{GeO}_4]^{4-} + \frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}$ [Deyneko et al., 2022]. Необходимое дополнительное количество ионов Ca^{2+} было обнаружено в М4-позиции. Таким образом, в соединениях со структурным типом $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ компенсация заряда в случае гетеровалентного анионного замещения не может достигаться за счет разупорядоченных кислородных вакансий (как это было ранее показано для схожего соединения).

Присутствие Ca^{2+} в М4-позиции приводит к полярной структуре с пространственной группой $R3c$, что было подтверждено генерацией второй оптической гармоники для всех однофазных образцов. Установлено, что в структуре ион Ge^{4+} предпочтительно располагается в Т04-тетраэдре, который располагается на оси третьего порядка и связан через общие кислородные вершины с катионными центрами М1-М5-позиций.

Полученные результаты позволили по-новому взглянуть на процесс улучшения люминесцентных свойств неорганических соединений со структурным типом $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ путем гетеровалентных анионных замещений. Данные результаты открывают широкие перспективы для кристаллохимического дизайна новых семейств люминофоров с улучшенными цветовыми характеристиками.

Соединения семейства гетерофиллосиликатов

Природные и синтетические титаносиликаты семейства гетерофиллосиликатов характеризуются общей формулой $A_k\{M_{3n+1}O_{2n}[L_2O_2(Si_{2n}O_{5n+2})_2O_m^*]\}$ [Hawthorne, 2012], а в основе их структуры лежат трехслойные НОН-модули [Ferraris, Gula, 2005; Расцветаева, Аксенов, 2011]. При этом некоторые представители данного семейства обладают микропористым строением, что делает их перспективными материалами с потенциальными сорбционными и ионообменными свойствами [Ferraris et al., 2008; Lin et al., 2011]. Ранее было показано, что в надкритических условиях (в температурном интервале 400 – 600°C при давлении 1000 кг/см²) астрофиллит ($n=1$) проявляет ионообменные свойства. В частности, при этих условиях мо-

гут быть реализованы процессы замещения K^+ ионами Na^+ , Rb^+ и Cs^+ [Челищев, 1973].

По данным теоретического топологического анализа установлено, что каркасные представители надгруппы астрофиллита обладают одномерными каналами проводимости ионов Na^+ , K^+ , Ag^+ , Pb^{2+} и Rb^+ вдоль направления (100) (Рис. 3а), тогда как ион Cs^+ слишком крупный и не может мигрировать вдоль канала [Аксенов и др., 2022]. Аналогичный характер проводимости установлен также и для структурного типа нафертисита ($n=3$) [Chukanov et al., 2021a]. Характер ионной проводимости изменяется с одномерного на двумерный при использовании ионов Li^+ : благодаря малому радиусу возможна их миграция между соседними каналами (Рис. 3б), аналогично структурному типу нафертисита. Сравнительная характеристика путей проводимости для различных катионов в титаносиликатах семейства гетерофиллосиликатов приведена в Табл. 1.

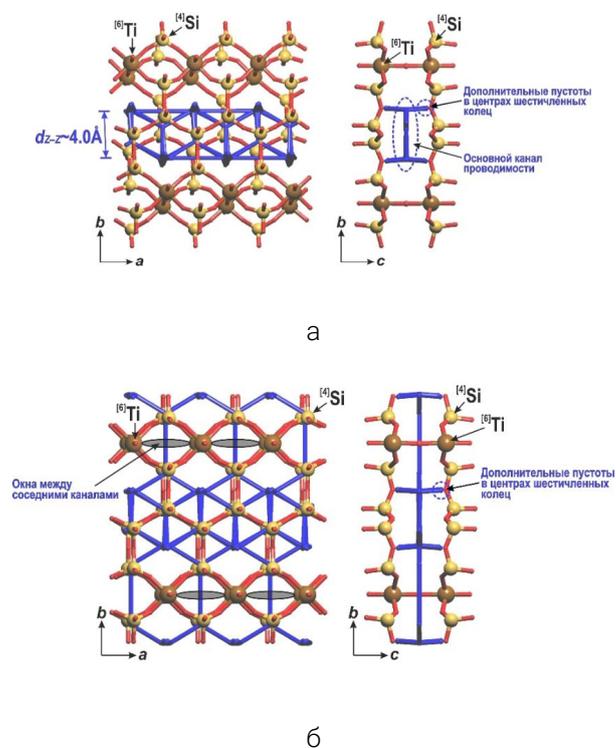


Рис. 3. Пути миграции в структурном типе астрофиллита-1А/-2М катионов Na , Ag , Pb , K , Rb (а) и Li (б) [Аксенов и др., 2022].

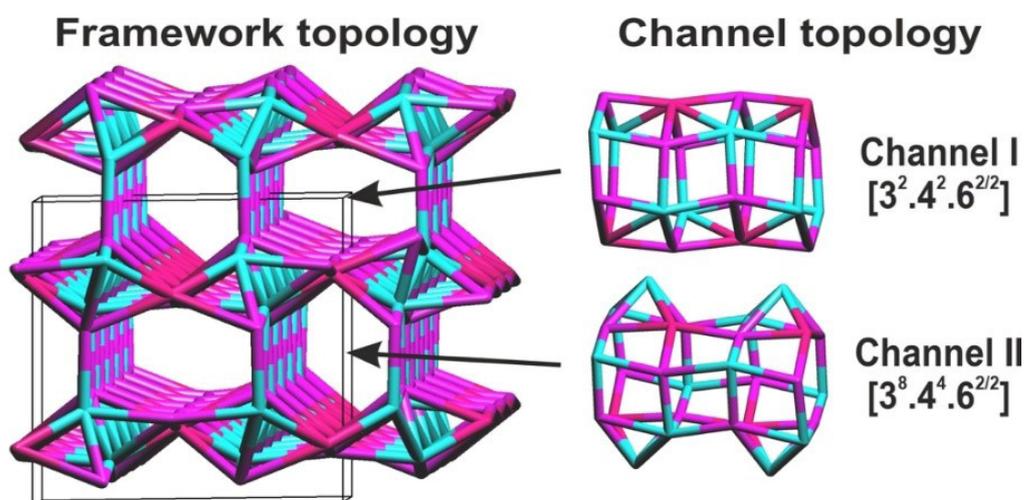


Рис. 4. Общий вид катионной 3D-сетки аллюадитового типа и топологические особенности каналов [Aksenov et al., 2021].

Соединения со структурным типом аллюадита

Минералы и неорганические соединения со структурным типом аллюадита описываются общей формулой $[A_2A_2'A_2''_2][A_1A_1'A_1''_2]\{M_1M_2(TX_4)_3\}$, где М и Т – октаэдрические и тетраэдрические катионы, соответственно; А1, А1' и А1'' – катионы, располагающиеся в канале I; А2, А2' и А2'' – катионы, располагающиеся в канале II; фигурными и квадратными скобками выделены составы смешанного

гетерополиэдрического МТ-каркаса и внекаркасные катионы, соответственно [Якубович и др., 2016; Hatert, 2019].

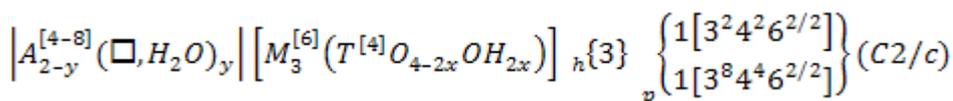
Благодаря широкому изоморфизму в катионной и анионной части, соединения со структурным типом аллюадита привлекают интерес в качестве перспективных материалов, обладающих различными физическими свойствами, и рассматриваются как потенциальные катоды для литий-ионных аккумуляторов [Trad et al., 2010; Barpanda et al., 2014].

Таблица 1.
Сравнительные характеристики каналов в гетерофиллосиликатах

Структурный тип / НОН-модуль	Топология канала	ЭШК (Å)	Характер проводимости				
			Li	Na	Ag	Pb, K, Rb	Cs
Астрофиллит-1А /-2М $\{M_7O_4[{}^6LO(Si_4O_{12})\Theta_{0,5}{}_2]\}$	$\{1[6^612^{2/2}][100]\}$	1.5 × 9.2	2D	1D	1D	1D	–
Нафертисит $\{M_{10}O_6[{}^6LO(Si_6O_{17})\Theta_{0,5}{}_2]\}$	$\{1[6^812^{2/2}][100]\}$	2.2 × 13.5	2D	1D	1D	1D	1D
Вебленит $\{M_{17}O_{10}[{}^6L_2O_2(Si_2O_7)(Si_8O_{22})\Theta^*{}_2]\}$	$\{1[6^{4/2}][100]\}$	0.9 × 5.0	2D	1D	0D	–	–
	$\{1[6^{10}20^{2/2}][100]\}$	4.1 × 17.2		1D	1D	1D	1D

Примечание: ЭШК – эффективная ширина канала.

Гетерополиэдрический МТ-каркас аллюодитового типа образован двумя MX_6 -октаэдрами и двумя TX_4 -тетраэдрами (Рис. 4) [Aksenov et al., 2021]. Анионные X-лиганды представлены «мостиковыми» атомами кислорода (p^{II} -лиганды),



В зависимости от характера заполнения каналов катионами переходных элементов можно выделить четыре подтипа МТ-каркасов:

1. Аллюодитовый подтип (исходный).
2. Йохиллеритовый подтип.
3. $\text{KCd}_3(\text{VO}_4)_3$ -подтип.
4. Кейитовый подтип.

Таким образом, различные варианты их заполнения атомами переходных элементов существенным образом сказываются как на общей стехиометрии каркаса, так и на топологических особенностях его производных (за счет включения в катионную подрешетку внекаркасных атомов). Сравнительные топологические характеристики приведены в табл. 2.

Представители структурного семейства канкринита

Природные представители группы канкринита [Bonaccorsi, Merlino, 2005] объединяют

а также «бантиковыми» кислородами (p^{III} -лиганды). С учетом требований Международной цеолитной ассоциации (IZA) кристаллохимическую формулу можно записать в виде [Aksenov et al., 2021]:

тригональные или гексагональные фельдшпатоиды, основу структуры которых составляет микропористый тетраэдрический каркас, крупные пустоты которого заполнены катионами щелочных и щелочноземельных элементов (преимущественно Na^+ , K^+ , Ca^{2+}), анионами (Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , SO_3^{2-} , PO_4^{3-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, OH^- , F^- , S_n^{m-}) и/или нейтральными молекулами (H_2O и CO_2). При этом, с точки зрения Международной цеолитной ассоциации (IZA), данная группа намного шире и охватывает не только минералы группы канкринита (как таковые) и их синтетические аналоги, но также и их многослойные аналоги (среди которых и минералы группы содалита). Таким образом, в настоящее время принято выделять структурное семейство канкринита (ССК), представители которого характеризуются схожим принципом строения тетраэдрического каркаса [Chukanov et al., 2021b].

Тетраэдрические каркасы представителей ССК относятся к АВС-6 семейству, которые образованы строительными блоками,

Таблица 2. Топологические особенности смешанных МТ-каркасов, производных от аллюодитового типа

Тип МТ-каркаса	Набор натуральных тайлингов	Параметры сложности		
		v (ат.)	I_G (бит/ат.)	I_G^{total} (бит/эл.яч.)
Аллюодитовый	$[4^3]_2[3^2 4^2]_4[3^2 4^2 6^2]_2[3^8 4^4 6^2]$	36	3.281	118.117
Йохиллеритовый	$[4^3]_2[3^2 4^2]_2[3^4 4^2][3^2 4^2 6^2]_2[3^{20} 4^4]$	38	3.406	129.421
$\text{KCd}_4(\text{VO}_4)_3$	$[3^2 4^2]_2[3^2 4^3]_2[3^4 4^2][3^2 4^2 6^2]_2[3^{10} 4^3]_2$	38	3.406	129.421
Кейитовый	$[4^3]_2[3^4]_2[3^4 4^2]_3[3^6 4^3]_2[3^{20} 4^4]$	40	3.522	140.877

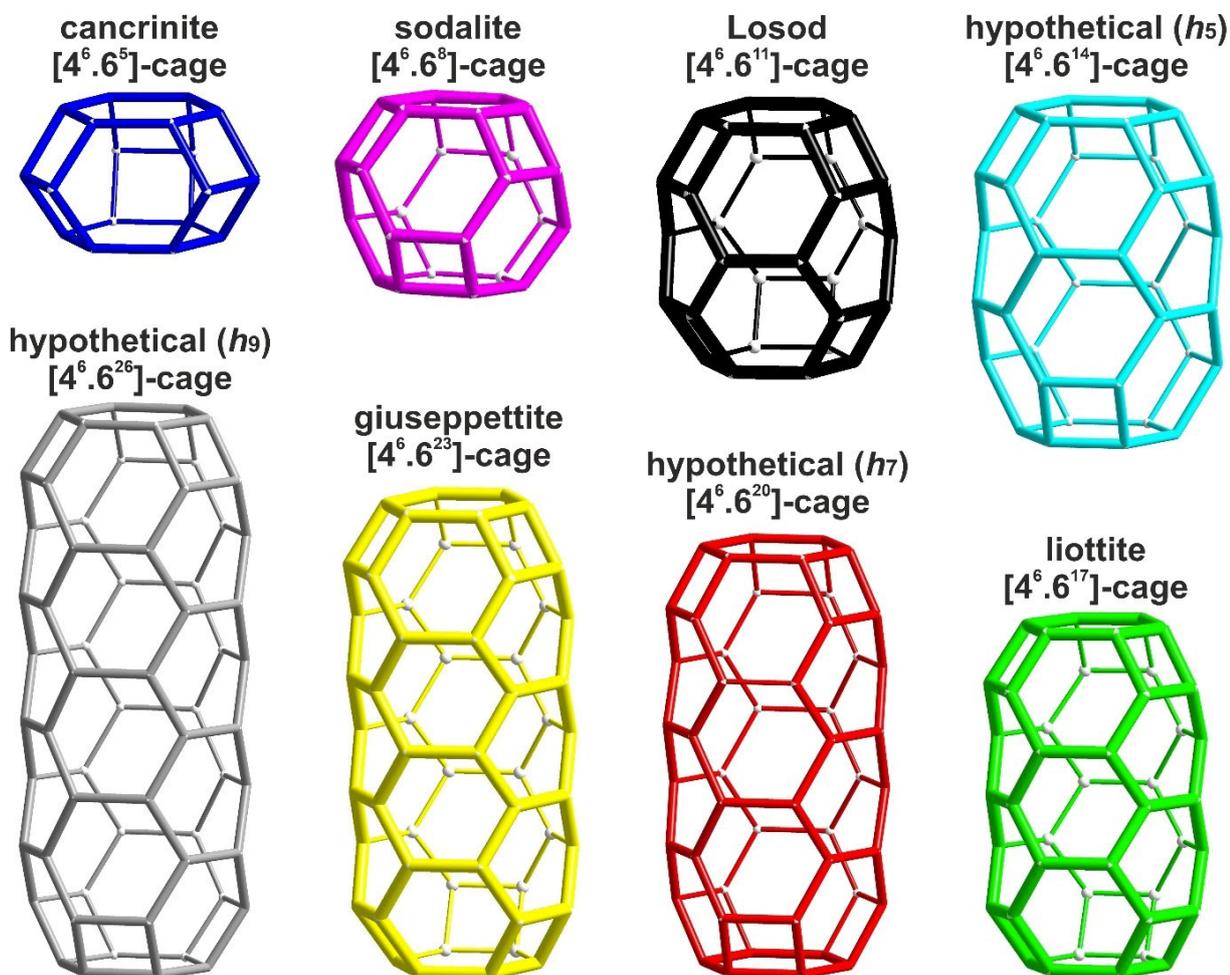


Рис. 5. Типы пустот в представителях ССК (в том числе гипотетических) [Chukanov et al., 2021]

представляющие собой слои из изолированных шестичленных колец. В зависимости от сдвига данных блоков друг относительно друга возможны слои *A*, *B* и *C* – типов, а число слоев (*N*) и способы их укладки формируют микропористые тетраэдрические каркасы, содержащие пустоты различной топологии (Рис. 5). При этом каждая пустота имеет шесть квадратных окон и $3h-1$ шестиугольных окон (где *h* – «высота пустоты» – число тетраэдрических слоев, которые ее образуют).

Детальный минералогический и кристаллохимический анализ представителей

данного структурного семейства позволил сделать ряд важных выводов и установить некоторые важные закономерности [Chukanov et al., 2021b]:

1. Как правило, многослойные представители ССК образуются в нестационарных условиях (в эффузивных породах и в процессах метасоматоза), т.е. в условиях больших градиентов температуры и быстрого изменения температуры во времени, тогда как двух- и трехслойные минералы и синтетические фазы образуются в результате кристаллизации в условиях, близких к стационарным;

2. Несмотря на то, что в многослойных представителях ССК элементарная ячейка с заданным количеством N-числом слоёв может описываться большим разнообразием последовательностей их укладок, в природных образцах наблюдается предпочтительная реализация лишь небольшого количества вариантов чередования слоёв;
3. Топология каркаса и наличие полостей разных размеров коррелируют с содержанием крупных внекаркасных анионов (прежде всего, SO_4^{2-} -групп). Так, на каждую *can-*, *sod-*, *los-*, *lio-* и *giu-* пустоту приходится соответственно 0, 1, 2, 3 и 4 сульфатные группы;
4. Образование структур, в которых периодически чередуются «пачки» из десятков слоёв с одним и тем же законом их

чередования возможно лишь при росте кристалла путём навивания на винтовую дислокацию.

Выводы

Наши исследования продолжают систематический поиск фундаментальных закономерностей между составом, структурой и наблюдаемыми физическими свойствами в минералах и их синтетических аналогах. Показано, что структурные типы минералов, благодаря своей огромной изоморфной емкости, пригодны как матрицы для получения материалов с широкими вариациями химических составов и заданными физическими свойствами.

Работа выполнена в рамках Госзадания № 122011300125-2.

Список литературы:

1. Аксенов С. М., Ямнова Н. А., Чуканов Н. В., Кабанова Н. А., Кобелева Е. А., Дейнеко Д. В., Кривовичев С. В. Теоретический анализ путей миграции катионов в микропористых гетерофиллосиликатах со структурами астрофиллитового и вебленитового типов // Журнал структурной химии. 2022. Т. 63. № 2. С. 224-232.
2. Лазорак Б. И. Дизайн неорганических соединений с тетраэдрическими анионами // Успехи химии. 1996. Т. 65. № 4. С. 307–325.
3. Расцветаева Р. К., Аксенов С. М. Кристаллохимия силикатов с трехслойными TOT- и NOH-модулями слоистого, ленточного и смешанного типа // Кристаллография. 2011. Т. 56. № 6. С. 975–1000.
4. Стефановский С. В., Юдинцев С. В. Титанаты, цирконаты, алюминаты и ферриты как матрицы для иммобилизации актинидов // Успехи химии. 2016. Т. 85. № 9. С. 962–994.
5. Челищев Н. Ф. Ионообменные свойства астрофиллитов в надкритических условиях // Геохимия. 1972. № 7. С. 856–861.
6. Чуканов Н. В., Пеков И. В., Расцветаева Р. К. Кристаллохимия, свойства и синтез микропористых силикатов, содержащих переходные элементы // Успехи химии. 2004. Т. 73. № 3. С. 227–246.
7. Якубович О. В., Кирюхина Г. В., Димитрова О. В. Особенности кристаллохимии $\text{KCuMn}_3(\text{VO}_4)_3$ в контексте детализации систематики семейства аллюодита // Кристаллография. 2016. Т. 61. № 4. С. 536–545.
8. Aksenov S. M., Yamnova N. A., Kabanova N. A., Volkov A. S., Gurbanova O. A., Deyneko D. V., Dimitrova O. V., Krivovichev S. V. Topological features of the alluaudite-type framework and its derivatives: synthesis and crystal structure of $\text{NaMnNi}_2(\text{H}_2/3\text{PO}_4)_3$ // Crystals. 2021. V. 11. № (3). P. 237.
9. Antipov E. V., Khasanova N. R., Fedotov S. S. Perspectives on Li and transition metal fluoride phosphates as cathode materials for a new generation of Li-ion batteries // IUCrJ. 2015. V. 2. P. 85–94.
10. Barpanda P., Oyama G., Nishimura S., Chung S.-C., Yamada A. A 3.8-V earth-abundant sodium battery electrode // Nature Communications. 2014. V. 5. P. 4358.

11. Bonaccorsi E., Merlino S. Modular Microporous Minerals: Cancrinite-Davyne Group and C-S-H Phases // *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 2005, V. 57. № 1. P. 241–290.
12. Chukanov N. V., Aksenov S. M., Pekov I. V., Chervonnaya N. A., Varlamov D. A., Ermolaeva V. N., Britvin S. N. Ion exchange properties of natural titanium silicate caryochroite $(\text{Na,Sr})_3\{(\text{Fe,Mg})^{2+}_{10}(\text{OH})_6[\text{TiO}(\text{Si}_6\text{O}_{17})(\text{OH})_{0.5,2}]\}_\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ with a 1D system of parallel wide channels: Experimental study and theoretical analysis of the topochemical mechanisms // *Microporous and Mesoporous Materials*. 2021a. V. 312. P. 110776.
13. Chukanov N. V., Aksenov S. M., Rastsvetaeva R. K. Structural chemistry, IR spectroscopy, properties, and genesis of natural and synthetic microporous cancrinite- and sodalite-related materials: A review // *Microporous and Mesoporous Materials*. 2021b. V. 323. P. 111098.
14. Depmeier W. Minerals as advanced materials // *Crystal Research and Technology*. 2009. V. 44. № 10. P. 1122–1130.
15. Deyneko D., Aksenov S.M. Nikiforov I.V., Stefanovich S.Yu., Lazoryak B.I., Symmetry inhomogeneity of $\text{Ca}_{9-x}\text{Zn}_x\text{Eu}(\text{PO}_4)_7$ phosphor determined by second-harmonic generation, dielectric and photoluminescence spectroscopy // *Crystal Growth & Design*. 2020. V. 20. No 10. P. 6461–6468.
16. Deyneko D. V., Nikiforov I. V., Lazoryak B. I., Aksenov S. M. The role of anionic heterovalent $[\text{PO}_4]^{3-} \rightarrow [\text{GeO}_4]^{4-}$ substitution on the luminescent properties in inorganic phosphors with the $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ type structure: New data based on accurate crystal structure refinement // *Dalton Transactions*. 2022. V. 51. P. 655–663.
17. Deyneko D.V., Nikiforov I.V., Lazoryak B.I., Spassky D.A., Leonidov I.I., Stefanovich S.Yu. Petrova D.A., Aksenov S.M., Burns P.C. $\text{Ca}_8\text{MgSm}_{1-x}(\text{PO}_4)_7\text{xEu}^{3+}$, promising red phosphors for WLED application // *J. Alloys and Compounds*. 2019. V. 776. P. 897–903.
18. Deyneko D. V., Spassky D. A., Morozov V. A., Aksenov S. M., Kubrin S. P., Molochev M. S., Lazoryak B. I. The role of the Eu^{3+} distribution on the properties of $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ phosphors: structural, luminescent and ^{151}Eu Mössbauer spectroscopy study of $\text{Ca}_{9.5-1.5x}\text{MgEu}_x(\text{PO}_4)_7$ // *Inorganic Chemistry*. 2021. V. 60. P. 3961–3971.
19. Ferraris G., Bloise A., Cadoni M. Layered titanosilicates – A review and some results on the hydrothermal synthesis of bafertsite // *Microporous and Mesoporous Materials*. 2008. V. 107. P. 108–112.
20. Ferraris G., Gula A. Polysomatic Aspects of Microporous Minerals - Heterophyllosilicates, Palysepioles and Rhodesite-Related Structures // *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. 2005. V. 57. P. 69–104.
21. Gaft M., Reisfeld R., Panczer G. *Modern Luminescence Spectroscopy of Minerals and Materials*. Springer Berlin Heidelberg, 2005. XVI+356 p.
22. Hatert F. A new nomenclature scheme for the alluaudite supergroup // *European Journal of Mineralogy*. 2019. V. 31. № 4. P. 807–822.
23. Hawthorne F. C. Bond topology and structure-generating functions: graph-theoretic prediction of chemical composition and structure in polysomatic T–O–T (biopyribole) and H–O–H structures // *Mineralogical Magazine*. 2012. V. 76. P. 1053–1080.
24. Kaminskii A. A. Laser crystals and ceramics: recent advances // *Laser & Photonics Reviews*. 2007. V. 1. № 2. P. 93–177.
25. Krivovichev S. V. (ed.) *Minerals as advanced materials I*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. XVI+236 p.
26. Krivovichev S. V. (ed.) *Minerals as advanced materials II*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. XI+427 p.
27. Lin Z., Paz F. A. A., Rocha J. Layered titanosilicates // *Layered Mineral Structures and their Application in Advanced Technologies*. London: Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 2011. P. 123–149.
28. Liu H., Liao L., Pan X., Su K., Shuai P., Yan Z., Guo Q., Mei L. Recent research progress of luminescent materials with apatite structure: A review // *Open Ceramics*. 2022. V. 10. P. 100251.
29. Liu H. K., Liao L. B., Zhang Y. Y., Aksenov S. M., Liu N., Guo Q. F., Deyneko D. V., Wang T. Y., Mei L. F., Sun S. H. Computational analysis of apatite-type compounds for band gap engineering: DFT calculations and structure prediction using tetrahedral substitution // *Rare Metals*. 2021. V. 40. № 2. P. 3694–3700.

30. Nikiforov I. V., Deyneko D. V., Spassky D. A., Lazoryak B. I., Aksenov S. M. Whitlockite-type structure as a matrix for optical materials: Synthesis and characterization of novel Tm-Sm co-doped phosphates $\text{Ca}_9\text{Gd}(\text{PO}_4)_7$, a single-phase white light phosphors // *Minerals*. 2022. V. 12. № 1. P. 76.
31. Pasero M., Kampf A. R., Ferraris C., Pekov I. V., Rakovan J., White T. J. Nomenclature of the apatite supergroup minerals // *European Journal of Mineralogy*. 2010. V. 22. P. 163–179.
32. Trad K., Carlier D., Croguennec L., Wattiaux A., Amara M., Delmas C. $\text{NaMnFe}_2(\text{PO}_4)_3$ alluaudite phase: Synthesis, structure, and electrochemical properties as positive electrode in lithium and sodium batteries // *Chemistry of Materials*. 2010. V. 22. № 19. P. 5554–5562.
33. Vasiliev A. N., Volkova O. S., Zvereva E. A., Koshelev A. V., Urusov V. S., Chareev D. A., Petkov V. I., Sukhanov M. V., Rahamam B., Saha-Dasgupta T. Valence-bond solid as the quantum ground state in honeycomb layered urusovite $\text{CuAl}(\text{AsO}_4)\text{O}$ // *Physical Review B*. 2015. V. 91. P. 144406.
34. White T., Ferraris C., Kim J., Madhavi S. Apatite – An Adaptive Framework Structure // *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. 2005. V. 57. P. 307–401.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ КАРБОНАТИТОВ МАССИВА ВУОРИЯРВИ (КОЛЬСКИЙ РЕГИОН) И МОДЕЛЬ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Е. Н. Фомина, Е. Н. Козлов

Геологический институт Кольского научного центра РАН, fomina_e.n@mail.ru

В работе приведен обзор цикла статей, посвященных изучению редкоземельных карбонатитов щелочно-ультраосновного комплекса Вуориярви (Мурманская область). Основой для данного цикла послужило комплексное исследование, в ходе которого были задействованы петрографо-минералогические и геохимические методы. Выполнено исследование флюидных включений и широкого спектра изотопных систем (Rb-Sr, Sm-Nd, C, O, He, Ar), а также разработано несколько оригинальных исследовательских методик. Результатом данных работ стало создание согласованной модели накопления, рудоотложения и последующего разубоживания накопленных концентраций РЗЭ в карбонатитах, применимой не только к породам массива Вуориярви, но и к другим сходным объектам мира.

Ключевые слова:

щелочной магматизм, карбонатиты, редкоземельные элементы, Вуориярви, Кольская щелочная провинция

A COMPREHENSIVE STUDY OF RARE-EARTH CARBONATITES OF THE VUORIYARVI MASSIF (KOLA REGION) AND THE MODEL FOR THEIR FORMATION

E. N. Fomina, E. N. Kozlov

Geological Institute KSC RAS, fomina_e.n@mail.ru

This paper reviews a series of articles devoted to rare-earth carbonatites of the Vuoriyarvi alkaline-ultrabasic complex (Murmansk region). The basis for these articles is a comprehensive study that involved petrographic-mineralogical and geochemical methods, analysis of fluid inclusions and a wide range of isotope systems (Rb-Sr, Sm-Nd, C, O, He, Ar), and the development of several original research methods. The result of these investigations is a consistent model for the accumulation, deposition, and subsequent dilution of the accumulated REE ores in carbonatites, applicable to the rocks of the Vuoriyarvi massif and other similar objects all over the world.

Keywords:

alkaline magmatism, carbonatites, rare earth elements, Vuoriyarvi, Kola alkaline province

Введение

Карбонатиты, уникальная группа магматических пород с модальным содержанием карбонатных минералов более 50% [Le Maitre et al., 2002], известны рекордно высокими концентрациями и крупнейшими в мире запасами редкоземельных элементов (РЗЭ), ниобия и ряда других редких металлов. Эти полезные ископаемые имеют критическое значение для многих отраслей промышленности, так как широко используются в современных (в том числе «зеленых» энергосберегающих) высоких технологиях [Chakmouradian, Wall, 2012; Wall, 2013]. Это и определяет высокий научный и практический интерес к исследованию карбонатитов и связанных с ними редкоземельных месторождений и рудопоявлений.

Уровень в первые масс.% суммы оксидов легких РЗЭ, необходимый для того, чтобы объект приобрел экономическую значимость, обычно наблюдается в богатых магнием и железом поздних карбонатитовых дайках и жилах, а накопление РЗЭ в большинстве случаев контролируется флюидной переработкой [Wall, 2013; Goodenough et al., 2018]. Такие метасоматизированные карбонатиты широко развиты в пределах щелочно-ультраосновного комплекса Вуориярви. Данный объект уникален во многих отношениях. Так, в большинстве комплексов мира для наблюдения доступна лишь часть естественного ряда «кальциевые – магнезиальные – железистые – Ba-Sr-РЗЭ карбонатиты», а в Вуориярви широко представлены все члены данной последовательности дифференциации. В пределах комплекса Вуориярви помимо Ba-Sr-РЗЭ карбонатитов участка Петяйян-Вара, представляющих наибольший интерес своей масштабной редкоземельной минерализацией, есть еще три поля карбонатитов, имеющих тот же глубинный источник, но иную металлогеническую специализацию, причем карбонатиты всех этих полей имеют статус поставленных на баланс месторождений. Таким образом, Вуориярви является редким примером щелочно-карбонатитового массива, в котором основные рудогенерирующие процессы карбонатитогенеза привели

к образованию комплексных месторождений. Важно отметить, что Ba-Sr-РЗЭ карбонатиты Петяйян-Вары сформировались в результате серии метасоматических событий. Однако если в других подобных комплексах продукты такой многостадийной переработки обычно наложены друг на друга, то в поле Петяйян-Вара эти продукты пространственно разделены, что формирует индивидуальные разновидности пород. Это позволяет четко проследить все этапы дифференциации, приведшие к накоплению рудных концентраций редких земель. Подобная геологическая специфика не могла не привлечь самого пристального внимания.

В настоящей статье дан обзор опубликованных нами работ по проблематике формирования редкоземельных карбонатитов Вуориярви и представлена эволюционная модель для этих пород.

Геологическая обстановка

Щелочно-ультраосновной карбонатитовый массив Вуориярви входит в состав девонской (380–360 млн лет) Кольской щелочной провинции на северо-западе России [Кухаренко и др., 1965; Downes et al., 2005]. Массив формировался в несколько этапов магматической активизации, в связи с чем имеет выраженное зональное строение. Ядро состоит из самых ранних оливинитов, верлитов и более поздних пироксенитов. Внешняя зона представлена фойдолитами, сформированными на следующем этапе становления комплекса. В пределах Колвикского массива-спутника на юго-востоке на этом этапе также образовались нефелиновые сиениты. Наиболее молодыми породами комплекса являются фоскориты и карбонатиты, широко распространенные в юго-восточной части массива. Они встречаются в виде штоков, жил, линз, даек и штокверков, пересекающих все остальные магматические породы. Выделяют три карбонатитовых поля с различной рудной минерализацией: Тухта-Вара – богатые апатит-магнетитовые руды, Неске-Вара – богатые ниобиевые руды, Петяйян-Вара – редкоземельное оруденение [Афанасьев, 2011].

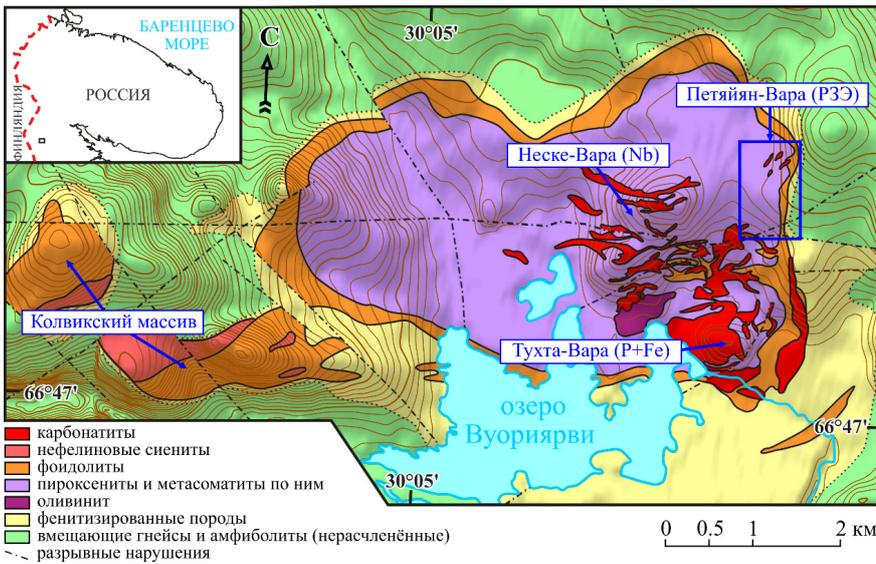


Рис. 1. Геологическая карта щелочно-ультраосновного карбонатитового комплекса Вуориярви по [Афанасьев, 2011] с упрощениями. Стрелками указаны поля карбонатитов Тухта-Вара, Неске-Вара, Петяйян-Вара, а также Колвицкий агапитовый нефелин-сиенитовый массив-сателлит. На врезке показано положение комплекса Вуориярви в Кольском регионе.

В фокусе нашего исследования были карбонатиты поля Петяйян-Вара (Рис. 1).

Материал и методика исследований

Обширная коллекция образцов и технологических проб для исследования была собрана во время полевых работ 2015–2020 гг., в ходе которых выполнялось масштабное

подновление старых разведочных канав в нескольких участках поля Петяйян-Вара (Рис. 2). Было вскрыто более десятка крупных жил и линз карбонатитов, из коренных выходов которых и были отобраны интересные образцы.

Для собранной коллекции образцов были проведены детальные петрографо-минералогическое (микрозондовый и рамановский



Рис. 2. Разведочные канавы, из которых отбирались образцы карбонатитов. (а) Процесс подновления канав и (б) полученный результат. (в) Фотодокументация пробоотбора. (г) Отбор технологической пробы анкилитовых карбонатитов (красные породы на переднем плане) и (д) подготовленная проба.

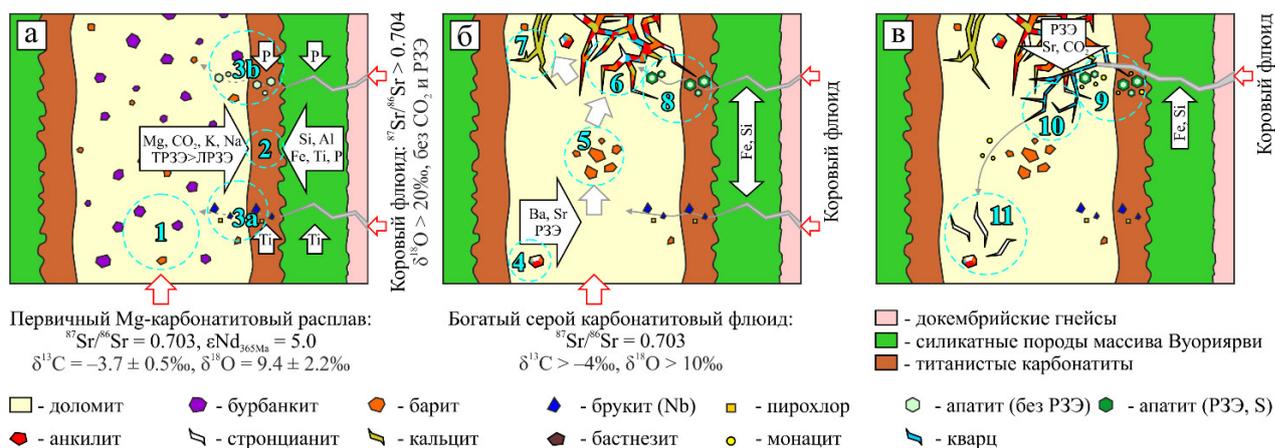


Рис. 3. Модель формирования карбонатов участка Петяйян-Вара. Пояснения в тексте. Иллюстрация из работы [Fomina, Kozlov, 2021].

анализы и EBSD – дифракция обратно рассеянных электронов) и геохимическое (анализ петрогенных и редких элементов) исследования [Kozlov et al., 2018; 2020b], выполнено термобарогеохимическое изучение флюидных включений в минеральных фазах [Prokopyev et al., 2020], определен изотопный состав радиогенных (Rb-Sr) и стабильных (C, O) элементов в валовых пробах пород [Fomina, Kozlov, 2021], а также изотопный состав благородных газов (He, Ar), захваченных различными минералами [Kozlov et al., 2021b]. В ходе выполнения исследования было разработано несколько оригинальных авторских методик, включая (1) методику статистического сопоставления петрогеохимических параметров и минералогического состава пород [Fomina et al., 2019; 2020; Kozlov et al., 2020a]; (2) методику масс-баланса комплементарных метасоматических процессов с помощью изоконного анализа [Kozlov, Fomina, 2022]; (3) алгоритм рамановской диагностики минералов группы карбофосфатов [Kozlov et al., 2021a]. Детали использования всех перечисленных методик исследования подробно изложены в перечисленных статьях из рассматриваемого цикла работ [Fomina et al., 2019; 2020; Fomina, Kozlov, 2021; Kozlov et al., 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b; Kozlov, Fomina, 2022; Prokopyev et al., 2020]

Результаты и их обсуждение

При изучении РЗЭ-карбонатов массива Вуориярви нами был получен и обобщен обширный комплекс геологических, минералогических, геохимических, термобарогеохимических и изотопных (Rb-Sr-C-O-He-Ar) данных (Kozlov et al., 2018, 2020ba, 2021a; Prokopyev et al., 2020; Kozlov, Fomina, 2021; Fomina, Kozlov, 2021), что позволило создать согласованную модель накопления, рудоотложения и последующего разубоживания накопленных концентраций РЗЭ в карбонатах (Рис. 3; цифры в тексте соответствуют деталям, отмеченным теми же цифрами на рисунке).

Установлено, что на магматической стадии (Рис. 3а) карбонатитовый (1) расплав с изотопными характеристиками деплетированной мантии, обогащенный Ba-Sr-РЗЭ, был внедрен в силикатные породы массива Вуориярви, что привело к образованию первичных бурбанкитосодержащих магнезиокарбонатов [бурбанкит – $(\text{Na,Ca})_3(\text{Sr,Ba,Ce})_3(\text{CO}_3)_5$]. (2) Контактное взаимодействие карбонатитового расплава с силикатными породами сформировало обогащенные титаном магнезио-, ферро и силикокарбонаты с мантийным углеродом ($\delta^{13}\text{CPDB} -4\text{‰}$) и изотопно тяжелым кислородом ($\delta^{18}\text{OSMOW} +20\text{‰}$). Эти поро-

ды захватили K, Na, Mg, CO₂ и PЗЭ (в основном тяжелые) из расплава и Si, Al, Fe, Ti и P из вмещающих пород. Перераспределение Ti, Nb и P коровым флюидом вызвало образование (3а) брукитовой, пирохлоровой и (3б) апатитовой (без PЗЭ) минерализации в обогащенных титаном карбонатитах и прилегающих первичных бурбанкитосодержащих магнезиокарбонатитах.

Во время ранней постмагматической стадии (Рис. 3б) первичные магнезиокарбонатиты (4) при T°≥350°C подвергались воздействию концентрированного карбонатитового флюида, богатого серой в сульфатной форме, который растворял бурбанкит, аккумулировал и последовательно переотлагал Ba, Sr и PЗЭ. В результате образовались (5) магнезиокарбонатиты, богатые баритом и (6) анкилитом CeSr(CO₃)₂(OH)•H₂O, а также (7) гигантозернистые кальциокарбонатиты. Воздействие этого флюида на апатит (8) вызвало формирование его второй генерации, богатой PЗЭ, Sr и S. Во всех перечисленных породах Sm-Nd система оставалась закрытой с момента образования комплекса, что указывает на короткий промежуток времени между внедрением карбонатитовой магмы и ранними постмагматическими процессами.

Поздняя переработка карбонатитов (Рис. 3в) произошла при T°≥150°C (т.е. до денудации комплекса) и была вызвана слабосолевым HCO₃-Cl коровым флюидом. Воздействие этого флюида привело (9) к разложению апатита с отложением монацита (Ce,La)PO₄, а также к растворению анкилита и кристаллизации из высвобожденных PЗЭ и Sr (10) гидроксилбастнезита (Ce,La)CO₃(OH) и (11) стронцианита SrCO₃.

Заключение

Результаты проведенного исследования позволили сделать следующие краткие выводы:

1. Бурбанкитсодержащие и обогащенные оксидами титана карбонатиты поля Петяйян-Вара образовались в результате внедрения карбонатитового расплава

с высокими концентрациями редкоземельных элементов, бария и стронция. Данные породы претерпели ряд метасоматических событий, прошедших в две стадии: главную стадию концентрирования и рудоотложения PЗЭ, в течение которой сформировались карбонатиты, богатые баритом и анкилитом, и стадию поздней гидротермальной переработки с разубоживанием PЗЭ, в ходе которой возникли карбонатиты, обогащенные бастнезитом и стронцианитом;

2. В процессе формирования редкоземельных карбонатитов поля Петяйян-Вара на фоне снижения температуры от 350 °C до 150 °C состав действовавших флюидов эволюционировал от высококонцентрированного сульфатного/карбонатного на главной стадии рудоотложения до низкоконцентрированного хлорид-гидрокарбонатного/хлоридного на стадии поздней гидротермально-метасоматической переработки, вызвавшей разубоживание рудных концентраций PЗЭ;
3. Первичный магнезиокарбонатитовый расплав был продуктом деплетированного мантийного источника и не был контаминирован коровым веществом. Главная стадия концентрирования PЗЭ прошла непосредственно после карбонатитового магматизма в ходе наложенных на магматические карбонатиты метасоматических процессов, которые имели полистадийный характер и протекали при участии коровых флюидов.

Проведенная работа является одним из немногих примеров комплексного исследования PЗЭ-карбонатитов в мире и представляет интерес в практическом аспекте. Данная работа вносит существенный вклад с точки зрения понимания механизма формирования таких руд, а также позволяет предсказывать структурный контроль разных типов PЗЭ минерализации, что способствует подбору эффективных

поисковых инструментов как при доразведке в пределах массива Вуориярви, так и при поиске других схожих объектов.

Авторы статьи выражают глубокую благодарность за помощь на различных этапах исследования М. Ю. Сидорову, Л. И. Константиновой, А. В. Базай, Е. А. Селивановой, В. И. Скибе (ГИ КНЦ РАН, Апатиты), И. Р. Елизаровой (ИППЭС КНЦ РАН, Апатиты), И. Р. Прокопьеву

и А. Г. Дорошкевич (ИГМ СО РАН, Новосибирск), В. Н. Бочарову, Н. С. Власенко и В. В. Шиловских (РЦ «Геомодель», Санкт-Петербург), П. В. Хворову (УрО РАН, Миасс), Е. С. Богомолу (ИГГД РАН, Санкт-Петербург), Б. Г. Покровскому (ИГЕМ РАН, Москва).

Исследования выполнены в рамках гранта РФФИ № 19-77-10039 и темы НИР 0226-2019-0053.

Литература

4. Афанасьев Б. В. Минеральные ресурсы щёлочно-ультраосновных массивов Кольского полуострова. СПб: Роза Ветров, 2011. 224 с.
5. Кухаренко А. А., Орлова М. П., Булах А. Г., Багдасаров Э. А., Римская-Корсакова О. М., Нефедов Е. И., Ильинский Г. А., Сергеев А. С., Абакумова Н. Б. Каледонский комплекс ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова и Северной Карелии. Москва: Недра, 1965. 772 с.
6. Chakhmouradian A. R., Wall F. Rare Earth Elements: Minerals, Mines, Magnets (and More) // *Elements*. 2012. Vol. 8, No. 5. P. 333–340. <https://doi.org/10.2113/gselements.8.5.333>
7. Downes H., Balaganskaya E., Beard A., Liferovich R., Demaiffe D. Petrogenetic processes in the ultramafic, alkaline and carbonatitic magmatism in the Kola Alkaline Province: A review // *Lithos*. 2005. Vol. 85, No. 1–4. P. 48–75. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2005.03.020>
8. Fomina E. N., Kozlov E. N. Stable (C, O) and radiogenic (Sr, Nd) isotopic evidence for REE-carbonatite formation processes in Petyayan-Vara (Vuoriyarvi massif, NW Russia) // *Lithos*. 2021. Vol. 398–399. P. 106282. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2021.106282>
9. Fomina E., Kozlov E., Bazai A. Factor Analysis of XRF and XRPD Data on the Example of the Rocks of the Kontozero Carbonatite Complex (NW Russia). Part I: Algorithm // *Crystals*. 2020. Vol. 10, No. 10. P. 874. <https://doi.org/10.3390/cryst10100874>
10. Fomina E., Kozlov E., Ivashkevskaja S. Study of diffraction data sets using factor analysis: a new technique for comparing mineralogical and geochemical data and rapid diagnostics of the mineral composition of large collections of rock samples // *Powder Diffr.* 2019. Vol. 34, No. S1. P. S59–S70. <https://doi.org/10.1017/S0885715619000435>
11. Goodenough K. M., Wall F., Merriman D. The Rare Earth Elements: Demand, Global Resources, and Challenges for Resourcing Future Generations // *Nat. Resour. Res.* 2018. Vol. 27, No. 2. P. 201–216. <https://doi.org/10.1007/s11053-017-9336-5>
12. Kozlov E. N., Fomina E. N. Mass balance of complementary metasomatic processes using isocon analysis // *MethodsX*. 2022. Vol. 9. P. 101609. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101609>
13. Kozlov E. N., Fomina E. N., Bocharov V. N., Sidorov M. Y., Vlasenko N. S., Shilovskikh V. V. A Raman spectroscopic study of the natural carbonophosphates Na₃MCO₃PO₄ (M is Mn, Fe, and Mg) // *Eur. J. Mineral.* 2021a. Vol. 33. P. 283–297. <https://doi.org/10.5194/ejm-33-283-2021>
14. Kozlov E., Fomina E., Khvorov P. Factor Analysis of XRF and XRPD Data on the Example of the Rocks of the Kontozero Carbonatite Complex (NW Russia). Part II: Geological Interpretation // *Crystals*. 2020a. Vol. 10, No. 10. P. 873. <https://doi.org/10.3390/cryst10100873>
15. Kozlov E., Fomina E., Sidorov M., Shilovskikh V. Ti-Nb Mineralization of Late Carbonatites and Role of Fluids in Its Formation: Petyayan-Vara Rare-Earth Carbonatites (Vuoriyarvi Massif, Russia) // *Geosciences*. 2018. Vol. 8, No. 8. P. 281. <https://doi.org/10.3390/geosciences8080281>

16. Kozlov E., Fomina E., Sidorov M., Shilovskikh V., Bocharov V., Chernyavsky A., Huber M. The Petyayan-Vara Carbonatite-Hosted Rare Earth Deposit (Vuoriyarvi, NW Russia): Mineralogy and Geochemistry // Minerals. 2020b. Vol. 10. No. 1. P. 73. <https://doi.org/10.3390/min10010073>
17. Kozlov E., Skiba V., Fomina E., Sidorov M. Noble gas isotopic signatures of sulfides in carbonatites of the Vuoriyarvi alkaline-ultrabasic complex (Kola Region, NW Russia) // Arab. J. Geosci. 2021b. Vol. 14, No. 17. P. 1725. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07884-9>
18. Le Maitre R. W., Streckeisen A., Zanettin B., Le Bas M. J., Bonin B., Bateman P., Bellieni G., Dudek A., Efremova S., Keller J., Lameyre J., Sabine P.A., Schmid R., Sørensen H., Woolley A.R. Igneous rocks: A Classification and Glossary of Terms, 2nd edition. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks / R.W. Le Maitre (Ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 2002. 236 p.
19. Prokopyev I., Kozlov E., Fomina E., Doroshkevich A., Dyomkin M. Mineralogy and Fluid Regime of Formation of the REE-Late-Stage Hydrothermal Mineralization of Petyayan-Vara Carbonatites (Vuoriyarvi, Kola Region, NW Russia) // Minerals. 2020. Vol. 10, No. 5. P. 405. <https://doi.org/10.3390/min10050405>
20. Wall F. Rare earth elements // Critical Metals Handbook / G. Gunn (Ed.). Oxford: John Wiley & Sons, 2013. P. 312–339. <https://doi.org/10.1002/9781118755341.ch13>

УДК 66.087.7::544.478-03

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ «КАРБИД ТУГОПЛАВКОГО МЕТАЛЛА – УГЛЕРОДНОЕ ВОЛОКНО» И ИЗУЧЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ

В.С. Долматов

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева, Кольский научный центр, v.dolmatov@ksc.ru

Рассмотрены условия и результаты электрохимического синтеза композиционных материалов «карбид тугоплавкого металла – углеродное волокно» (Me = Nb, Ta, Mo). Приведены результаты исследования электрокаталитической активности этих композиционных материалов в реакции разложения пероксида водорода в сравнении с такими традиционными катализаторами, как медь и платина. Установлен наиболее активный композит.

Ключевые слова:

углеродное волокно, композиционный материал, карбид тугоплавкого металла, электрокатализ, разложение пероксида водорода

ELECTROCHEMICAL PRODUCTION OF COMPOSITE MATERIALS "REFRACTORY METAL CARBIDE - CARBON FIBER" AND STUDY OF THEIR PROPERTIES

V.S. Dolmatov

Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of Kola Science Centre, v.dolmatov@ksc.ru

The conditions and results of electrochemical synthesis of composite materials "refractory metal carbide - carbon fiber" (Me = Nb, Ta, Mo) are considered. The results of studies of the electrocatalytic activity of these composite materials in the hydrogen peroxide decomposition reaction in comparison with such traditional catalysts as copper and platinum are presented. The most active composite has been established.

Keywords:

carbon fiber, composite material, refractory metal carbide, electrocatalysis, hydrogen peroxide decomposition

Введение

В мировой литературе с каждым годом можно встретить все большее количество публикаций, посвященных композиционным материалам, которые обладают уникальными

свойствами: высокой механической прочностью, высокой температурой плавления, коррозионной стойкостью, жаростойкостью, высокой микротвердостью, каталитическими и электрокаталитическими свойствами. Связано это в первую очередь с новыми задачами челове-

чества: полетами в космическое пространство, преодолением сверхзвуковых скоростей, защитой материалов от новых агрессивных сред, проведением энергетически трудноосуществимых реакций и т.д. Композиционные материалы на основе углеродных волокон, армированных карбидами, двойными карбидами, оксидами тугоплавких металлов способны решать подобные задачи и уже активно внедряются в наукоемкие технологические процессы.

Так, например, металлы платиновой группы способны диссоциировать водород в присутствии влаги при 25° С. Эту способность демонстрирует каталитическое восстановление WO_3 до H_xWO_3 влажным водородом H_2 с использованием механической смеси Pt и WO_3 [Vannice, 1970]. В отсутствие катализатора восстановление не происходит при температуре ниже 400 °С. Но на поверхности карбида вольфрама WC каталитическое низкотемпературное восстановление WO_3 с образованием H_xWO_3 происходит, хоть и с меньшей скоростью примерно на два порядка, чем в случае с Pt [Boudart, 1969].

Нанесение каталитического покрытия на развитую поверхность позволяет моделировать катализатор более эффективным и менее дорогим. Такой катализатор позволяет снизить рабочие температуры и давление процесса, повысить конверсию. Существует большое количество подложек с развитой или пористой поверхностью. Для электрохимического осаждения из расплавленных солей карбидов тугоплавких металлов углеродные волокна играют наилучшую роль в качестве подложки. Покрытия из карбидов тугоплавких металлов на подложках с высокой удельной поверхностью могут быть использованы не только в качестве армированных волокнистых материалов в виде наполнителя пустых пространств летательных аппаратов, но также в качестве каталитических систем и в электрокаталитических реакциях восстановления и окисления [Goti, 2008].

Методика эксперимента

Для синтеза покрытий и кристаллов карбидов тугоплавких металлов использовался

метод бестокового переноса электроотрицательного металла на более электроположительную подложку из углеродного волокна через расплавленную смесь солей. В качестве фонового расплава выступала эквимольная смесь NaCl-KCl, которую погружали в стеклоуглеродный тигель. Другие компоненты для получения композита NbC/C – гептафторонообат калия K_2NbF_7 , в количестве 30 мас. % от массы эквимольной смеси NaCl-KCl и металлический ниобий высокой чистоты. Для получения композита TaC/C к фоновому расплаву добавлялся гептафторотанталат калия K_2TaF_7 (30 мас. % от NaCl-KCl) и металлический тантал. Для получения композита Mo2C/C – молибдат натрия Na_2MoO_4 (15 мас. % от NaCl-KCl) и металлический молибден. Тигель погружался в герметичную реторту, в качестве которой выступал толстостенный стакан из нержавеющей стали с рубашкой охлаждения. Реторту вакуумировали до остаточного давления менее 1,0 Па сначала на холоду – при комнатной температуре, а затем при нагреве до 100-2000С. Далее реторту заполняли инертным газом (аргоном) и плавиле электролит. После выдержки электролита при заданной температуре через технологическое отверстие в реторте углеродное волокно погружали в расплав солей. Углеродное волокно погружалось в расплав в специальном держателе из вольфрама, закрепленном на молибденовом токоподводе. Время электрохимического синтеза варьировали от 1 до 24 часов.

Для изучения кинетики электрокаталитического разложения пероксида водорода на синтезированных композиционных материалах «карбид тугоплавкого металла – углеродное волокно» проводили следующие эксперименты.

Наполненная раствором пероксида водорода мерная посуда выдерживалась в водяной бане термостата необходимое время. Кинетика реакции исследовалась при 25, 30, 40, 50, 60, 70 и 80°С.

Для исследования кинетики реакции электрокаталитического разложения пероксида водорода на поверхности композиционного материала можно применять методы физико-химического анализа, основанные на из-

мерении объёма выделяющегося газа во времени, собираемого в мерном цилиндре. После замыкания цепи начинался процесс электролиза, при котором на аноде выделялся кислород, а на катоде – водород. При накоплении газообразных продуктов реакции объемом 25 мл завершали процесс электролиза.

В качестве катода использовались исходные углеродные волокна марки Карбопон-В-22, в качестве анода использовались синтезированные композиционные материалы «карбид тугоплавкого металла – углеродное волокно». Анодная поляризация исследуемых образцов проводилась при напряжении 30 В.

Результаты и обсуждение

В ходе исследований по электрохимическому синтезу в расплавленных солях покрытий и кристаллов карбидов тугоплавких металлов ниобия, тантала и молибдена, а также в исследованиях по изучению их электрокаталитических свойств были получены следующие результаты.

В расплавленных солях методом бестокового переноса были синтезированы покрытия карбидов ниобия и тантала на углеродных волокнах и кристаллы карбидов молибдена, микроизображения которых представлены на рис. 1.

Было установлено, что не происходит сращивания волокон друг с другом, покрытия были однородны как в поперечном сечении, так и вдоль волокна, наблюдалась четкая гра-

ница без переходной зоны между углеродным волокном и покрытием.

Результаты РФА показали, что кристаллическая решетка TaC имела кубическую модификацию с гранецентрированной кристаллической решеткой, NbC – также кубическую кристаллическую решетку, Mo₂C – гексагональную структуру. Толщина покрытий карбида тантала и карбида ниобия составляла порядка 50-250 нм. Размеры кристаллов карбида молибдена 8-20 мкм. При этом диаметр самого углеродного волокна в поперечном сечении составлял 5-8 мкм.

Были изучены электрокаталитические свойства композитов TaC/C, NbC/C и Mo₂C/C в реакции разложения пероксида водорода и определены кинетические параметры реакции. Кинетика этой реакции изучалась в том числе на традиционных платиновом и медном катализаторах для сравнения их электрокаталитических способностей.

В данной работе были использованы два интегральных метода определения порядка реакции разложения пероксида водорода: метод подстановки и графический.

Для исследования кинетики разложения пероксида водорода применялись методы физико-химического анализа, основанные на измерении объёма выделяющегося с поверхности анода кислорода, собираемого в мерном цилиндре. Далее определялись функции зависимости объёма образовавшегося кислорода от времени при различных температурах, и строились их графики.

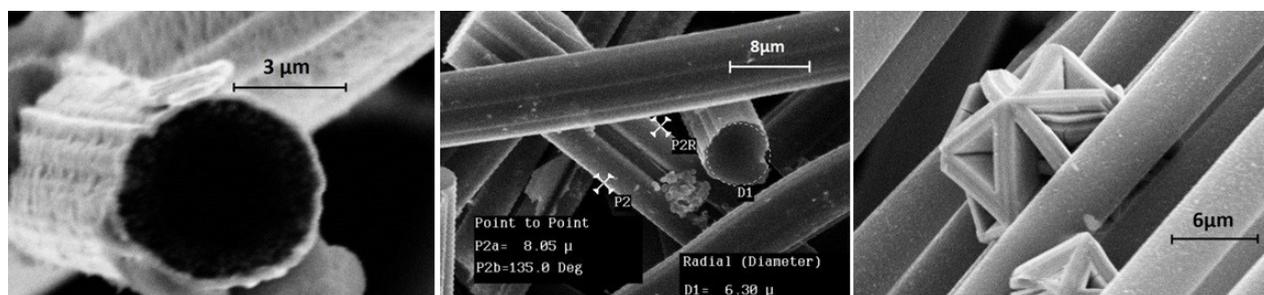


Рис. 1. Микрофотографии углеродных волокон с покрытиями карбида тантала TaC, карбида ниобия NbC и кристаллами карбида молибдена Mo₂C, полученных методом бестокового переноса в расплавленных солях NaCl – KCl – K₂TaF₇ – Ta в течение 24 ч, NaCl – KCl – K₂NbF₇ – Nb в течение 24 ч, NaCl – KCl – Na₂MoO₄ – Mo в течение 1 ч. при температуре 850 °C

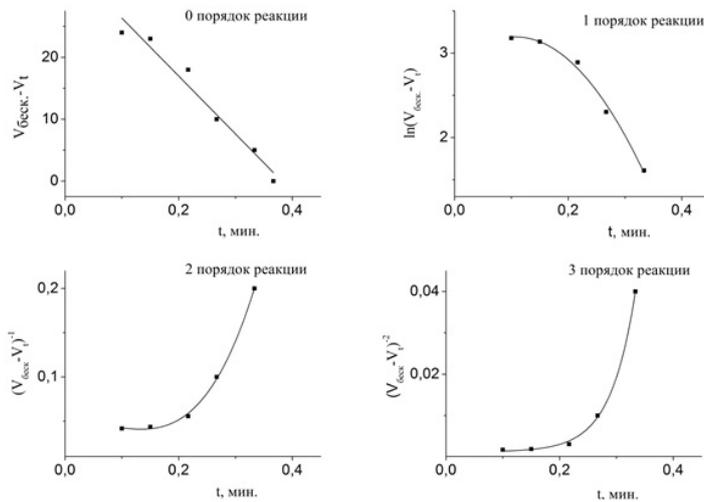


Рис. 2. Интегральный графический метод определения порядка реакции электрокаталитического разложения пероксида водорода на композиционном материале NbC/C при 30 °С

На рис. 2 представлены результаты исследования зависимости скорости электрокаталитического процесса разложения пероксида водорода от времени, позволяющие определить интегральным графическим методом порядок реакции.

Зависимости на рис. 2 представлены в виде функций $(V_{\text{беск}}-V_t) - t$, $\ln(V_{\text{беск}}-V_t) - t$, $(V_{\text{беск}}-V_t)^{-1} - t$, $(V_{\text{беск}}-V_t)^{-2} - t$, полученных в исследовании кинетики процесса разложения H_2O_2 на углеродном волокне с покрытием NbC. Видно, что зависимость $(V_{\text{беск}}-V_t)$

– t линейна, что указывает на нулевой порядок реакции разложения пероксида водорода на поверхности покрытий карбида ниобия на углеродном волокне.

На платине и меди, а также на других композиционных материалах «карбид тугоплавкого металла – углеродное волокно» при других температурах в диапазоне от 25 до 80 °С сохранялись похожие зависимости, также указывающие на нулевой порядок этих реакций.

На рис. 3 представлены кинетические кривые нулевого порядка реакции при температуре 30 °С на разных электродах. Из графиков видно, что реакция разложения пероксида водорода возрастает на элект-

родах в порядке $\text{Mo}_2\text{C} < \text{TaC} < \text{Pt} < \text{Cu} < \text{NbC}$. Кинетические зависимости при других температурах сохраняли тенденцию: на покрытиях карбида ниобия NbC скорость реакции разложения пероксида водорода была максимальной.

Рассчитаны общие значения энергии активации протекающих анодных процессов на поверхности синтезированных композиционных материалов, платине и меди (табл. 1). Скорость реакции разложения пероксида водорода постоянна во времени, не зави-

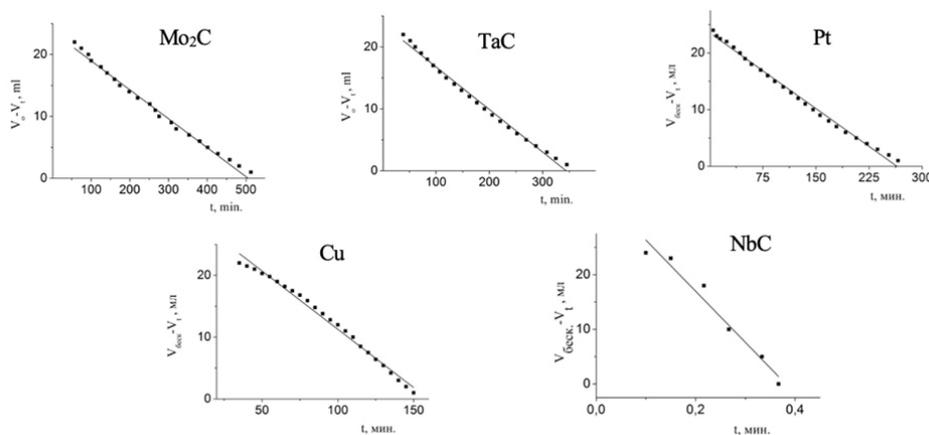


Рис. 3. Кинетические зависимости нулевого порядка электрокаталитического разложения пероксида водорода, полученные на $\text{Mo}_2\text{C}/\text{C}$, TaC/C , платине, меди и NbC/C при 30 °С

сит от концентрации реагирующих веществ, а скорость диффузии реагирующих веществ к поверхности электрода меньше скорости их химического превращения. Электрокаталитическая реакция разложения пероксида водорода является необратимой из-за выделения газообразных продуктов реакции.

Электрокаталитические свойства композитов NbC/C, TaC/C, Mo₂C/C были изучены также методом циклической вольтамперометрии. Была установлена низкая электрокаталитическая активность композита Mo₂C/C для реакции разложения пероксида водорода – на циклических вольтамперных кривых не было обнаружено ни одного пика, который мог бы указывать на протекание какого-либо процесса на электродном материале. Самой высокой активностью обладал композиционный материал NbC/C.

Установлено, что покрытия тугоплавких металлов на поверхности углеродных волокон сохраняют свою структуру и защищают волокно от горения на воздухе вплоть до 800 °C, что может быть использовано в тех областях применения, где требуется высокая термостойкость элементов конструкции. Например, в авиационной, аэрокосмической технике, ракетостроении и пр.

Заключение

С использованием электрохимического метода бестокового переноса в расплавленных солях, содержащих соединения тугоплавких металлов, синтезированы композиционные материалы «карбид тугоплавкого металла – углеродное волокно».

Список литературы

1. Vannice M. A., Benson J. E., Boudart M. Determination of surface area by chemisorption: Unsupported platinum // J. Catal. 1970. Vol. 16, No 3. P. 348-356. doi 10.1016/0021-9517(70)90231-9
2. Boudart M., Vannice M. A., Benson J. E. Adlineation, Portholes and Spillover // Phys. Chem. Neue Folge. 1969. Vol. 64. P. 171-177. doi 10.1524/zpch.1969.64.1_4.171
3. Goti A., Cardona F. Hydrogen Peroxide in Green Oxidation Reactions: Recent Catalytic Processes / Eds. P. Tundo, V. Esposito, Green Chemical Reactions. NATO Science for Peace and Security Series, Series C: Environmental Security, 2008. P. 191.

Таблица 1.
Энергии активации E_a, характеризующие реакцию электрокаталитического разложения пероксида водорода на различных электродах

Материал электрода	E _a , кДж/моль
Mo ₂ C/C	107.2
TaC/C	82.24
Pt	74.76
Cu	48.24
NbC/C	37.07

Изучены электрокаталитические свойства композиционных материалов в реакции разложения пероксида водорода и определены кинетические параметры этой реакции. Установлен наиболее электрокаталитически активный композиционный материал NbC/C. Скорость реакции разложения пероксида водорода увеличивается в ряду Mo₂C < TaC < Pt < Cu < NbC. Рассчитана энергия активации этого процесса на каждом электродном материале.

Методами циклической вольтамперометрии была подтверждена невысокая активность композиционного материала Mo₂C/C в реакции разложения пероксида водорода.

Результаты исследований показали, что композиты «карбид тугоплавкого металла – углеродное волокно» могут быть использованы в авиационной и аэрокосмической технике в области защиты материалов от агрессивных сред, а также в качестве альтернативы дорогостоящим катализаторам из благородных металлов в области катализа и электрокатализа.

ОБСУДИТЬ ЗАПАСЫ, ПОДСЧИТАТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ: ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПРОВЕЛ ОЧЕРЕДНУЮ ФЕРСМАНОВСКУЮ СЕССИЮ¹



Ферсмановскую сессию открыли при полном зале. Фото Н. Щур

Двухдневная **Ферсмановская научная сессия Геологического института Кольского научного центра** началась 4 апреля – сразу после того, как в стране отметили День геолога. Проходит это мероприятие в 19-й раз и собирает всех, кто заинтересован в развитии геологической науки, как в фундаментальном ключе, так и в качестве основополагающей составляющей промышленного развития современного мира. Иными словами – без новых минералов, минералоподобных веществ и синтетических аналогов природных структур сегодня никак!

Рудознатцы – именно так называли в Средние века на Руси первых знатоков камней и их полезных свойств. О том, как жили и трудились эти люди и как вообще зарождалась геология,

а следом и металлургия во времена правления Ивана III, когда у нас не было руды, а стоимость железа на европейском рынке была огромной, рассказал в своем докладе гость сессии, заведующий лабораторией ИГЕМ РАН, член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук Константин Лобанов.

Очень редкой темы коснулся в своем выступлении член-корреспондент РАН, и.о. заместителя руководителя Кольского научного центра, доктор химических наук Иван Тананаев. Он рассказал в буквальном смысле о жизни и смерти неорганической минералов и непрерывных процессах создания и распада вещества. Иван Гундарович сделал акцент не на естественные, а на техногенные процессы в минералогии,

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



Выступление Константина Лобанова.
Фото Н. Щур

коснулся радиоактивных ЧП и минералоподобных веществ, которые появляются после воздействия радиации.

От возвышенного и уникального участники сессии вскоре перешли к местному и вполне насущному.

“*Сегодняшняя конференция отличается от предыдущих очень интересными темами круглого стола, где обсуждаются подсчеты запасов и прогнозирование месторождений, – рассказал директор Геологического института, доктор геолого-минералогических наук Николай Козлов. – В них принимают участие горняки-производственники, специалисты МГРЭ, АО «Апатит», СЗФК и других предприятий, то есть разговор пойдет предметный. Ферсмановская конференция для нас – одно из главных мероприятий года, мы к ней тщательно готовимся и выпускаем по итогам сборник докладов – так будет и в этом году.*”

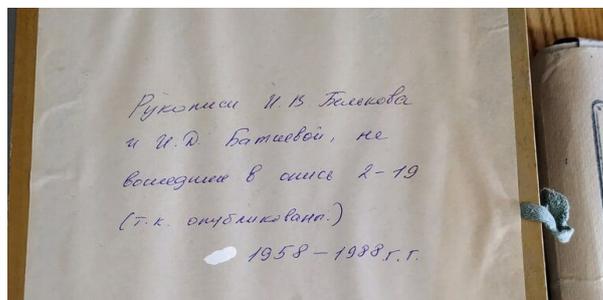
Генеральный директор Кольского научного центра Сергей Кривовичев добавил, что в сегодняшних внешнеполитических условиях нашим ученым необходимо повышать статус отече-

ственных журналов качественными публикациями, а Ферсмановская сессия и подобные ей события весьма способствуют этому.

Ферсмановская научная сессия традиционно проходит с международным участием. В 2022 г. в ней участвовали онлайн-докладчики из других стран. Все 65 докладов опубликованы в сборнике по итогам конференции. Постоянный партнер Кольского научного центра – Торгово-промышленная палата Мурманской области. Ее президент Андрей Ильин вручил на открытии сессии геологам Центра благодарственное письмо от высшего Горного совета РФ с пожеланиями процветания и анонсировал уже ноябрьское событие – очередную Горную конференцию в Кировске:

“*От всех наших промышленных предприятий желаю вам успешной работы и выпуска сборника докладов – там их действительно ждут.*”

...А пока выступающие в актовом зале президиума выступали, в помещении Научного архива Кольского научного центра принимали в свои фонды интереснейшие рукописи из семейного архива супругов Игоря Белькова и Ии Батиевой, которые помогла классифицировать их дочь Валерия Белькова. Памяти видных геологов Кольского научного центра и посвящена конференция 2022 г. После научно-технической обработки сотрудники Научного архива КНЦ РАН смогут использовать их памятные документы в своих виртуальных выставках.



Памятные документы архиву КНЦ РАН передала Валерия Белькова. Фото Н. Черновой

ЭКСПЕРТЫ ПОРА ОБСУДИЛИ БИОРАЗНООБРАЗИЕ

29 марта состоялось очередное онлайн-заседание дискуссионного клуба ПОРА. Руководители национальных парков и заповедников, ученые и чиновники обсуждали программы и методы сохранения арктических экосистем в их исходном виде, перспективы и проблемы проектов по сохранению биоразнообразия.

Модератором дискуссии выступил кандидат биологических наук, директор Лаборатории устойчивого развития ПОРА, заместитель руководителя Кольского научного центра по научной работе Евгений Боровичев. Открывая заседание, он пояснил, что эта встреча станет первым шагом к подготовке доклада о самых успешных и перспективных практиках по сохранению биоразнообразия: такую идею предложил посол по особым поручениям МИД Николай Корчунов и одобрили эксперты ПОРА.

Николай Викторович напомнил, что сохранение биоразнообразия – это одна из приоритетных задач Арктического совета. Рабочая группа Совета по сохранению флоры и фауны представляет собой форум для учёных, представителей коренных народов и экспертов по охране природы для обмена информацией и совместных решений по исследованиям и устойчивому природопользованию. В рамках группы действуют экспертные подгруппы по сохранению флоры и полярных морских видов птиц. Сеть арктических охраняемых территорий реализует программу циркумполярного мониторинга биологического разнообразия.

“ Для России, которая является самой крупной арктической страной, выполнение программы председательства в Арктическом совете, сформированной с учётом целей и задач стратегии развития АЗРФ и обеспечения национальной безопасности до 2035 года, имеет императивный характер, – подчеркнул дипломат, – Соответственно возрастает и роль арктических регионов страны, актуализируется необходимость укрепления со-

трудничества и взаимодействия между регионами по приоритетным вопросам арктической повестки, включая и проблематику биоразнообразия. Необходимо помнить, насколько важно биоразнообразие для быта, сохранения традиционных знаний и уклада, а также культуры коренных жителей Арктики. В связи с тем, что партнеры России по Арктическому совету 3 марта приняли решение приостановить участие во встречах и научное сотрудничество с российскими организациями, ситуация «зависла». Необходимо искать новые эффективные и многосторонние пути решения проблем региона.

В этом процессе большую роль играют научные центры и центры компетенций, вузы и общественные организации, а также многосторонние сетевые структуры. Одна из них – Северный форум, который является наблюдателем в рамках Арктического совета. Секретариат этой организации находится в Якутске. Северный форум проводит значительный объем работы по развитию сотрудничества в области охраны окружающей среды и сохранения биоразнообразия.

Уже сегодня в арктических регионах ведется большая работа, например расселение овцебыков, в котором активно участвуют Красноярский край, Республика Саха и Ямало-Ненецкий округ. Еще один интересный проект, активно реализуемый в Республике Саха, – это проект по сохранению популяции стерха.

Николай Корчунов обратил внимание собеседников на проект «Вклад регионов в сохранение биоразнообразия» и выразил надежду на то, что сегодняшняя встреча поможет сотрудничеству регионов и региональных структур в этом вопросе.

Собеседники предложение поддержали. У каждого нашлись свои примеры успешных

программ сохранения биоразнообразия и свои соображения насчет приоритетов и точек приложения этих программ.

Денис Витальевич Моисеев, заместитель директора Мурманского морского биологического института поделился сожалением о «заморозке» международного сотрудничества, касающегося сохранения биологического разнообразия арктических морей.

“ До недавнего момента активно развивалось российско-норвежское сотрудничество в области охраны окружающей среды. В области рыболовства сотрудничество будет продолжаться, поскольку в этом заинтересованы обе стороны. Мы будем продолжать научные исследования и стараться поддерживать диалог с зарубежными учеными. ”

Исполнительный директор Проектного офиса развития Арктики Константин Деринг отметил: в вопросах сохранения биоразнообразия необходимо координировать действия государства и бизнеса. Он посетовал, что в государственных организациях не хватает экспертов именно по Арктике, а эксперты общего плана пытаются «подогнать» уже существующие решения без учета региональных особенностей:

“ «Немногого утеплить» не подходит. Здесь надо менять концепцию. Арктика — это не только температуры. Это и логистика, и люди, которые здесь живут. ”

Константин Витальевич упомянул, что научно-технический совет Росприроднадзора, в который теперь входит и ПОРА, начал работу над «Красной книгой Арктической зоны Российской Федерации». Изначально в планах была «Циркумполярная Красная книга», которая охватила бы все высокие широты независимо от государственных границ. «Красная книга российской Арктики» может стать нормой права и источником знаний для локальных арктических экспертов. Будучи дополненной картами, она, например, поможет человеку,

планирующему новый бизнес на арктической территории, ознакомиться с ареалами обитания краснокнижных животных и обрисовать себе проблемы, с которыми он может столкнуться при реализации плана.

“ Человек — это тоже биоорганизм, — заключил Константин Деринг, — поэтому давайте добрее относиться друг к другу и заботиться о сохранении нашего благополучия тоже. ”

Зеленая повестка актуальна, что бы ни происходило с международной ситуацией, просто потому, что Арктика занимает огромное место в нашей стране, и мы должны поддерживать ее устойчивое развитие, — убеждена заместитель начальника управления научно-исследовательских работ Центра морских исследований МГУ им. М. В. Ломоносова Ольга Коновалова. География деятельности Центра огромная, и большинство его интересов сосредоточены в арктических акваториях. В основном это экологическое сопровождение, инженерные изыскания, гидрометеороисследования, научные и образовательные проекты. Она подчеркнула, что промышленным организациям, работающим в Арктике, необходимо иметь стратегию сохранения биоразнообразия в местах присутствия, а для этого нужно совместно определить уязвимые места и направить на них самое пристальное внимание.

Мысль о системном взаимодействии власти и бизнеса в вопросах сохранения биоразнообразия поддержал координатор экспертного совета ПОРА Александр Воротников:

“ Целесообразно создание Координационного совета ООПТ АЗРФ и компаний, работающих в Арктике, для разработки важнейших направлений, механизмов и инструментов взаимодействия, включая инфраструктурную ипотеку и зеленые облигации. Это позволит в разы увеличить финансирование деятельности особо охраняемых природных территорий. ”

Важным перспективным направлением деятельности ООПТ в АЗРФ он назвал создание совместно с вузами российской Арктики и промышленными предприятиями климатических полигонов, что существенно продвинет вперед ESG-рейтинг российских компаний и даст им преимущества при работе на азиатских рынках.

Виктор Петров, и.о. директора Кандалакшского заповедника, напомнил, какой путь прошла эта ООПТ: от охотничьего заповедника, где сохраняли и изучали пути увеличения популяции одного вида, имеющего хозяйственное значение, до огромной территории, включающей и острова, и берег Кольского полуострова, и морские пространства, на которых ведутся наблюдения и охраняются все живые организмы. Виктор Николаевич убежден, что без выделения больших территорий полностью охраняемой среды невозможно сохранение биоразнообразия. Охраняемые территории – это скорее сеть, а не отдельные участки с особым режимом природопользования. Необходимо установить единые KPI по достижению биологического разнообразия и расширять горизонтальные связи и обмен опытом между ООПТ, широко привлекать к этому процессу науку и общественные организации.

Тех же взглядов придерживается и заместитель директора нацпарка «Русская Арктика» по научной работе Иван Мизин. Совместные экспедиции сотрудников разных заповедников, национальных парков позволяют ученым объединить свои усилия в изучении определенной экосистемы, обогатить свои знания и обменяться ими, получить полную картину по какой-либо экосистеме. Он напомнил, что именно сохранение биоразнообразия является главной целью и причи-

ной создания ООПТ. Сегодня целесообразнее отойти от вопроса охраны изолированных видов и обратить внимание на сохранение разнообразия их среды обитания и взаимосвязей между видами. Инициатива по созданию «Красной книги российской Арктики» будет успешной только в том случае, если поставит во главу угла вопрос сохранения целых экосистем.

Очень важный вопрос, который часто ускользает от внимания ученых, – это охрана уязвимых экосистем от «захватчиков». Арктическая природа подчас беззащитна перед инвазивными видами растений и животных, и бороться с этими видами необходимо системно. Старший научный сотрудник Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина Михаил Кожин рассказал об одном из таких «захватчиков». Невзрачный злак костер может заменять собой аборигенные растения тундр, вытесняя их из экосистемы. Нужно вести своеобразную «Черную книгу Арктики» и следить за инвазивными видами.

Директор заказника «Плейстоценовый парк» Никита Зимов напомнил, что в плейстоценовую эпоху на территориях современных тундр существовали так называемые «мамонтовые степи», богатые и разнообразные экосистемы. Увеличить устойчивость арктических экосистем, успешно бороться с климатическими изменениями и призван развивающийся в Республике Саха «Плейстоценовый парк».

Подводя итог заседания, Евгений Боровичев отметил, что некоторые темы, несмотря на большой круг участников, остались затронуты только мельком, и предложил провести несколько встреч, посвященных вопросу сохранения биоразнообразия.

«КАМЕННЫЙ ЦВЕТОК» В АПАТИТАХ

В том, что двадцать девятая выставка «Каменный цветок», которую при поддержке Кольского научного центра ежегодно проводит апатитский Дворец культуры, состоится и в 2022 г., большой уверенности не было. Сначала ее запланировали на февраль, но в связи с очередным обострением эпидемиологической обстановки отложили. Некоторое время и участники, и организаторы пребывали в состоянии неизвестности. Однако все проблемы, связанные с коронавирусом, удалось преодолеть. Выставка прошла в середине весны – с 13 по 17 апреля.

Висевшая в воздухе неопределенность и успешное ее разрешение нашли свои отражение в представлении, которым торжественно открылся «Каменный цветок». Актеры студии Олега Куртанидзе изобразили вершины Хибин, потерявшие зрение из-за козней злого волшебника. Только восстановив последовательность минералов, с 1996 г. становившихся символами выставки, духи гор смогли преодолеть морок. Так организаторы напомнили зрителям о том, кто стоял у истоков выставки.

Одними из инициаторов ежегодных встреч любителей минералогии, мастеров-камнерезов, художников и тех, кто готов делиться красотой Кольского Севера в своих картинах и сувенирах, были сотрудники Геологического института Всеволод Баржицкий, Людмила Сазыкина, Владимир Семенов. А знаменитые календари «Каменного цветка» создавал минералог Григорий Иванюк. Ему принадлежали и образцы минералов Кольского полуострова, и фотографии, украшавшие календари, и сам дизайн этих календарей. Смерть геолога не прервала сложившейся традиции – второй год коллеги Григория Юрьевича предлагают в качестве символов выставки минералы, выражающие дух Хибин. Ознакомиться с героями всех календарей от 1996 г. до 2022 г. можно было на стенде Геологического института, а их фотографии предоставил Музейно-выставочный центр «Апатит».

Стенд Кольского научного центра был посвящен не только геологии. Большая экспозиция рассказывала о достижениях ученых Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья: о новых функцио-



Героями церемонии открытия «Каменного цветка» стали минералы, в разные годы украшавшие календарь выставки. Фото Н. Щур

нальных материалах, созданных на основе наблюдений за природными богатствами Хибин, и об открытиях, ставших большим вкладом в фундаментальную науку. Прогремевший в 2021 г. форум «Молодая наука Арктики», напомнил о себе выставкой лучших работ фотоконкурса и составленным из них календарем на 2022-2023 гг. Сотрудники научного центра рассказывали посетителям о хибинских горных породах и минералах и предлагали красочные фотоальбомы, путеводители и художественную литературу, вышедшую в издательстве КНЦ.

Посетители выставки смогли «прогуляться» по Музею геологии и минералогии им. И.В. Белькова. Тех, кто не попал на виртуальную экскурсию, на Youtube-канале Кольского научного центра ждет видеорассказ о музее ([часть первая](#) и [часть вторая](#)).

Сложно словами описать то, что нужно разглядывать, слушать и касаться рукой. Ученые Кольского научного центра рекомендуют не ограничиваться чтением статей о выставке, а посетить ее в следующем году. Тем более что к юбилейному «Каменному цветку» они подготовят нечто незабываемое.



Фотографии, книги, рассказы о разработках ученых и минералах региона - стенд Кольского научного центра оказался интересным и детям, и взрослым. Фото Н. Щур

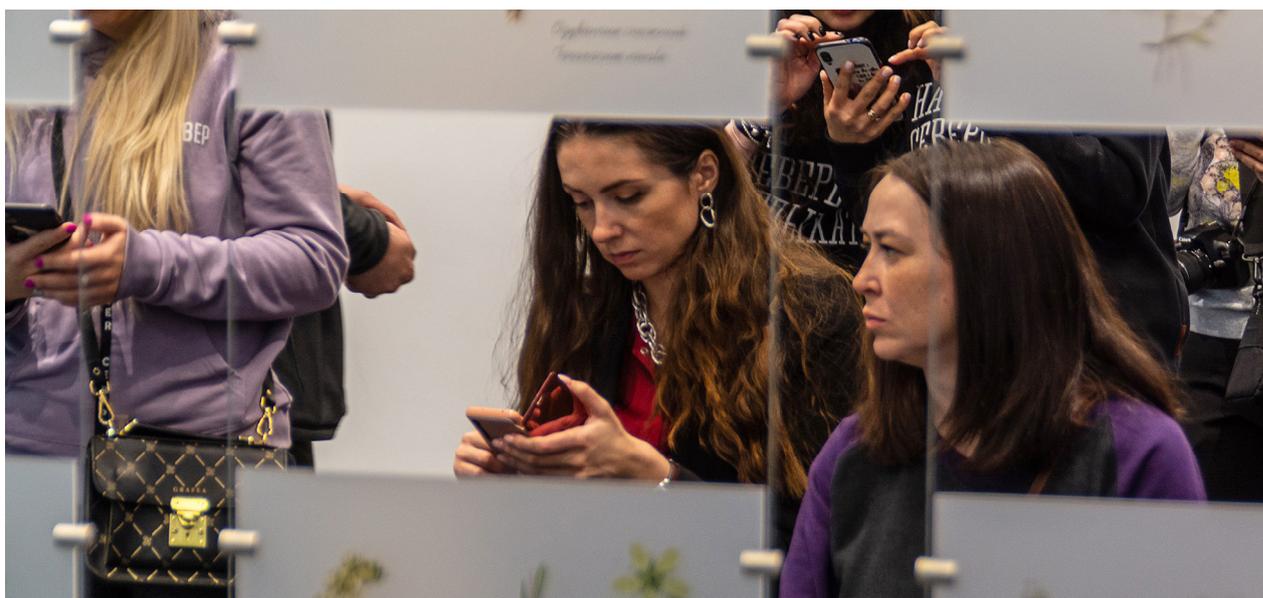
АРКТИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ТУРИЗМА В АПАТИТАХ

Природа одарила Арктику огромными запасами ресурсов, но не устойчивости. Много десятилетий освоение арктических богатств проходило хищнически, без адаптации обычных практик природопользования к особенностям региона, что привело к серьезным нарушениям местных экосистем. Сейчас необходимо вспомнить о балансе между использованием природных ресурсов и охраной природы, особенно в свете усилившегося спроса на красоту здешних мест. Под угрозой оказались не только природа, но и местные жители.

Можно создать жесткие законодательные рамки для посещения и освоения Арктики, но без понимания причин и последствий никакие запреты действовать не будут. 2022 г. был объявлен в Мурманской области годом экологически ответственного туризма. Комитет по туризму Мурманской области начал серьезную работу по донесению до ключевых игроков туристического рынка, чем экологически ответственный туризм отличается от бытового отдыха на природе.

Одним из этапов этой работы стала организация Арктической лаборатории туризма. Это система выездов в города и поселки области группы экспертов из Комитета по туризму, Туристского информационного центра области, а также ученых, сотрудников особо охраняемых природных территорий, чиновников и предпринимателей, занятых в сфере туризма. Помимо осмотра достопримечательностей эксперты обсуждают их туристический потенциал, проводят практические и теоретические занятия. Первыми пунктами назначения Арктической лаборатории туризма стали Ковдор, активно развивающийся бренд «Гиперборея», и Мончегорск, также серьезно работающий над созданием узнаваемого «лица» города, привлекательного для туристов.

Третья встреча прошла в Апатитах. Город не очень известен местами притяжения для туристов, однако здесь располагается Кольский научный центр, занимающийся экспертным сопровождением многих производственных и социально-экономических проектов. В конце



Участники выездной лаборатории старались запомнить самые интересные истории и заснять каждый уголок музея. Фото Н. Щур



Хороший экскурсовод даже зимой найдет, как рассказать о растениях. Фото Н. Щур

2021 г. на форуме «Стратегическое планирование в регионах и городах России: реальность 2020 и повестка десятилетия» Апатиты получили спецприз Проектного офиса развития Арктики за лучшее решение в области устойчивого развития и ESG-трансформации. Это оказалось возможным благодаря тесному сотрудничеству ученых и городской администрации.

Гости из Арктической лаборатории туризма провели насыщенный день в компании сотрудников Кольского научного центра. Они познакомились с теорией и практикой природного туризма, с достопримечательностями города и окрестностей. Многие просветительские проекты, о которых шла речь, были реализованы при поддержке Проектного офиса развития Арктики.

Эксперты посетили интерактивный музей «Хибинариум», Музей освоения Европейского Севера Центра гуманитарных проблем Баренц региона и Музей геологии и минералогии Геологического института. Везде их сопровождали ученые и краеведы, не только знакомя с экспозициями, но и рассказывая

об истории освоения и изучения Кольского края.

Основным пунктом программы стал «ЭКО-ликбез». Ученые и журналисты рассказали об экологических маршрутах, о том, как их оборудовать, о чём и как рассказывать, чтобы читателю и слушателю было интересно и он получал достоверную, не перегруженную информацию. Каждая лекция завершалась активным обсуждением.

Не прошли и мимо актуальной темы подготовки кадров. В этой сфере удалось добиться больших успехов благодаря своевременной организации Школы гидов. Ее создали Кольский научный центр и Ассоциация гидов-проводников и экскурсоводов Хибин при финансовой поддержке ПОРА и Хибинского центра развития бизнеса. Восемнадцать гидов, экскурсоводов музеев, сотрудников научных организаций и Комитета по туризму прошли обучение в 2021 г. и получили сертификаты государственного образца. В 2022 г. начался второй сезон Школы.

Большие споры вызвали два вопроса: есть



Гости не только смотрели и слушали, но и горячо обсуждали увиденное. Фото Н. Щур

ли в Апатитах интересные объекты природного туризма и возможен ли вообще природный туризм в заполярном городе, который большую часть года покрыт снегом. Ответом на оба эти вопроса стала ботаническая прогулка по Академгородку. Оказалось, что даже в апреле под руководством опытного экскурсовода можно заметить разницу между видами деревьев, узнать об истории запланированного и стихийного озеленения и понять, почему интродуцированные растения без помощи человека не могут размножаться на Севере. Впрочем, есть еще одна возможность «прогуляться» по летнему Академгородку даже зимой – это **виртуальная экскурсия**, созданная научно-организационным отделом Кольского научного центра при информационной поддержке Института проблем промышленной экологии Севера и Полярно-альпийского ботанического сада-института. Навигация этого проекта интуитивно понятная, панорамы парка и дополнительные фотографии зданий, дорожек и растений позволяют познакомиться с лабораториями центра, узнать, кто и над чем работает в них, а также в подробностях рассмотреть заполярных обитателей и уникальные растения-пришельцы.

Владельцы располагающегося в Академго-

родке арт-салона «Арт.Арктик.Лофт», художники Станислав и Лариса Никоновы рассказали о выставках и концертах, проходящих здесь, а также об интересных проектах, реализованных с участием Кольского научного центра и ПОРА. Большое внимание к природе Хибин и их предгорий привлекли проект «Дикие орхидеи Заполярья» и коллективный пленэр «Хибины иначе». Такие проекты привлекают в Апатиты любителей природы, истории и искусства.

Базы отдыха «Саамская деревня» и «Тьетта», где недавно был оборудован павильон для наблюдения за полярными сияниями, стали местом подведения итогов поездки Арктической лаборатории туризма в Апатиты. Эксперты пришли к выводу, что несмотря на еще не раскрытый туристический потенциал города, его вполне возможно сделать привлекательным для разных групп туристов. Для этого необязательно конструировать «фейковую историю» - достаточно создать привлекательные для туристов маршруты, достопримечательности, интересные и понятные символы города. Работа это сложная, но реальная. И очень интересная. При грамотной подаче, внятной информационной поддержке и умелом продвижении в Апатитах появится много заинтересованных и бережно относящихся к Арктике гостей.

В ИНСТИТУТЕ ХИМИИ ВСТРЕТИЛИСЬ МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ



«Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий» — так называлась научно-техническая конференция молодых ученых, специалистов и студентов вузов, которая в шестнадцатый раз прошла с 20 по 22 апреля в Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева. В этом году АО «Апатит» принял активное участие в ее организации.

Приветствуя участников, главный богатитель, заместитель главного инженера АО «Апатит» Александр Калугин напомнил, что вся история компании связана с Кольским научным центром, и выразил надежду на то, что участие в организационном комитете укрепит это сотрудничество.

“ Промышленность должна непрерывно обновляться, соответствуя духу времени, а без науки такое обновление невозможно, — подчеркнул он. ”

Директор Института химии, доктор химических наук Сергей Кузнецов и заместитель

директора, член-корреспондент РАН, доктор химических наук Анатолий Николаев призвали молодежь быть активнее, участвовать в обсуждении докладов и максимально использовать полученные от оппонентов критические замечания. Сергей Александрович предположил, что при обновлении кадров Института химии многие участники конференции вольются в ряды его сотрудников.

“ Желаю вам сегодня интересных вопросов по поводу ваших докладов, и чтобы эти вопросы вы восприняли не как попытку задеть, а как стимул к развитию, — поддержал коллег председатель Совета молодых ученых Кольского научного центра, ведущий научный сотрудник Института информатики и математического моделирования, доктор технических наук Андрей Маслобоев. ”

Пленарные доклады представили старший научный сотрудник Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, канди-



День открытия конференции совпал с юбилеем Михаила Рюмина. Алевтина Гостева поздравила его и вручила подарок от всех сотрудников Института химии.. Фото Н. Щур

дат химических наук Михаил Рюмин, генеральный директор ООО «Химинформ», кандидат технических наук Аркадий Коссой, доцент Института химии Санкт-Петербургского государственного университета, кандидат химических наук Андрей Шишов и и.о. заведующего кафедрой Вятского государственного университета, кандидат химических наук Антон Кузьмин. Они поделились своим видением перспектив синтеза новых функциональных материалов и моделирования химических процессов.

Школьники, студенты вузов, аспиранты и молодые ученые изложили результаты своих исследований в разных областях: от электрохимии и химии строительных материалов до обогатительных технологий и экологических проблем. Вдохновленные напутствием старших коллег, молодые участники не боялись задавать вопросы и делиться своими соображениями по поводу прослушанных докладов. Порой это помогало докладчикам вовремя заметить ошибку и внести коррективы в свои рассуждения.

Заместитель председателя оргкомитета конференции, кандидат химических наук Вла-

димир Долматов и секретарь, кандидат химических наук Денис Домонов вручили дипломы победителей студентам Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета и молодым ученым Института химии. Среди третьекурсников первое место заняла Александра Варнавальская, второе – Александра Баева, третье – Кристина Корчагина. В категории «студенты старших курсов и магистры» «золото» завоевала Таисия Кузина, «серебро» – Елена Пасичник, а «бронзу» – Маргарита Фролова. Диплом первой степени в категории «молодые ученые» получила Дарья Ветрова, диплом второй степени – Максим Смирнов. Дипломы третьей степени завоевали Ирина Бочарова и Владимир Виноградов. Почетным дипломом за лучший доклад наградили третьекурсницу Петрозаводского государственного университета Софью Петрову.

Работа секции «Юные ученые» прошла в дистанционном формате, что совсем не мешало участникам вести серьезные дискуссии в виртуальных залах «Химия», «Физика» и «Биология». Модерировала секцию младший научный сотрудник Института химии



Любовь Бобрева, а оценивали доклады и давали рекомендации по поводу дальнейших исследований сотрудники Института химии, Института проблем промышленной экологии Севера и Полярно-альпийского ботанического сада-института. Помимо учеников 8-11-х классов кировских и апатитских школ свои результатами своих экспериментов поделились ребята из младших классов.

Дипломами за стремление к исследовательской деятельности наградили четвероклассницу апатитской школы №5 Софию Омелай и учеников апатитской школы №7, Александру Морозову из четвертого класса и пятиклассницу Екатерину Полевою. Лучшие исследовательские работы на химическую тему представили ученики 10-го класса кировской школы №5. На первом месте – Сергей Битинский. Второе место его одноклассница Дарья Тетеревлёва поделила с Ириной Демидовой из апатитской школы №15. На третьем месте – Виктория Кузнецова. В направлении «Физика» первыми стали представитель той же кировской школы №5 Дмитрий Иванов и девятиклассник апатитской школы №15 Максим Федченко. Вторым оказался Егор Федотов из десятого класса кировской школы №7, а третьим - одиннадцатиклассник

апатитской школы №5 Максим Марков. Среди биологов на первом месте Елизавета Ульянова из девятого класса кировской школы №7, на втором – Федор Баранов из десятого класса апатитской школы №7, на третьем – одиннадцатиклассница Хибинской гимназии Глафира Киреева и Эмилия Желинская из десятого класса апатитской школы №15.

Приятным сюрпризом торжественного закрытия конференции стало вручение диплома премии «УМНИК» 2022 г. младшему научному сотруднику Института химии Максиму Окуневу. Ведущий менеджер Мурманского регионального инновационного бизнес-инкубатора Ольга Сидоренко, вручая диплом, напомнила о том, каких успехов успели добиться лауреаты премии прошлых лет Александр Потокин и Никита Цветов.

Подводя итоги конференции, Сергей Кузнецов с удовольствием отметил, что уровень работ молодых исследователей растет с каждым годом. Молодежь по-прежнему может удивить даже самых опытных ученых – своей энергией, умением не отступать при виде трудностей, нетривиальным и критичным взглядом на мир. Все эти качества, бесспорно, пригодятся молодым людям в серьезной научной работе,

СОСТОЯЛИСЬ ВЫБОРЫ ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА



Сергей Кривовичев, Сергей Федосеев и Дмитрий Макаров выступают со своими программами перед избирателями. Фото Н. Щур

8 и 9 июня прошли очередные выборы руководителя Кольского научного центра. В тайном голосовании участвовали все сотрудники Кольского научного центра, пожелавшие сделать свой выбор.

На должность генерального директора претендовали три кандидата: нынешний генеральный директор КНЦ РАН, член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук Сергей Кривовичев, директор Института проблем промышленной экологии Севера, доктор технических наук Дмитрий Макаров и директор Института экономических проблем имени Г. П. Лузина, доктор экономических наук Сергей Федосеев.

Для тех, кто в дни выборов находился в командировке или отпуске, было организовано досрочное голосование. Начиная со 2 и по 7 июня проголосовало 46 человек.

7 июня в большом зале апатитского Дворца культуры состоялись встречи с кандидатами. Прямую трансляцию заседаний вел

[Youtube-канал Кольского научного центра.](#)

Самое большое количество вопросов избиратели задали Дмитрию Макарову. Не постеснялись сотрудники центра и публично выразить свою поддержку кандидатов. Так, с одобрительным словом в адрес Сергея Кривовичева выступили и.о. заместителя генерального директора по науке и инновациям Иван Тананаев и заведующий молодежной лабораторией Сергей Аксенов.

8 и 9 июня голосование проходило активно: из 1262 сотрудников, включенных в списки избирателей, в дни выборов заполнили бюллетени 917 человек – более 70%. По результатам подсчета голосов новым генеральным директором Кольского научного центра стал Сергей Кривовичев. Он набрал 459 голосов. У Дмитрия Макарова – 398 голосов, у Сергея Федосеева – 60.

31 июля Сергей Владимирович вступил в свои обязанности и занял место руководителя до 2027 г.

ВИЗИТ ГУБЕРНАТОРА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В последний день весны губернатор Мурманской области Андрей Чибис и его заместители Юрий Фомин и Ольга Кузнецова совершили рабочую поездку в Апатиты и Кировск. Большое место в повестке дня занял Кольский научный центр.

В стратегической сессии, посвященной вопросам импортозамещения, охраны окружающей среды и наиболее важным для экономики региона научным исследованиям приняли участие директор Геологического института Николай Козлов, директор Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья Сергей Кузнецов, директор Горного института Сергей Лукичев, директор Института проблем промышленной экологии Севера Дмитрий Макаров, директор Института эконо-

мических проблем Сергей Федосеев, а также Сергей Аксенов – заведующий молодежной лабораторией арктической минералогии и материаловедения, созданной в прошлом году при поддержке областного правительства в рамках НОЦ «Российская Арктика».

Заместитель генерального директора Кольского научного центра Владимир Дядик рассказал о новом научно-исследовательском центре, который в ближайшие годы появится в Апатитах. Он займется поиском новых путей переработки труднообогатимых руд. На возведение и оборудование лабораторного корпуса планируют потратить более 300 миллионов рублей. 2022 г. будет отведен на подготовку строительной площадки, подбор персонала и начало теоретических исследований, а стро-



Беседа ученых с губернатором получилась очень насыщенной не только содержательно, но и эмоционально.
Фото Н. Щур



Ольга Петрова
провела экскурсию
по залам
"Хибинариума".
Фото Н. Щур



ительство начнется в 2023 г. Над этим проектом совместно работают Кировский филиал АО «Апатит» и Кольский научный центр.

Собеседники затронули и еще один важный вопрос: как создать наиболее комфортные условия для работы и жизни молодых специалистов и привлечь их из других регионов.

“ Кольский научный центр является нашим партнером в рамках научно-образовательного центра международного уровня, – подытожил Андрей Чибис.

Он с удовольствием отметил, что молодые специалисты, завершившие обучение в российских вузах, сегодня пришли в науку и получают признание, в том числе международное.

Еще один итог сессии – то, что идеи относительно новых точек роста экономики, предложенные учеными, нашли отклик у губернатора:

“ Мы постараемся, чтобы их наработки были претворены в жизнь. Все это в результате даст нашей экономике новые рабочие места, инвестиции, а значит, и доходы в бюджет.

Посетил Андрей Владимирович также Центр коллективного пользования, открытый благодаря полученной в 2020 и 2021 гг. субсидии более чем в 160 миллионов рублей по программе обновления приборной базы

Министерства высшего образования и науки РФ «Современные методы исследований». Впервые за многие годы удалось совершить масштабные закупки самого современного оборудования, предназначенного для междисциплинарных исследований. Микроскопами и дифрактометрами пользуются все заинтересованные в этом сотрудники разных институтов Кольского научного центра.

Самым ярким впечатлением от поездки стал для главы Мурманской области музей «Хибинариум», экскурсию по которому провела ведущий инженер Института проблем промышленной экологии Севера Ольга Петрова.

Владимир Дядик подчеркнул, что новый музей, в первую очередь, предназначен для просветительских целей. Две экспозиции, посвященные Хибинскому массиву и разработкам ученых Кольского научного центра в сфере освоении природных ресурсов региона, позволяют проводить экологические, исторические и другие тематические занятия для самых разных посетителей.

Андрей Чибис выразил твердую убежденность в том, что «Хибинариум» станет интересен всем: детям, взрослым, гостям города.

“ Все должны получать максимум достоверной информации о месте, в котором живут и куда приезжают отдыхать, о его природе и ресурсах. – заявил он.

ИЗМЕНЕНИЯ В УСТАВЕ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА: ПОПОЛНЕНИЕ И ПЕРЕИМЕНОВАНИЕ

В июле Министерство образования и науки Российской Федерации издало приказ о внесении изменений в устав Кольского научного центра.

Институту информатики и математического моделирования было присвоено имя Владимира Александровича Путилова, ушедшего из жизни 8 ноября 2021 г.

Доктор технических наук, основатель и бессменный научный руководитель Института информатики и математического моделирования, Владимир Александрович был основателем нового направления в автоматизированном проектировании информационных технологий для управления сложными трудноформализуемыми системами. Благодаря его организационной и педагогической деятельности и активной работе его учеников это направление получило широкое развитие. Владимир Путилов стал одним из «отцов» и руководителей Кольского филиала Петрозаводского государственного университета.

В состав Кольского научного центра вошел Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина.

Ботанический сад, созданный в составе Хибинской горной станции Академии наук СССР



Владимир Александрович Путилов
(1947 – 2021)

в 1931 г., долго был структурным подразделением Кольского филиала АН СССР, а затем Кольского научного центра Академии наук СССР и РАН. По окончании периода автономии всех подразделений КНЦ РАН в 2017 г. Полярно-альпийский ботанический сад-институт не был присоединен к восстановленному Федеральному исследовательскому центру. Однако сотрудничество ученых обеих организаций успешно продолжалось. Неоднократно публиковались совместные научные работы, научно-популярные книги, проходили совместные конференции и круглые столы, реализовывались совместные исследования и другие проекты сотрудников ПАБСИ и КНЦ РАН.

В 2022 г. процесс объединения завершился, и теперь Полярно-альпийский ботанический сад-институт имени Н. А. Аврорина вновь входит в состав Кольского научного центра РАН.



Логотип Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина

РУКОВОДИТЕЛЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ИЗБРАН АКАДЕМИКОМ РАН

С 1 по 3 июня на общем собрании состоялись новых членов Российской академии наук. По итогам тайного голосования руководитель Кольского научного центра, доктор геолого-минералогических наук Сергей Владимирович Кривовичев был избран академиком РАН.

Сергей Владимирович возглавил Кольский научный центр в 2017 г. Под его руководством произошло объединение десяти институтов в единый федеральный исследовательский центр. Также налажена финансовая и хозяйственная деятельность, идет работа по укреплению общей инфраструктуры КНЦ.

Сергей Кривовичев – признанный как российским, так и международным научным сообществом минералог и кристаллограф, неустанный популяризатор научного знания и педагог. Он возглавляет Российское минералогическое общество, является профессором кафедры кристаллографии Института наук о Земле Санкт-Петербургского университета и ведущим редактором журнала «European Journal of Mineralogy». Минералогическое общество Великобритании и Ирландии удостоило его медали Шлюмберже, а Американская минералогическая ассоциация – медали Дана.

Сергей Владимирович расшифровал кристаллическую структуру более 120 минералов. Благодаря этому удалось открыть и создать научное описание 90 минералов. На его теорию структурной и химической сложности минералов и теорию анионоцен-



трированных структур в минералах опираются в своих исследованиях ученые всего мира. Другие важные результаты его научных работ – это выяснение закономерностей преобразований полевошпатовых структур при высоких давлениях и кристаллохимическая систематика высокобарических силикатов, а также детальные исследования более 400 новых минералоподобных соединений урана и свинца.

Поздравляем Сергея Владимировича с избранием!

ОРДЕНА ДРУЖБЫ ДЛЯ ДИРЕКТОРОВ ИНСТИТУТА ХИМИИ И ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА



21 марта и 4 мая президент Российской Федерации Владимир Путин подписал указ о награждении выдающихся россиян государственными наградами.

За большой вклад в развитие науки и многолетнюю добросовестную работу Ордена дружбы были удостоены директор Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева, доктор химических наук Сергей Кузнецов и директор Геологического института, доктор геолого-минералогических наук, профессор Николай Козлов.

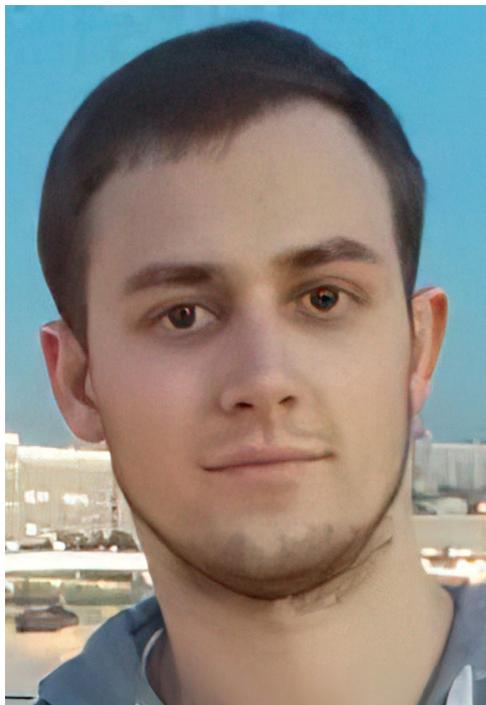
Учрежденный в 1994 г., этот орден является преемником Ордена дружбы народов, вручаемого в СССР. Заслужить орден могут граждане России, а также иностранные граждане, которые своим трудом укрепляли мир и дружбу между народами, сближали культуры наций и народностей, развивали науку и культуру, здравоохранение и образование, сохраняли

и преумножали культурное и материальное богатство России, защищали права и свободы граждан и многое сделали для реализации крупных совместных проектов на благо страны.

Сложно представить людей, более соответствующих званию кавалера этого ордена. Всю свою трудовую жизнь Сергей Александрович и Николай Евгеньевич посвятили исследовательской деятельности, научной дипломатии и педагогике. Их работы имеют огромное значение как для фундаментальной науки, так и для укрепления стратегического потенциала России, а совместные проекты с зарубежными учеными помогли найти общий язык между исследователями разных стран и разных областей знания и построить стратегию эффективной совместной работы на благо страны.

От всей души поздравляем Сергея Александровича и Николая Евгеньевича с наградой!

ПОЗДРАВЛЯЕМ КАНДИДАТОВ НАУК!



Роман Титов
и Екатерина
Иванова.
Фото
из личных
архивов

19 апреля Институт проблем комплексного освоения недр РАН провел заседание диссертационного совета 24.1.096.01. На заседании заслушали двух соискателей ученой степени кандидата технических наук.

По специальности «Геоэкология» работу под названием «Геоэкологическая оценка влияния отходов обогащения редкометалльных руд на окружающую среду (на примере ООО «Ловозерский ГОК»)» выполнила младший научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Евгения Красавцева. Ее научным руководителем был директор Института проблем промышленной экологии Севера, доктор технических наук Дмитрий Макаров.

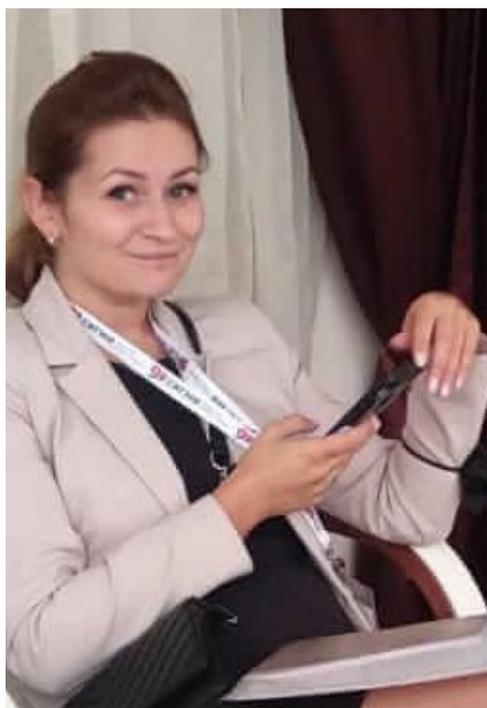
Научный сотрудник Горного института Александр Фомин защищал работу по специальности «Обогащение полезных ископаемых». Называлась его диссертация «Научное и экспериментальное обоснование технологии гравитационного разделения гематитсодержащего сырья в потоках малой толщины с использованием численного моделирования», а научным руководителем Александра Владимировича стал веду-

щий научный сотрудник Горного института, кандидат технических наук Михаил Хогуля.

19 мая в Санкт-Петербургском государственном университете прошла защита диссертации на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых». Младший научный сотрудник лаборатории природоподобных технологий и техносферной безопасности Арктики Илья Корняков представил свою работу на тему «Синтез и кристаллохимия новых минералоподобных соединений двухвалентной меди». Научный руководитель Ильи Викторовича – доктор геолого-минералогических наук Сергей Кривовичев.

21 июня в Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева состоялась успешная защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Диссертацию на тему «Технологические и структурные факторы формирования физических характеристик нелинейно-оптических монокристаллов ниобата лития, легированных



Евгения Красавцева и Александр Фомин. Фото из личных архивов

цинком и бором» представил научный сотрудник Института химии Романт Титов. Его научным руководителем является доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный химик Российской Федерации Николай Сидоров.

30 июня в Институте лесоведения РАН старший лаборант Института проблем промышленной экологии Севера Екатерина Иванова успешно защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук.

Научным руководителем работы на тему «Формирование и разложение древесного опада в сосновых лесах на северном пределе распространения при аэротехногенном загрязнении» выступила директор Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН Наталья Лукина.

Поздравляем новых кандидатов наук и желаем им долгого и продуктивного пути!



Руководитель Кольского научного центра Сергей Кривовичев выступает на защите кандидатской диссертации Ильи Корнейкова. Фото из личного архива

ЗАСЛУЖЕННЫЕ РАБОТНИКИ ГОРОДА АПАТИТЫ ИЗ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА



Светлана Кательникова и Николай Бова вручили Галине Скиба, Юрию Нерадовскому, Валерию Минину и Любове Давыдовой памятные знаки и удостоверения заслуженного работника города Апатиты.
Фото Н. Щур

10 сентября в большом зале заседаний апатитской администрации состоялось торжественное награждение жителей Апатитов, удостоившихся почетного звания заслуженного работника города.

Это звание в Совет депутатов города Апатиты присваивал уже второй раз. На соискание

почетного звания своих кандидатов выдвигают разные организации и учреждения города. Право на получение звания имеют те, кто отработал на одном месте не менее десяти лет. Общий трудовой стаж кандидата без дисциплинарных взысканий должен составлять не менее 30 лет.



Елена Мороз – выпускница Первого ленинградского медицинского института.
Фото Н. Щур



Галина Андреева с 1989 г. работает в Институте проблем промышленной экологии химиком-аналитиком. И работа, и Апатиты ей очень нравятся. Фото Н. Щур

Среди заслуженных работников 2022 года есть и сотрудники Кольского научного центра РАН: ведущий инженер Центра коллективного пользования Института проблем промышленной экологии Севера Галина Николаевна Андреева, начальник отдела кадров Горного института Любовь Васильевна Давыдова, заведующий лабораторией энергосбережения и возобновляемых источников энергии № 23 Центра физико-технических проблем энергетики Севера Валерий Андреевич Минин, врач-акушер-гинеколог поликлиники Больницы КНЦ РАН Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике Елена Владимировна Мороз, ведущий научный сотрудник группы технологической минералогии Геологического института Юрий Николаевич Нерадовский, научный сотрудник Центра гуманитарных проблем Баренц-региона Антонина Григорьевна Саморукова и заведующая лабораторией хи-

мических и оптических методов анализа № 32 Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева Галина Степановна Скиба.

Удостоверения, почетные знаки и премию от Кольского научного центра вручали председатель Совета депутатов города Апатиты Светлана Кательникова и глава городской администрации Николай Бова.

Некоторые, получив свой памятный знак, покидали зал, но Елена Мороз в сопровождении родственников осталась до самого окончания церемонии и тепло приветствовала аплодисментами каждого, кто выходил на сцену. Елена Владимировна рассказала, что работает в Кольском научном центре уже 47 лет. После окончания знаменитого Ленинградского «первого меда» она добилась распределения именно в Апатиты и ни разу за все эти годы не пожалела о своем решении.

К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ АНДРЕЕВИЧА ГУСАКА

7 июня отметил свое 70-летие Сергей Андреевич Гусак – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией физико-химических и минералого-технологических методов контроля минерального сырья Горного института.

Сергей Андреевич – высококвалифицированный специалист в области теплофизических процессов и радиационной безопасности подземных объектов атомной энергетики. Свою работу в Кольском филиале АН СССР он начал 46 лет назад, сразу после окончания Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина. В составе различных научных коллективов он исследовал тепловое состояние подземных сооружений и вмещающего породного массива при различных режимах эксплуатации подземных атомных станций, включая тяжелые внутренние аварии, занимался обоснованием инженерно-технических решений по преобразованию объекта «Укрытие» Чернобыльской АЭС в экологически безопасную систему. Долгое время основным направлением научной деятельности Сергея Гусака были изучение тепловой и радиационной безопасности подземных хранилищ ядерного топлива и радиоактивных отходов, разработка подземных комплексов для размещения атомных станций малой мощности. Сейчас лаборатория под его руководством проводит минералого-технологический контроль процессов обогащения полезных ископаемых и химико-аналитический контроль при выполнении технологических исследований по комплексному обогащению руд и обеспечению промышленных и полупромышленных испытаний.



Сергей Андреевич является соавтором более 80 научных трудов, включая 7 монографий. Был награжден почетными грамотами Российской академии наук и Профсоюза работников РАН, благодарственными письмами Мурманской областной думы, удостоился звания «Ветеран труда». Имеет удостоверение участника ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Сергей Гусак не забывает и о преподавательской деятельности: он читает лекции и проводит семинары на кафедре горного дела, наук о Земле и природообустройства филиала МАГУ в г. Апатиты. Коллеги и друзья уважают его за неутомимость, ответственность и бережное отношение к людям.

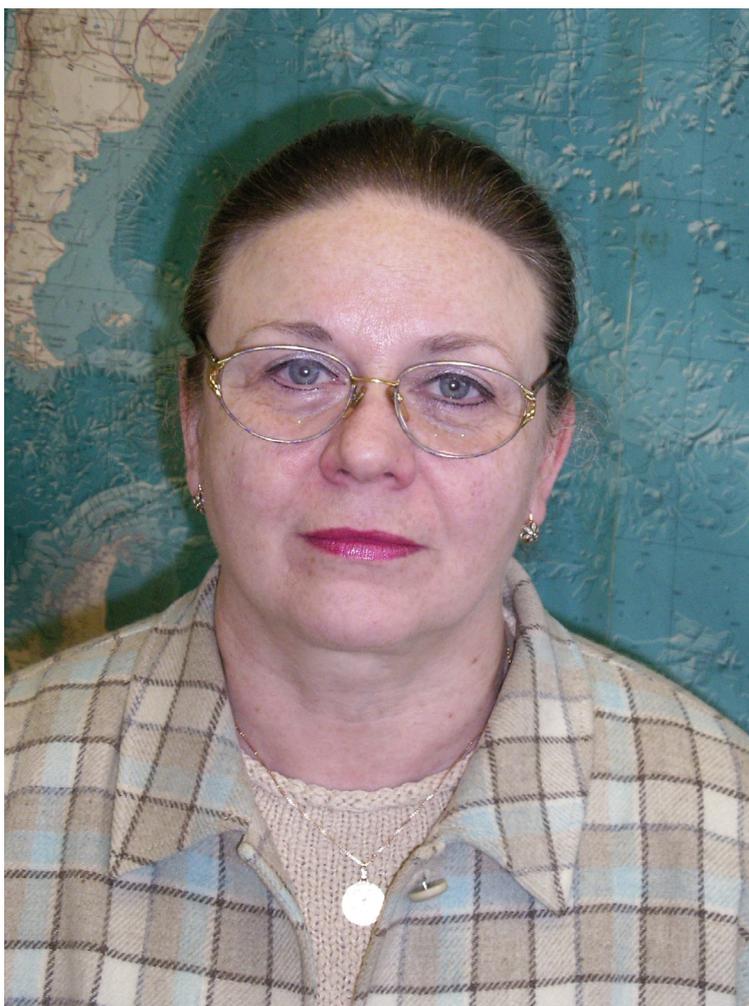
Уважаемый Сергей Андреевич! Поздравляем вас с юбилеем и желаем крепкого здоровья, долгих лет жизни и новых научных побед!

К ЮБИЛЕЮ ВЕРЫ АЛЕКСЕЕВНЫ ЗАХТЕЕВОЙ

8 июня отметила круглую дату Вера Алексеевна Затхеева – научный сотрудник Института экономических проблем им. Г. П. Лузина.

В 1977 г. Вера Захтеева окончила Московский институт управления им. С. Орджоникидзе. С 1970 по 1990 гг. работала лаборантом и инженером-экономистом в экономических отделах институтов Министерства рыбного хозяйства – ПИНРО и Северного филиала ВНИЭРХ, участвовала в разработке прогнозных рекомендаций по развитию рыбохозяйственного комплекса Северного бассейна. В Кольский научный центр пришла в 1991 г.

В Институте экономических проблем Вера Алексеевна трудится в отделе экономической политики, морской и рыбохозяйственной деятельности в Арктике и районах Крайнего Севера, являясь исполнителем разделов в отчетах в научно-исследовательских работах «Научные и прикладные основы устойчивого развития и модернизации морехозяйственной деятельности в западной части Арктической зоны РФ», «Экономическое обоснование стратегии морской деятельности в Арктике», «Научные и прикладные основы государственной политики функционирования ресурсно-сырьевой экономики на шельфе и в прибрежной зоне Российской Арктики в условиях глобализации» и многих других. Стала автором и соавтором более 30 научных публикаций, посвященных вопросам освоения биологических природных ресурсов



Западно-Арктических морей, развития рыбообрабатывающего комплекса Мурманской области, совершенствования институциональной среды развития российского рыболовства и системы доступа к водным биологическим ресурсам в западно-арктическом регионе. За профессиональное мастерство и многолетний добросовестный труд не раз была награждена грамотами и благодарственными письмами.

Коллеги ценят Веру Захтееву не только за профессиональные качества, но и за отзывчивость и трудолюбие, ответственность и стойкий характер.

Поздравляем Веру Алексеевну с прекрасным юбилеем! Желаем крепкого здоровья, оптимизма и хорошего настроения!

К ЮБИЛЕЮ СВЕТЛАНЫ АФАНАСЬЕВНЫ ШАРАМ

13 июня отметила свой юбилей ведущий редактор редакционно-издательского отдела Кольского научного центра Светлана Афанасьевна Шарам. Значение труда редактора в издательском процессе трудно переоценить. Отдел ежегодно издает большое количество журналов, сборников и монографий, и именно такие специалисты, как Светлана Афанасьевна, помогают поддерживать высокий уровень качества изданий. Многолетний опыт непрерывной редакторской, корректорской работы и тесного сотрудничества с авторами закрепили за ней репутацию настоящего знатока своей профессии, искренне обеспокоенного делами издательства. Ее компетентность, инициативность и отзывчивость снискали заслуженный авторитет в коллективе и уважение руководства.

Дорогая Светлана Афанасьевна, в этот замечательный день мы искренне желаем вам счастья, здоровья, благополучия, оптимизма, воплощения в жизнь всех замыслов, дальнейшей активной и плодотворной работы!



К ЮБИЛЕЮ ВЛАДИМИРА КОНСТАНТИНОВИЧА ЖИРОВА

15 июня исполнилось 70 лет и.о. директора Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике, доктору биологических наук Владимиру Константиновичу Жирову.

Владимир Константинович окончил биологический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова по специальности биолог-зоолог и по собственному желанию был направлен в поселок



Дальние Зеленцы – на станцию Мурманского морского биологического института Кольского филиала Академии наук СССР. С 1975 г. по 2021 г. он работал в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте, пройдя путь от старшего лаборанта до директора, а затем научного руководителя института. Сейчас Владимир Жиров успешно совмещает должности и.о. директора Научно-исследовательского центра Медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике и советника генерального директора Кольского научного центра.

За годы работы Владимир Константинович написал 274 научные работы, в том числе 13 монографий. Одним из его научных интересов всегда были проблемы адаптации организмов к условиям Севера: кандидатская диссертация была посвящена перекисному окислению липидов растений при действии низких температур, а докторская – физиолого-биохимическим основам приспособления и возрастной изменчивости растений в условиях Кольского Севера. В 2003 году был избран членом-корреспондентом Российской академии наук.

Владимир Жиров занимается не только научными исследованиями, но и педагогической, а также организационной деятельностью. Он заведует кафедрой геоэкологии Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета. 9 кандидатских и 3 докторские диссертации были защищены под его руководством и при участии в качестве научного консультанта. Организовал ряд международных проектов с участием университетов скандинавских стран и Финляндии по эколого-физиологическим исследованиям культурных растений, ввел в программу исследований Полярно-альпийского ботанического сада-института новые научные направления и сформировал основу будущего регионального биотехнологического кластера: рабочую группу по развитию биотехнологий в Мурманской области и Лабораторию биомедицинских технологий Арктики в Кольском научном центре.

Друзья, коллеги и родственники поздравляют Владимира Константиновича с юбилеем и желают ему новых достижений, неиссякаемого запаса сил и здоровья.

К ЮБИЛЕЮ МИХАИЛА НИКОЛАЕВИЧА ПЕТРОВСКОГО

15 июня отпраздновал 50-летие старший научный сотрудник Геологического института, кандидат геолого-минералогических наук Михаил Николаевич Петровский.

Михаил Петровский работает в Геологическом институте с момента окончания Санкт-Петербургского государственного горного института. Свою научную деятельность он связал с изучением эволюции и металлогении интракратонного магматизма, а также магматизма шовных зон, разделяющих крупные блоки континентальной коры. Изучает петрологию и ме-



таллогению гранитоидных и щелочных магматических пород, стремится реконструировать геодинамические режимы развития и условий магмогенерации в этих структурах и проследить изменчивость составов интрузивных и эффузивных образований во времени и пространстве, оценить перспективы их рудоносности и алмазонасности. В сфере своих интересов он опубликовал более 70 научных работ.

Михаил Николаевич – не только геолог. Он занимается активной общественной и по-

литической работой, состоит в Совете депутатов города Апатиты, обращает внимание на проблемы горожан и старается решить эти проблемы. Коллеги уважают Михаила Петровского за принципиальность и честность, ответственность и отзывчивость.

Дорогой Михаил Николаевич! Примите наши искренние поздравления с юбилеем и пожелания долгих лет жизни, здоровья и счастья!

К ЮБИЛЕЮ НИКОЛАЯ ЕВГЕНЬЕВИЧА КОЗЛОВА

22 июня отметил свое 70-летие доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор Геологического института Николай Евгеньевич Козлов.

Николай Козлов – достойный представитель яркой династии геологов, крупный ученый и организатор науки. После окончания геологического факультета Ленинградского государственного университета он начал свой научный путь в Геологическом институте Кольского филиала Академии наук СССР. Здесь он учился в аспирантуре, защитил кандидатскую и докторскую диссертации, возглавлял лабораторию архейской геологии и геодинамики, а в 2018 г. принял на себя руководство институтом. За годы его руководства институт ежегодно добивается успехов и в научной, и в финансовой сфере: растет число публикаций сотрудников в высокорейтинговых журналах и их важность для прикладной и фундаментальной науки, а также объем работ, выполняемых институтом по контрактам и хозяйственным договорам с горнодобывающими предприятиями Мурманской области.

За годы работы он выполнил ряд фундаментальных исследований по общим проблемам древнейших горных пород Балтийского щита, участвовал в составлении геологических карт Кольского региона, руководил работой геолого-геофизических матери-



алов бурения параметрических скважин, геологическим изучением полуостровов Средний и Рыбачий с целью поисков углеводородного сырья и газовым мониторингом. Стал автором более 260 научных работ, в том числе 2 авторских свидетельств на изобретения, 10 монографий и учебных пособий.

Более 25 лет Николай Евгеньевич посвятил организации системы подготовки кадров в Мурманской области. Он стал одним из инициаторов создания Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета и более 20 лет являлся его директором. Сейчас он продолжает педагогическую работу в Мурманском государственном техническом университете, возглавляет кафедру геологии и полезных ископаемых. Многие годы читает курс по общей геохимии для студентов бакалавриата, курс прикладной геохимии для студентов магистратуры, проводит для них семинарские занятия по научно-исследовательской работе. В качестве научного руководителя подготовил 10 кандидатов геолого-минералогических наук и магистров, а также 18 бакалавров геологии.

Николай Козлов ведет активную научно-организационную работу как член Координационного совета Мурманской области по научно-технической и инновационной по-

литике, совета Союза «Торгово-промышленная палата Мурманской области»? Президиума Кольского научного центра Российской академии наук, ученых советов Кольского научного центра, Геологического института, Мурманского государственного технического университета и его апатитского филиала. За выдающиеся заслуги перед отечественной наукой был награжден Орденом Дружбы, медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, медалью «За трудовое отличие», почетными грамотами Российской академии наук, Мурманской областной думы и Кольского научного центра.

Обаяние и чувство юмора, ответственность и внимание к каждому сотруднику, доброжелательность и блистательный интеллект – вот далеко не полный список качеств, за которые уважают и любят его коллеги.

Дорогой Николай Евгеньевич, от всей души поздравляем вас с днем рождения! Желаем долгих лет жизни, крепкого здоровья, успехов во всех начинаниях!

К ЮБИЛЕЮ ГАЛИНЫ ВЛАДИМИРОВНЫ КОБЫЛИНСКОЙ

25 июня отметила замечательную дату кандидат экономических наук, заведующая отделом финансовой политики северных регионов, заместитель директора Института экономических проблем Кольского научного центра Галина Владимировна Кобылинская.

Галина Владимировна начала свой трудовой путь в Институте экономических проблем в 1990 г. после окончания экономического факультета Ленинградского государственного университета по специальности «Экономическая кибернетика». В 1997 г. в диссертационном совете института защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата экономических наук на тему «Инвестиционные фонды в процессе трансформации российской экономики». В 1999 г. была назначена заведующей сектором корпоративных финансов в составе отдела государственных и корпоративных фи-



нансов, в 2015 г. возглавила отдел финансовой политики северных регионов. Сейчас совмещает должности заведующей отделом и заместителя директора по научной работе.

Научные интересы Галины Кобылинской – региональная экономика, финансовое обеспечение инвестиционных процессов, исследование механизмов долгосрочного финансирования реального сектора экономики Севера и Арктики Российской Федерации. Галина Владимировна – руководит и выполняет многие научно-исследовательские и научно-практические работы, в том числе по заказам органов власти, стала автором и соавтором более 80 научных статей и монографий. В составе коллектива авторов неоднократно побеждала в конкурсе монографий и научных трудов, направленных на социально-экономическое и инновационное развитие Мурманской области. Возглавляет Объединенный общественный совет при Министерстве финансов, комитете государственного и финансового контроля и комитете по конкурентной политике Мурманской области.

Много лет Галина Кобылинская преподавала в апатитских филиалах высших учебных заведений, руководила написанием более 50 выпускных квалификационных работ и подготовкой диссертаций на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Входит в состав

государственной экзаменационной комиссии и государственной аттестационной комиссии апатитского филиала Мурманского арктического государственного университета. Является членом Ученых советов Института экономических проблем и Кольского научного центра, а также редакционного совета КНЦ. За профессиональное мастерство и высокие научные достижения Галина Владимировна была награждена почетными грамотами Российской академии наук и Профсоюза работников РАН и Кольского филиала Петрозаводского государственного университета, почетной грамотой и благодарственным письмом главы города, грамотой и благодарственным письмом областной Думы, дипломами за научные разработки, включенные в число важнейших достижений Российской академии наук.

Коллеги уважают Галину Кобылинскую не только за профессиональные качества, но и за светлый, отзывчивый характер, ответственность и доброжелательность.

Поздравляем Галину Владимировну с прекрасной датой! Желаем крепкого здоровья, дальнейших успехов в работе, оптимизма и хорошего настроения.

К ЮБИЛЕЮ ГЕННАДИЯ ВАЛЕРИАНОВИЧА КАЛАБИНА

27 июля исполнилось 85 лет заслуженному деятелю науки, доктору технических наук, профессору, организатору и первому директору Института проблем промышленной экологии Севера Геннадию Валериановичу Калабину.

С этой яркой личностью связаны важные страницы истории академической науки Мурманской области. Именно он стоял у истоков основания первого в Советском Союзе многопрофильного экологического научного института и руководил первыми прорывными исследованиями, проведенными в нем. Руководство институтом он успешно совмещал с работой заместителем председателя президиума Кольского научного центра.

Созданный в 1994 г. Кольский филиал Петрозаводского государственного университета



вначале включал в себя только три факультета. Деканом экологического факультета, организатором, неумолимо продвигающим обучение экологии в высшей школе, был именно Геннадий Валерианович. Он преподавал и в Апатитском филиале Мурманского государственного технического университета. Много выпускников обоих университетов стали блестящими специалистами и пополнили список сотрудников Кольского научного центра РАН.

Геннадий Калабин – ученый, признанный не только в российских научных кругах, но и за рубежом. Обладая обширными научными знаниями и незаурядной эрудицией, он внес весомый вклад в разработку теории экологически равновесного и безопасного функционирования крупных горнопромышленных, металлургических и топливно-энергетических

комплексов в условиях экстремального климата Арктической зоны РФ.

Научная, организаторская, педагогическая деятельность – все стороны работы настоящего ученого – отмечены высокими наградами, почетными званиями, безграничным уважением и безусловной любовью учеников, коллег, друзей.

Дорогой Геннадий Валерианович! Коллектив Кольского научного центра желает вам продолжать научную деятельность и достичь новых высот знания. Пусть ваши исследования приносят не только большую пользу обществу, но и моральное удовлетворение, благополучие и радость лично вам! От всей души желаем вам здоровья, бодрости духа, неисчерпаемого оптимизма, вдохновения и поддержки верных друзей!

К ЮБИЛЕЮ ЛИДИИ МУХЕТОВНЫ КАБДУЛОВОЙ

29 июля встретила свой юбилей заведующая Центральной научной библиотекой Кольского научного центра Лидия Мухетовна Кабдулова.

Коренная жительница Апатитов, она связала свою судьбу с родным городом. Любовь к книге привела ее к выбору своей профессии. Сразу после школьной скамьи Лидия Мухетовна начала работу в Центральной научной библиотеке КНЦ РАН, совмещая ее с получением высшего образования, и прошла путь от библиотекаря до заведующей библиотекой, неустанно повышая свою квалификацию и овладевая тонкостями профессии.

За годы работы принимала активное участие в общественной жизни коллектива, в качестве члена профсоюзной организации КНЦ РАН участвовала в работе профкома Управления. Сейчас по-прежнему принимает активное участие в проводимых в коллективе библиотеки и Кольского научного центра мероприятиях. Имеет звание «Ветеран труда» и неоднократно была отмечена благодарностями и почетными грамотами.

Лидия Кабдулова – доброжелательный и коммуникабельный человек, тактичный руко-



водитель, настоящий профессионал. Коллеги любят и уважают ее.

Дорогая Лидия Мухетовна, от всей души поздравляем Вас с днем рождения! Желаем долгих лет жизни, крепкого здоровья, успехов во всех начинаниях!

К ЮБИЛЕЮ АНДРЕЯ АНАТОЛЬЕВИЧА ИВАНОВА

3 августа исполнилось 70 лет Иванову Андрею Анатольевичу, одному из ветеранов Геологического института. Андрей Анатольевич Иванов родился и вырос в Апатитах, окончил геологический факультет Ленинградского государственного университета в 1974 г. и в том же году поступил на работу в Геологический институт КФАН СССР. В 1987 г. он защитил кандидатскую диссертацию. Андрей Анатольевич Иванов активно сочетал научную и научно-организационную работу с административной и общественной деятельностью. Он избирался членом Мурманского ОК КПСС, Президиума ЦК профсоюза работников образования и науки, депутатом Мурманской областной думы на освобожденной основе (1996-1998). В период с 1998 по 2004 гг. Андрей Анатольевич работал заместителем директора Геологического института по научной работе, по совместительству работал в должности заместителя директора по науке и интеграции в АФ МГТУ. Основные научные интересы А.А. Иванова были связаны с исследованием вопросов формирования и эволюции геодинамических режимов раннедокембрийской континентальной коры. В период работы в ГИ он занимался обобщением материалов по древ-



нейшим геологическим комплексам юго-запада Восточно-Европейского кратона (Украинский щит, Воронежский массив, кристаллический фундамент Беларуси). Андрей Анатольевич Иванов – автор более 90 научных публикаций. В настоящее время Андрей Анатольевич на пенсии, живет в Санкт-Петербурге.

Коллеги поздравляют Андрея Анатольевича с юбилеем и желают ему и его близким здоровья, радости, бодрости и счастья.

К ЮБИЛЕЮ АНДРЕЯ ГРИГОРЬЕВИЧА ОЛЕЙНИКА

6 августа отметил свое 60-летие директор Института информатики и математического моделирования им. В. А. Путилова, доктор технических наук Андрей Григорьевич Олейник.

Андрей Григорьевич работает в Кольском научном центре с 1987 г. Первые два года он трудился в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте им. Н. А. Аврорина, а в 1989 перешел в созданный в КНЦ Институт информатики и математического моделирования технологических процессов (ИИММ). За более чем 30 лет работы в ИИММ он прошел путь от младшего научного сотрудника до директора института.



Научные интересы Андрея Олейника связаны с методами и средствами компьютерного моделирования и информационной поддержки сложных природно-промышленных и социально-экономических систем, промышленных технологий. Он внес значительный вклад в развитие информационных технологий концептуального и имитационного моделирования сложных систем, разработал метод синтеза спецификаций распределенной среды компьютерного моделирования на основе совместного анализа концептуальных моделей задач регионального управления и региональных информационных ресурсов, стал автором более 120 научных работ, в том числе 2 монографии.

Много лет Андрей Григорьевич ведет не только научную, но и педагогическую работу. Он

заведовал базовой кафедрой ИИММ и преподавал в Кольском филиале Петрозаводского государственного университета, руководил подготовкой дипломных и диссертационных работ.

Андрей Григорьевич – это руководитель, который всегда уделит время и внимательно выслушает. Коллеги ценят способность Андрея Григорьевича мудро управлять институтским кораблем, уверенно держаться взвешенного курса, искусно маневрируя в бурных водах научных перемен, грамотно лавировать между порой возникающими внутриколлективными и внешними сциллами и харибдами.

Уважаемый Андрей Григорьевич! Коллеги от всей души поздравляют вас с юбилеем и желают несокрушимого здоровья, оптимизма и научного долголетия!

К ЮБИЛЕЮ МАРКА МИХАЙЛОВИЧА ШАХНОВИЧА

15 августа отметил свой 60-летний юбилей кандидат исторических наук, археолог, и.о. директора ЦГП Кольского научного центра РАН Марк Михайлович Шахнович.

Он родился и вырос в городе Ковдор Мурманской области. После окончания историко-филологического факультета Петрозаводского государственного университета долгие годы работал в Карельском государственном краеведческом музее (ныне Национальный музей Республики Карелия) сначала научным сотрудником, а затем заведующим сектором археологии, совмещая музейную и научную деятельность. В 2007 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию в Институте истории материальной культуры РАН (Санкт-Петербург) по теме «Мезолит Северной и Западной



Карелии». Созданная Марком Михайловичем Северокарельская археологическая экспедиция совершила множество интересных открытий и внесла заметный вклад в изучение археологии Северо-Запада России.

В 2021 г. в жизни юбиляра начался новый важный этап, связанный с его профессиональной деятельностью в Кольском научном центре РАН. В 2022 г. по инициативе Марка Михайловича образована Лапландская археологическая экспедиция Центра гуманитарных проблем Баренц региона КНЦ РАН. В ее первый полевой сезон успешно проводились поиски доисторических наскальных изображений на территории Восточной Фенноскандии.

В настоящее время основные направления исследований Марка Михайловича – средне-

средневековые «московитские» и «лопарские» памятники Кольского Заполярья и Карелии; православный погребальный обряд; культовые валунные сложения («сейды», лабиринты, «каменные курганы») и доисторическое изобразительное искусство; памятники крестьянской культуры (мельницы, охотничьи ловушки, каменные кучи); историческая транспортная инфраструктура (каналы, волоки, гати, дороги, мосты).

Пожелаем Марку Михайловичу крепкого здоровья и новых археологических сенсаций на Кольском полуострове!

К ЮБИЛЕЮ АНАТОЛИЯ ДАНИЛОВИЧА КОРЧАКА

25 августа отметил 70-летний юбилей Анатолий Данилович Корчак, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом социальной политики на Севере Института экономических проблем им. Г. П. Лузина (до 2002 г.).

В 1975 г. Анатолий Данилович окончил инженерно-экономический факультет Ленинградского горного Института по специальности «экономика и организация горной промышленности», в 1996 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата экономических наук на тему «Рынок труда как инструмент управления развитием региональных социально-экономических систем (на примере Кольского Севера)». В Кольском научном центре РАН Анатолий Данилович работает с 1976 г. Он начинал в Вычислительном центре, а в 1983 г. перешел в Отдел экономических исследований (Институт экономических проблем).

Основные направления исследований Анатолия Даниловича связаны с изучением социально-экономических аспектов демографического развития Мурманской области и регионов Севера в целом, разработкой



долгосрочных прогнозов демографического развития, исследованием проблем формирования, развития и использования трудового потенциала регионов Севера. Анатолий Данилович участвовал в проведении комплекса работ по районированию Севера России на осно-

ве интегрального критерия дискомфорта, в исследованиях по совершенствованию социально-экономической политики в северных регионах.

В Кольском филиале Петрозаводского государственного университета Анатолий Данилович заведовал кафедрой менеджмента (до 2016 г.), проявив себя талантливым педагогом, и став любимым «преподом» у студентов.

Сегодня Анатолий Данилович, ветеран труда Мурманской области, находится на заслуженном отдыхе.

Коллеги вспоминают Анатолия Даниловича как умного, профессионального, отзывчивого, доброго, справедливого, остроумного, энергичного человека, и поздравляют с юбилейной датой, желая здоровья, оптимизма и долгих лет жизни!

К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ ВЛАДИМИРОВИЧА КРИВОВИЧЕВА

4 сентября юбилей отпраздновал генеральный директор Кольского научного центра РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик Российской академии наук Сергей Владимирович Кривовичев.

Сергей Кривовичев родился 4 сентября 1972 г. в Ленинграде, в семье потомственных геологов. Его дед был полевым геологом, отец – заведующий и профессор кафедры минералогии СПбГУ, известный специалист в области минералогии, геохимии и генезиса редкометалльных месторождений, связанных с гранитоидным магматизмом, мать – кристаллограф, доцент кафедры неорганической химии Института химии СПбГУ.

В 1989 г. Сергей Кривовичев окончил школу-интернат при Ленинградском государственном университете, затем геологический факультет СПбГУ. В 1997 г. защитил кандидатскую, а в 2001 г. – докторскую диссертацию. С 1993 г. работает на кафедре кристаллографии геологического факультета СПбГУ. В 2010 г. получил учёное звание профессора, 2015 г. стал профессором Российской Академии наук, а 28 октября 2016 года избран членом-корреспондентом РАН по Отделению наук о Земле (секция геологии, геофизики, геохимии и горных наук). В июне 2022 года руководитель Кольского научного центра



был избран академиком РАН – одним из самых молодых в истории Академии.

Сергей Владимирович Кривовичев – крупный специалист в области геохимии, минералогии и кристаллографии, автор более 850 научных работ, из которых более 600 статей, 12 монографий и 4 патента. Его научная деятель-

ность лежит в сфере структурной минералогии и кристаллохимии материалов, включает создание новых разделов в следующих направлениях: структурной минералогии и кристаллохимии минералов и неорганических соединений. Он разработал фундаментальные основы кристаллохимии как учения о структуре природных и синтетических кристаллических веществ.

Результаты исследований по изучению кристаллических веществ, основанных на использовании теории графитов, позволили сформулировать основу создания передовых технологий на базе новых кристаллических материалов и наноматериалов.

Академик Кривовичев успевает вести активную научно-организационную и педагогическую работу. Он подготовил трех докторов и 14 кандидатов геолого-минералогических наук, руководит научной школой «Кристаллохимия и рентгеноструктурный анализ минералов и неорганических соединений». Является членом экспертных советов и научных обществ, в том числе совета по науке при Министерстве образования и науки РФ, совета по грантам президента РФ. Он выступал руководителем и исполнителем ряда научных исследований в рамках программ Российского фонда фундаментальных исследований, Федеральных целевых программ, международных научных и образовательных проектов.

Сергей Кривовичев с 2021 года – Президент Российского минералогического общества, лауреат российских и международных премий в области минералогии и кристаллографии. Его научная деятельность отмечена престижными научными наградами, в числе которых – медаль с премией для молодых ученых РАН (2000 г.), премия Президента РФ в области науки и инноваций для молодых ученых 2008 года, медаль им. А. П. Карпинского за выдающиеся достижения в области геологических, геофизических наук и горного дела Правительства Санкт-Петербурга и СПбНЦ РАН (2016 г.), медаль Европейского минералогического союза

(2002 г.), Золотая медаль с премией Алферовского фонда поддержки образования и науки (2005 г.), медаль Шлюмберже-Неймана Минералогического общества Великобритании и Ирландии (2019 г.), Медаль Дж. Дана Минералогического общества Америки (2021 г.), а также звания почетного члена Американского минералогического общества (2006 г.), лектора Минералогического общества Великобритании и Ирландии им. Дж. Брауна (2015), почетного профессора Восточно-Китайского технологического университета (2016 г.), иностранного члена Туринской Академии наук (2017 г.) и почетного профессора Мурманского государственного технического университета (2018 г.). В 2005 г. Международная минералогическая ассоциация утвердила в честь Сергея Владимировича название нового минерала «кривовичевит».

Сергей Владимирович – редактор «European Journal of Mineralogy», главный редактор журналов «Вестник Кольского научного центра РАН» и «Труды Кольского научного центра РАН», член редколлегий журналов «Вестник РАН», «Записки РМО», «Горный журнал», «Mineralogical Magazine», «Scientific Reports» и других. Его перу принадлежат две научно-популярные книги: «Наука верующих или вера учёных: век XX» и «Минералы группы лабунцовита».

С 2017 г. Сергей Владимирович руководит Кольским научным центром Российской Академии наук и в 2022 г. переизбран на новый срок, до 2027 г.

Уважаемый Сергей Владимирович! Мы, ваши коллеги, ученики и сотрудники КНЦ РАН, от всей души поздравляем вас с юбилеем и желаем новых открытий и побед в научной и просветительской деятельности, удачи и успеха в решении стратегических задач, а также энергии, оптимизма, всесторонней поддержки во всех начинаниях, крепкого здоровья и благополучия! Мы уверены, что ваш высокий профессионализм, большой жизненный опыт, добросердечие и организаторский талант помогут достичь всех намеченных вами на будущее высот.

СТРУКТУРНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ: НОВАЯ КНИГА СЕРГЕЯ КРИВОВИЧЕВА¹

В Санкт-Петербургском издательстве «Скифия-принт» вышла новая книга руководителя Кольского научного центра, академика РАН Сергея Кривовичева «Структурно-минералогические обзоры (2017–2021)».

Книга вышла в серии «Кристаллографический альманах». Первые два тома были посвящены жизни и работе академиков Николая Белова и Евграфа Федорова, а также профессора Виктора Франк-Каменецкого. Третий том включил в себя структурно-минералогические обзоры, опубликованные Сергеем Кривовичевым с 2017 по 2021 гг. в иностранных журналах. Сергей Владимирович убежден: успешной и оригинальной в России может быть только наука, которая опирается на собственные исторические традиции. Публикации за рубежом, безусловно, расширяют кругозор ученого, но потеря родной речи – а для того, чтобы успешно писать по-английски, нужно по-английски и мыслить, – чревата для научных работников потерей национальной идентичности. Поэтому автор перевел изначально англоязычные тексты на русский язык. Для удобства понимания перевод не следовал оригиналу дословно, а названия минералов были приведены на русском языке в соответствии со справочником «Минеральные виды» Владимира Кривовичева. Также исходный текст был дополнен и уточнен при появлении новых сведений.

Открывает том обзор методов и концепций, используемых кристаллографами при интерпретации кристаллических структур минералов. Обзор был подготовлен для сборника Европейского минералогического союза к 100-летию открытия дифракции рентгеновских лучей на кристаллах. Усвоив изложенные в первом обзоре принципы, читатель будет готов к пониманию и следующих глав. Второй обзор посвящен наиболее распространенным минералам земной коры – полевым шпатам. В нем Сергей Владимирович постарал-



ся систематизировать знания о полиморфизме полевых шпатов, полученные благодаря новым методам в описательной и космической минералогии, высокобарической кристаллографии и других областях знания. В третьем обзоре рассмотрены высокобарические силикаты, в том числе и потенциальные минералы мантии Земли и других планет Солнечной системы. Знания об этой группе минералов помогают понять фазовый состав глубинных геосфер и дают новые возможности для горняков и геологов. Заключительный обзор касается минералов с полиоксометаллатными комплексами: пожалуй, наиболее сложных по строению и по-прежнему изученных крайне мало.

Собранные под одной обложкой материалы ярко демонстрируют, насколько важна для построения новых геохимических и геологических концепций кристаллохимическая информация. Автор уверен, что осознание этой важности станет еще глубже с развитием новых экспериментальных методов и теоретических подходов.

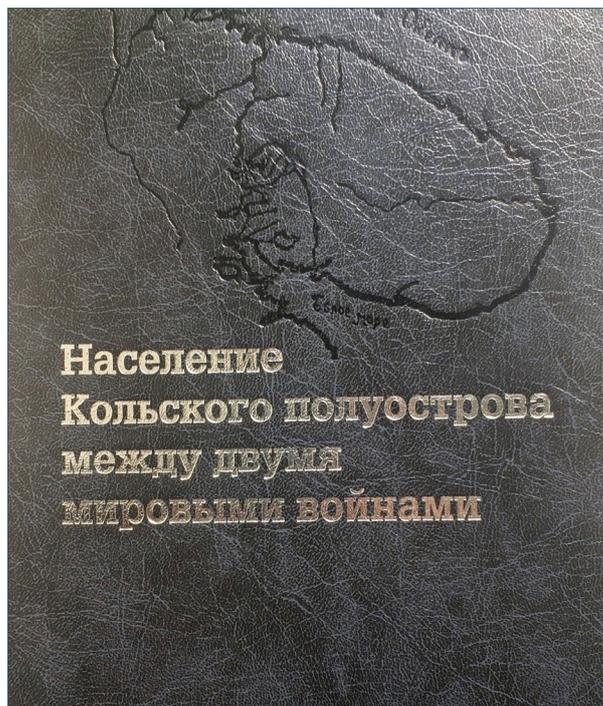
Издание в первую очередь будет интересно ученым, специализирующимся в структурной минералогии. Немало интересного для себя найдет также «продвинутый» и вдумчивый любитель кристаллографии, минералогии и наук о Земле.

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

ИСТОРИКИ И АНТРОПОЛОГИ КАРЕЛИИ И МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ РАССКАЗАЛИ О НАСЕЛЕНИИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА МЕЖДУ ДВУМЯ МИРОВЫМИ ВОЙНАМИ¹

Издательство «Наука» выпустило коллективную монографию «Население Кольского полуострова между двумя мировыми войнами». Эта книга раскрывает детали важнейших исторических событий первых десятилетий XX века, которые привели к кардинальному изменению социокультурного ландшафта Кольского полуострова. Проект осуществил коллектив антропологов и историков Центра гуманитарных проблем Баренц Региона Кольского научного центра РАН, Института языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН и Мурманского областного краеведческого музея: доктор исторических наук Ирина Разумова, кандидаты исторических наук Ольга Змеева, Екатерина Орехова, Елена Дубровская и Ольга Бодрова.

Монография является примером глубокого изучения проблемы и базируется на внушительной базе источников, включая архивные данные и фотоматериалы, многие из которых впервые доступны для широкого доступа читателей. Монография охватила огромный массив данных, выделив наиболее ценные материалы, раскрывающие освещаемые вопросы с разных уровней – от государственного до глубоко личного, индивидуального. Это создает целостное видение происходивших преобразований на Кольском полуострове в первые десятилетия XX века, а так же вызывает чувство эмоционального погружения в историческую эпоху. Исследователи подчеркивают: являясь фронтальным регионом, Кольский Север обладает рядом специфических черт и особенностей, которые являлись и являются причиной особой значимости территории для формирования стратегических планов развития государства.

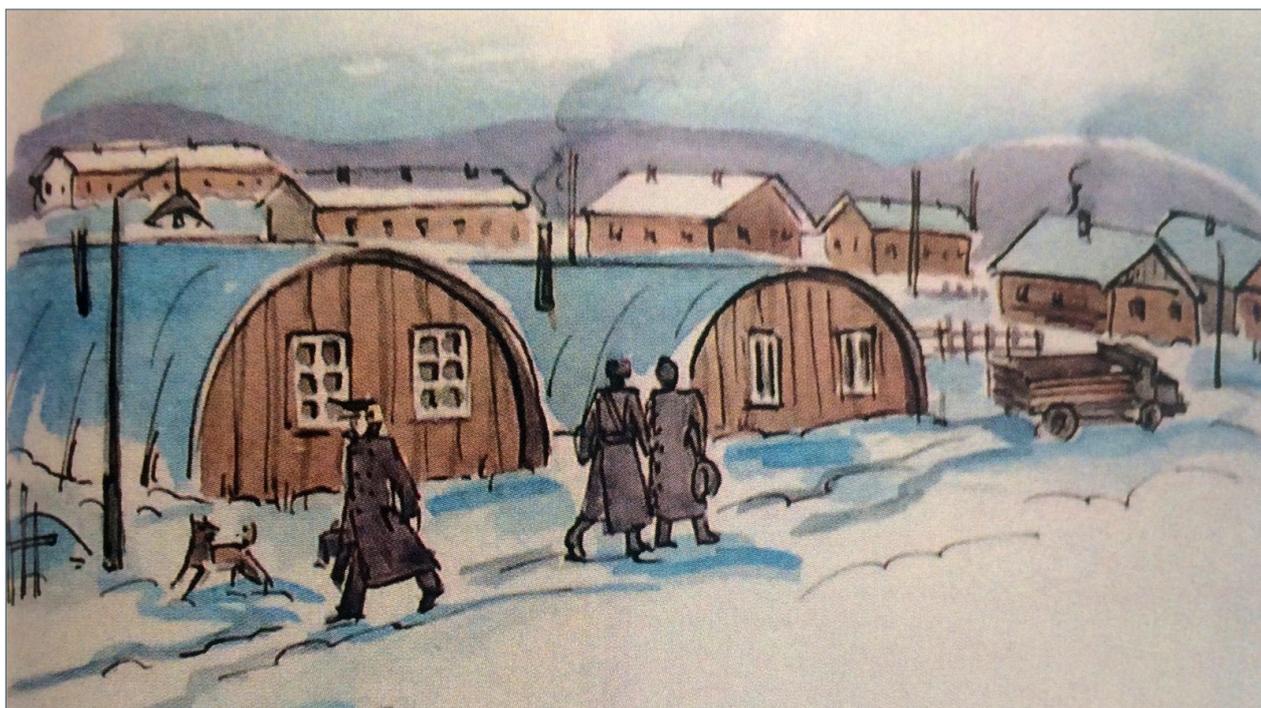


Екатерина Орехова исследует колонизацию Мурманска с 1914 по 1940 год, затрагивая экономические, политические и национальные аспекты происходящих событий. Подробное изучение вопроса дает понимание причин перехода от добровольной к принудительной колонизации Севера.

Во второй главе Елена Дубровская рассматривает влияние строительства Мурманской железной дороги как на самих участников процесса, так и на жителей прилегающих территорий в исторических рамках Первой мировой войны.

Ольга Бодрова проводит обширный обзор истории саамов Экоостровского погоста в 1900-1930-х годах. В этот период происходит исторический перелом – переход от традиционного

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



Старый Мурманск, дома-«чемоданы». Художник Вера Чеботарь.
Иллюстрация из книги

полукочевого образа жизни к оседлости. Глава особенно интересна тем, что на примере этого исторического периода автор представляет читателю подробный этнографический портрет саамов Кольского полуострова.

Ирина Разумова в главе «Спецпереселенцы на Кольском полуострове: социально-культурная идентификация» рассматривает важный вопрос коллективной памяти людей, обладающих опытом вынужденного пребывания на Кольском полуострове. Она рассматривает спецпереселенцев как социальный и культурный феномен. В исследовании вопроса сосланных и репрессированных на территорию Кольского полуострова проведена основательная и детальная работа с автобиографическими источниками – воспоминаниями бывших спецпереселенцев и их потомков.

Ольга Змеева выполнила общую редакцию монографии, а также подготовила главу «От станционных поселков до промышленных городов: историко-этнографический

профиль региона». В этом исследовании она рассматривает ключевые события, сформировавшие облик региона, такие как строительство Мурманской железной дороги, развитие Мурманска как города-порта, геологические открытия и индустриализацию Кольского Севера.

Монография содержит обширные структурированные данные, представляющие интерес для историков, антропологов, этнографов и обществоведов. Живой стиль изложения делает работу доступной для любого читателя, интересующегося историей Кольского полуострова. Самостоятельную ценность имеет представленная в книге библиография и детальное указание архивных источников, благодаря которым издание становится полезным для преподавателей вузов, аспирантов и студентов профильных специальностей.

Подготовила
Вероника Данилина

КАК ПРАВИЛЬНО ГУЛЯТЬ ПО БОТАНИЧЕСКОМУ САДУ¹

Казалось бы, для того, чтобы наслаждаться прогулкой по Полярно-альпийскому ботаническому саду, не нужно никаких учебных пособий. Но если вооружиться кое-какими знаниями, прогулка становится намного интереснее, да и заметить вокруг можно намного больше.

В начале 2022 г. Полярно-альпийский ботанический сад-институт и Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра издали новый путеводитель. Он объединяет три маршрута по заповедной территории Ботанического сада. Книга подготовлена в рамках международного проекта «Феномены арктической природы» программы приграничного сотрудничества Коларктик.

Хибины – уникальные горы. Даже неподготовленный турист по хибинским тропам может за пару часов пересечь несколько природных поясов – от березового криволесья до горной пушты. Для каждой зоны характерны свои растения, свои климатические условия, а знакомство с богатым минералогическим миром Хибин делает путешествие еще более захватывающим.

Авторы книги предлагают читателям пройти четыре с половиной километра по Экологической тропе от берега реки Вудъяврчорр по террасам древнего ледникового озера и склону горы Вудъяврчорр к смотровой площадке. Тем же путем, но обращая внимание на другие объекты, можно пройти экскурсию «Грибы горы Вудъяврчорр». А для самых подготовленных и любопытных – недлинный, но продолжительный маршрут «Гольцовые пустыни плато Вудъяврчорр». Два с половиной километра этого маршрута в зависимости от подготовки займут у вас от семи до двенадцати часов.

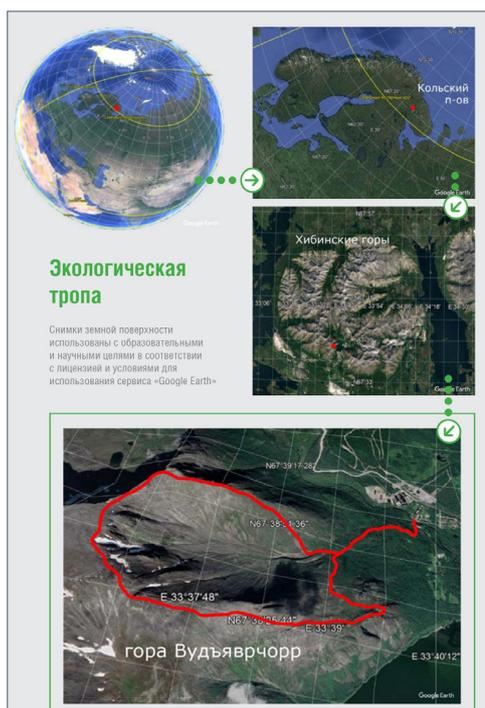
Более двух сотен ярких фотографий и статьи путеводителя знакомят читателя с историей Ботанического сада и географическими особенностями Хибин, а главное – представляют самые впечатляющие и часто встречающиеся растения, грибы и растительные сообщества маршрутов. Тропа проходит по заповедной территории ПАБСИ, где растут редкие и охраняемые виды,



поэтому крайне важно вести себя так, чтобы не оставлять следов своего пребывания и не наносить ущерба природе. Кроме того, северные горы обманчивы. Они кажутся «домашними», безопасными и легко проходимыми, но могут скрывать множество сюрпризов, в том числе и не всегда приятных для беспечного путника. Во вступительной статье коротко, но емко указаны самые главные принципы поведения во время экскурсий, приведены требования к физической и технической подготовке, а также даны ссылки на полезные интернет-ресурсы для тех, кто хочет досконально изучить свои находки.

Экотропа по склону Вудъяврчорра существует с 1930-х гг., с самого начала освоения и изучения Хибин. Идея знакомства с изменением природы при подъеме в гору и тогда совпала с концепцией развития Ботанического сада, и сейчас является наиболее доходчивой для путешественника. Маршруты то развивались, то приходили в запустение, меняли свою

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



траекторию, но всегда давали представление не только о растительном мире гор, но и о их геологической и климатической истории. Здесь можно увидеть, как происходит освоение живыми организмами экстремальных местообитаний, как сменяются растительные сообщества, как одни организмы подготавливают территорию для того, чтобы на ней смогли поселиться другие.

Для каждого маршрута в книге отведен свой раздел. Они составлены так, чтобы читатель мог узнать все остановки на тропе, не пропустил самые интересные пункты экскурсии и составил представление о том, что его ждет, еще до начала путешествия. Очень подробно представлена в путеводителе Экологическая тропа. Ознакомившись с фотографиями и описаниями, вы ни за что не пропустите «побег» интродуцентов из питомника, не перепутаете прижившуюся на хибинской почве миррис душистую с местным видом того же семейства – купырем лесным. И крошечные, но очень красивые цветы заполярных орхидей тоже не проглядите.

Многие растения и грибы известны жителям Мурманской области и других регионов чаще под народными названиями: «волчьи ягоды», «красноголовики» или «олений мох». Каждое та-

кое название может относиться к совершенно разным видам и даже иногда семействам и нередко никак не отражает их особенностей. Поэтому помимо подробных фотографий в путеводителе приведены и латинские названия всех упомянутых видов. Они не только абсолютно точно указывают на растение, но и помогают понять, как оно выглядит или распространяется. Например, латинское название морошки «*gibes chamaemorus*» означает «красная маленькая шелковица» и исчерпывающе описывает и цвет и форму плодов, и даже форму листьев.

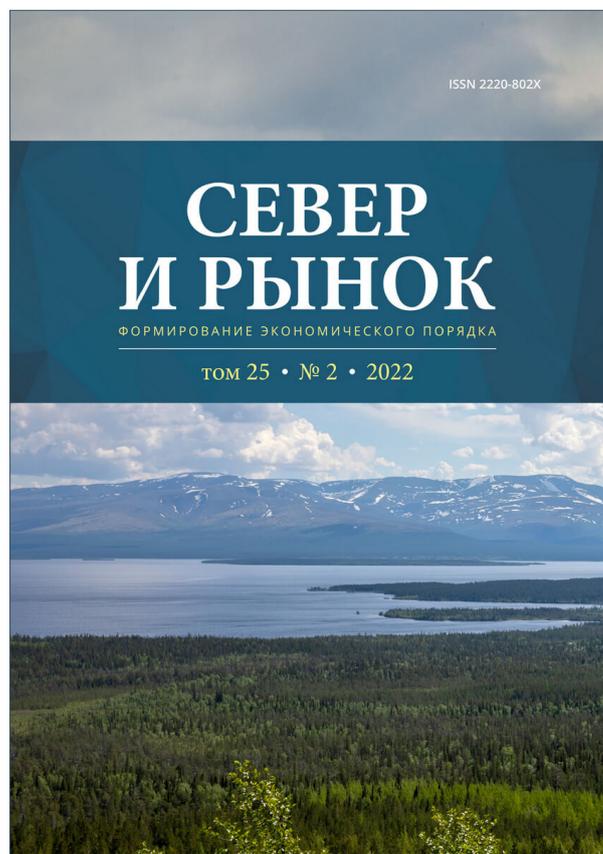
Можно изучать сборник маршрутов во время экскурсии по Ботаническому саду или для подготовки самостоятельного путешествия по другим участкам Хибин. Можно поступить наоборот: сначала прогуляться по горам, а затем, собрав воспоминания и фотографии, определить все встреченные виды и узнать все об их жизни и распространении. Но даже «соло» эта небольшая, но очень насыщенная информацией книга станет интересной любителю природы. Приобрести ее можно в Полярно-альпийском Ботаническом саду-институте, в книжных магазинах города, а также [прочитать онлайн](#) на сайте Института проблем промышленной экологии Севера.

ВЫШЕЛ ВТОРОЙ НОМЕР ЖУРНАЛА «СЕВЕР И РЫНОК»¹

В издательстве Кольского научного центра вышел второй номер журнала «Север и Рынок. Формирование экономического порядка», посвященный в основном проблемам и перспективам развития нефтегазовой отрасли в российской Арктике. [Ознакомиться с ним](#) можно на сайте редакционно-издательского отдела.

Ядро сборника составили статьи экономистов Института экономических проблем им. Г. П. Лузина. Так, статья «Институциональные аспекты налогового регулирования арктических нефтегазовых проектов» Медеи Ивановой подняла вопрос налогового регулирования, направленного на реализацию нефтегазовых проектов в арктическом регионе России. Медея Владимировна исследовала особые условия нефтегазовой промышленности в российской Арктике и, базируясь на институциональном подходе к развитию отрасли, сделала вывод: ключевым интересантом в этой сфере является государство. Взяв на себя риски потерь в бюджете, государство вводит налоговые льготы и создает выгодные условия для компаний, что в итоге приводит к разработке запасов нефти и газа, ранее экономически невыгодных для освоения, и оптимальному функционированию отрасли.

Алина Череповицына вместе с сотрудником Санкт-Петербургского горного университета Ариной Рядинской рассмотрели проблему утилизации попутного нефтяного газа в России. Сейчас попутный газ на российских нефтедобывающих предприятиях чаще всего просто сжигается, что негативно отражается на окружающей среде и приводит к потере ценного ресурса, который можно было бы достаточно эффективно использовать. Авторы проанализировали методы утилизации попутного газа крупными компаниями и пришли к выводу, что несмотря на преимущественное использование в России примитивных методов утилизации – закачки в пласт либо в единую газотранспортную сеть и генерации электроэнергии – более перспек-



тивным выглядит развитие газохимического сегмента, поскольку рынок газохимии будет расти минимум до 2030 г.

Значимость Арктики в национальной экономике все время возрастает, а ее освоение все еще продолжается. Коллектив ученых Института экономических проблем: Татьяна Скуфьина, Сергей Баранов и Вера Самарина, а также Александр Самарин из Белгородского государственного национального исследовательского университета, провел исследование социально-экономической динамики российской Арктики, применив для этого междисциплинарный инструментарий. Это позволило понять, как именно осуществляются социально-экономические трансформации в российской Арктике, и установить, что ее развитие во многом определяется именно политикой. Современная

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

политика позитивно влияет на решение демографических проблем и инвестиционный климат, однако в ряде регионов российской Арктики наблюдаются и деструктивные моменты.

Развитию российской Арктики посвящено исследование, которое провели Александр Бабкин в соавторстве с Николаем Егоровым из НИИ региональной экономики Севера СВФУ им. М. К. Аммосова, Иваном Бабкиным и Алексеем Мартынушкиным из Рязанского государственного агротехнологического университета. Они обратили внимание на инновации, предложили удобный и понятный широкой аудитории метод оценки устойчивости инновационного развития и составили рейтинг регионов АЗРФ, в котором лидирует Красноярский край, а в числе аутсайдеров оказались Чукотский и Ненецкий автономные округа. Представленная в статье методика легко масштабируется и адаптируется под социальную сферу и различные отрасли экономики.

Анна Тесля и Ирина Зайченко из Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Петра Великого и Зарема Хашева, представляющая Кубанский государственный технологический университет, призывают пересмотреть подход к разработке стратегии социально-экономического развития районов Крайнего Севера, чтобы обеспечить их устойчивое развитие в современных условиях цифровой трансформации экономики. Статья знакомит читателя с концепцией Industry 4.0 и дает ориентиры для коррекции систем стратегического управления как предприятий, так и целых регионов. Для разработки новой стратегии исследователи выбрали систему показателей, основанную на финансовых и нефинансовых индикаторах социально-экономической деятельности. В результате была построена общая стратегическая карта системы сбалансированных показателей регионов с учетом их цифровой трансформации и цифровой безопасности.

Сергей Юдин и Алексей Череповицын из Санкт-Петербургского горного университета, опираясь на российскую и зарубежную литературу, обозначили, как взаимовыгодное партнерство государства и бизнеса может обеспечить экономическую устойчивость сложных

промышленных нефтегазовых систем в Арктике. Их коллеги Анна Нечитайло и Оксана Маринина провели анализ современных методов электрификации добывающих углеводороды предприятий, расположенных на слабоосвоенных и труднодоступных территориях Арктики. Использование Единой энергетической системы Российской Федерации в качестве основного источника электроэнергии здесь невозможно, поэтому нефтегазовые компании строят для своих нужд различные энергетические установки, применяя порой очень остроумные решения. Исследовательницы выделили самые традиционные варианты и отметили, какие из воплощаемых сейчас технологий наиболее перспективны с точки зрения энергоэффективности, экологичности и экономичности.

В статье «Особенности административного управления в районах нового промышленного освоения Севера: проблемы и преимущества социально-экономического развития» сотрудник Института географии имени В. Б. Сочавы Сибирского отделения РАН Наталья Красноштанова рассмотрела процесс нового промышленного освоения природных ресурсов Севера и провела анализ его последствий. Экономика регионов, опирающаяся на добычу исчерпаемых ресурсов, ограничена в своем развитии объемами сырья. Деятельность добывающих и перерабатывающих предприятий наносит большой ущерб природе, поэтому административное управление такими территориями имеет особенное значение для их устойчивого развития. Наталья Евгеньевна выявила особенности административного управления в районах нового промышленного освоения, а также проблемы и преимущества социально-экономического развития северных муниципалитетов. В основу статьи легли материалы полевых социально-географических исследований, которые были проведены автором в Катангском, Киренском и Усть-Кутском муниципальных районах на севере Иркутской области в феврале и марте 2022 г., дополненные данными территориальной статистики и материалами из документов стратегического планирования, муниципальных программ и отчетов администраций.

Завершает выпуск научное сообщение Ларисы Рябовой из Института экономических проблем им. Г. П. Лузина и Вигдис Ныгор из Норвежского исследовательского центра. Они представили предварительные результаты российско-норвежского проекта, изучавшего волонтерскую деятельность в округах Тромсё и Финмарк в Норвегии и Мурманской области в России. Исследователи разобрали особенности организации работы волонтеров с уязвимыми группами населения на начальных этапах пандемии COVID-19 и определили, как на нее влияют политические и структурные различия

между двумя странами. Как показал анализ первых месяцев пандемии, волонтерство стало одним из самых эффективных инструментов в кризисных ситуациях, существенно снижая нагрузку на государственные структуры и гибко реагируя на потребности целевых групп. Даже менее развитая и интегрированная в «официальную» сферу волонтерская структура Мурманской области быстро мобилизовалась и показала исключительную способность к росту.

*Подготовил
Константин Данилин*

АПАТИТСКИЕ ЭКОНОМИСТЫ НАПИСАЛИ КНИГУ ОБ ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АРКТИКИ¹

В издательстве Кольского научного центра вышла коллективная монография сотрудников Института экономических проблем им. Г. П. Лузина «Инновационное развитие промышленности регионов Арктики: проблемы и перспективы». Ее подготовил коллектив под руководством Вячеслава Цукермана: Александр Бабкин, Елена Горячевская, Владимир Жаров, Артур Заенчковский, Станислав Иванов, Елена Кириллова, Алексей Козлов, Александр Козлов, Валерий Мешалкин и Александр Пилясов.

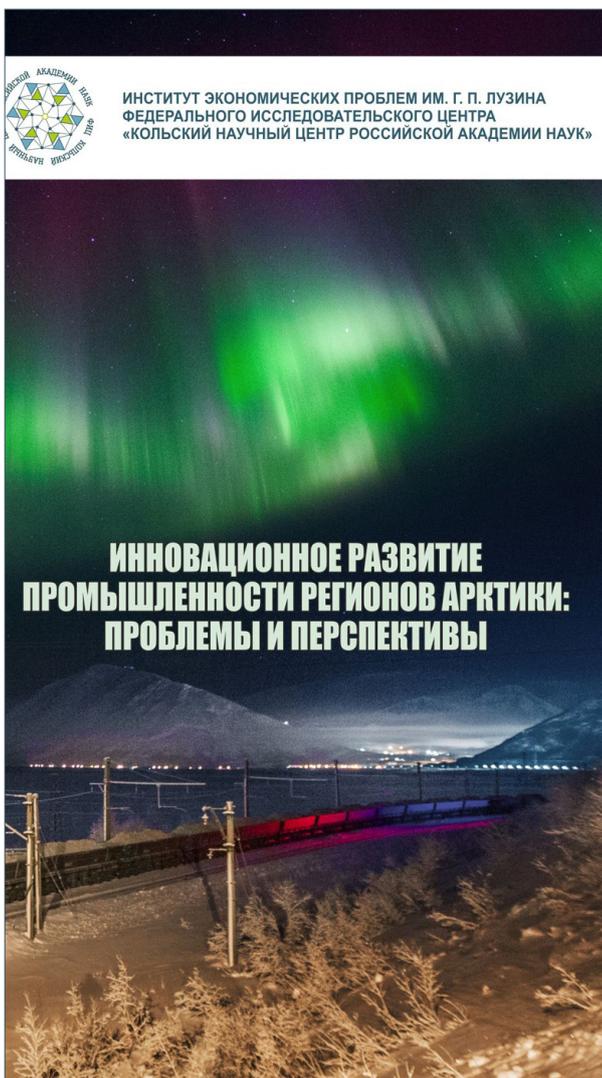
Авторы, учитывая изменчивость современных условий, предложили и научно обосновали оптимальные решения приоритетных задач ускорения инновационно-технологического развития регионов Арктики. Они рассмотрели возможность объединения усилий отдельных субъектов и перенос акцента в управлении территориальными образованиями на региональный уровень, обозначили актуальные проблемы управления модернизацией и тех-

нологическим обновлением промышленного производства.

Исследователи провели инвестиционно-инновационный анализ эффективности использования минерального сырья на горных предприятиях Российской Арктики, оценили влияние человеческого капитала на эффективность использования технологических инноваций. Значительное внимание они уделили теме цифровизации и готовности регионов Арктики к цифровой трансформации: исследовали тенденции развития цифровой экономики в России и за рубежом, проанализировали тенденции, факторы и модели кластеризации в промышленности Арктического региона и подняли вопрос оценки цифрового потенциала промышленных и инновационно-активных кластеров.

В монографии изложено исследование стратегий инновационно-технологического развития предприятий, структурных сдвигов в промышленности, в том числе – оцен-

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



ка их влияния на процессы инновационного развития, рассмотрены особенности эволюции промышленной политики в Арктике от радикальной экономической реформы начала 90-х до настоящего времени.

Часть статей посвящена феномену «арктической корпорации». Ученые провели сравнение арктических корпораций России, обобщили современные проектные решения и предложили новые методы освоения природных ресурсов Арктики, а также сформулировали предложения по формированию технологической базы для импортозамещения, инноватизации экономики, обеспечения устойчивого развития специально формируемых пространственных систем различного назначения и масштаба.

Авторы рассмотрели вопросы экологии: экологической безопасности современной инфраструктуры, особых режимов природопользования и охраны окружающей среды, формирования системы мер по ресурсосбережению и комплексному использованию природных ресурсов, модернизации оборудования, технологий и производственных процессов в районе функционирования промышленных предприятий для рационального использования природных ресурсов и благоприятных условий для жизни. Они оценили эффективность мероприятий по повышению экологической безопасности, проведенных арктическими ресурсными предприятиями с 2011 по 2019 гг., и выдвинули предложения по их совершенствованию.

При изучении вопроса устойчивого и сбалансированного развития регионов как социо-эколого-экономических систем экономисты разработали комплексную методику объективной оценки инновационного развития регионов России. Особое внимание в ней уделено аспекту активизации рынка исследований и разработок, повышению их ориентации на потребности арктического макрорегиона и необходимости формирования эффективных связей между участниками инновационного процесса. Обширные статистические и аналитические материалы, представленные в книге, организованы в виде понятных таблиц, карт и диаграмм.

Монография будет интересна научным работникам, специалистам в сфере государственного и муниципального управления, преподавателям высших и средних специальных учебных заведений. Ее можно также рекомендовать в качестве учебного пособия для аспирантов и студентов. **Электронный вариант издания** доступен на сайте редакционно-издательского отдела Кольского научного центра.

*Подготовила
Вероника Данилина*

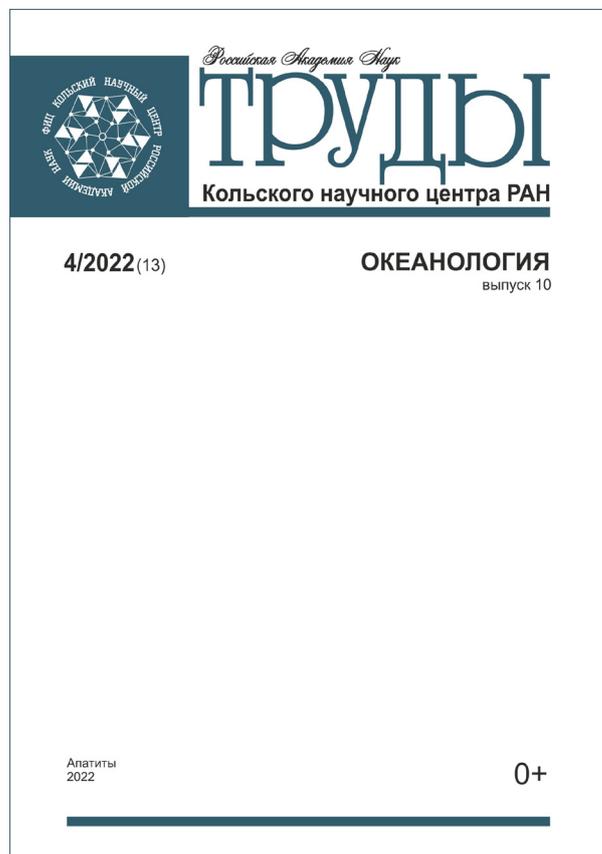
ТРУДЫ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА: ОКЕАНОЛОГИЯ¹

Вышел **очередной номер** журнала «Труды Кольского научного центра», посвященный океанологии. Все статьи в нем написаны сотрудниками Мурманского морского биологического института РАН.

Открывает выпуск статья Олега Бондарева «Биологическая характеристика речной камбалы *Platichthys flesus* в вершине эстуария реки Тулома». Автор представляет результаты сезонных исследований 2018-2020 гг. ихтиофауны вершины эстуария реки Тулома, где доминирующим видом является речная камбала. Предметом рассмотрения стали численность и биомасса, возрастное и размерное распределение особей этого вида, а также половая структура сообщества, стадии зрелости гонад и питание. Оксана Кудрявцева рассматривает видовой состав ихтиофауны литорально-сублиторальной зоны губ Ярнышная и Зеленецкая Баренцева моря летом и осенью 2019 г., выделяет доминирующие виды, анализирует динамику численности и разнообразия рыбной части прибрежных сообществ.

Ольга Човган исследует состав и структуру микропланктона на востоке пролива Фрама, разделяющего Гренландию и Шпицберген. Этот пролив находится под влиянием находящегося под влиянием теплых и соленых вод ответвления от Норвежского течения, именуемого в северной части архипелага Шпицберген фрамовской ветвью. Обнаружение новых для исследуемого региона тропических видов и увеличение в таксономическом составе тропическо-бореальных видов автор рассматривает в качестве маркера текущего процесса атлантификации и предполагает, что список видов-вселенцев в проливе Фрама на фоне потепления дополнится теми, что уже известны для баренцевоморской акватории.

Марьяна Плаксина и Марина Куклина занимаются изучением гельминтофауны рачков-бокоплавов *Gammarus oceanicus*



и *Gammarus duebeni* Мурманского побережья Баренцева моря. Эти ракообразные широко распространены в прибрежных водах северных морей. Ими питаются рыбы, птицы, тюлени и киты. В связи с тем, что некоторые паразиты используют гаммарусов в качестве промежуточного хозяина, эти рачки могут распространять опасные гельминтозы и представлять угрозу для многих объектов активно развивающейся местной аквакультуры. Результаты анализа показывают, что у гаммарусов в губе Печенга, где расположена лососевая ферма, встречаются только те паразиты, окончательным хозяином которых являются морские рыбы. Причем показатели заражения личинками этих паразитов среди рачков губы Печенга

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

наиболее высокие по сравнению с другими районами. Также выявлена корреляция между инвазией гаммарид метацицеркариями трематод *Podocotyle atomon* и соленостью воды в районах сбора материала.

Сергей Чаус обращается к такому важному аспекту экологии как пищевые взаимодействия. Он исследует состав пищи арктического шлемоносного бычка *Gymnocanthus tricuspis* (Reinhardt, 1830) и сравнивает его с другими представителями непромысловых рыб Карского моря.

Две статьи выпуска посвящены биологии двустворчатых моллюсков. Алена Носкович рассказывает об особенностях распределения и биологии *Macoma calcarea* (Gmelin, 1791) из фьордов Западного Шпицбергена. Самыми благоприятными для формирования поселений этого моллюска исследователь называет мелководные фьорды, где вода успевает прогреться до более высокой температуры. В целом же поселения *Macoma calcarea* во фьордах Западного Шпицбергена можно считать нестабильными и развивающимися, с преобладанием самок и достижением половой зрелости при меньших, чем в других районах Баренцева моря, размерах. Ольга Смолькова и Никита Мещеряков анализируют данные о биологии и распределении *Mya arenaria* Linnaeus, 1758, полученные на литорали губы Хлебная Кольского залива с марта по ноябрь 2021 г., и приходят к выводу, что этот вид, образующий крупные промысловые скопления на севере Европы и в Северной Америке, может стать одним из возможных объектов промысла и в Арктическом регионе.

Вероника Водопьянова изучает содержание в Баренцевом море хлорофилла *a*, который может рассматриваться как косвенный показатель обилия и продуктивности фито-

планктонного сообщества. В соавторстве с Ольгой Калинкой она сравнивает собранные в ходе многолетних экспедиций ММБИ данные по концентрации хлорофилла *a in situ* с данными дистанционного спутникового зондирования, а совместно с Александрой Булавиной и Павлом Макаревичем сопоставляет термохалинные характеристики и пространственное распределение хлорофилла на океанографическом разрезе «Кольский меридиан», проходящем по 33° 30' восточной долготы от 69° 30' до 78° северной широты или до ледовой кромки. Данные по этому разрезу наиболее адекватно отображают взаимодействие основных потоков, формирующих структуру вод Баренцева моря.

С разрезом «Кольский меридиан» связано также исследование Татьяны Максимовской и Ивана Запорожцева. Соавторы анализируют межгодовую изменчивость температуры и солености вдоль разреза с 1970 по 2019 годы, вычисляют обновленные нормы и аномалии температуры и солености воды. Результаты анализа показывают, что самым теплым были годы с 1970-го по 1976-й. Ученые отмечают: для прогнозирования температуры и солености воды на разрезе «Кольский меридиан» необходимы адекватные статистические модели, для составления которых требуется более подробная методическая обработка полученных данных.

Александра Булавина представляет результаты анализа влияния климатических факторов на колебания стока реки Обь. В связи с потеплением Арктики в последние десятилетия ученые предполагают, что на сток рек может влиять деградация многолетней мерзлоты, однако проведенный ученой анализ показывает, что этот фактор не является ключевым.

ПАМЯТИ ЛЮДМИЛЫ ЯКОВЛЕВНЫ КАГАН

3.03.1939 – 17.05.2022

IN MEMORY OF LUDMILA YAKOVLEVNA KAGAN

3.03.1939 – 17.05.2022

17 мая 2022 г. на 84 году ушла из жизни Людмила Яковлевна Каган, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра.

Людмила Яковлевна была одним из ведущих специалистов нашей страны в области анализа верхнеплейстоценовых и голоценовых диатомовых комплексов, геоморфологии, четвертичной геологии, палеолимнологии и экологии пресноводных водоемов. Автор и соавтор более 80 научных трудов, в том числе монографий и многочисленных статей в российских и зарубежных журналах.

Людмилу Яковлевну по праву можно считать основателем Северной Школы диатомологов. Благодаря выдающемуся педагогическому таланту, энергии, научной эрудиции, разносторонним интересам, Людмила Яковлевна до последних дней была примером и опорой для учеников. Она передала свои бесценные знания молодым сотрудникам ИППЭС и Геологического института, которые сегодня активно развивают перспективное палеоэкологическое направление исследований в области диатомового анализа в регионе.

Уход Людмилы Яковлевны – невосполнимая утрата для немногочисленного оте-



чественного диатомового научного сообщества, для ее учеников и для всей Российской науки. Коллеги и ученики Людмилы Яковлевны навсегда сохраняют светлую память о ней, как о человеке, отдавшем себя науке Заполярья, и с честью продолжают ее дело.

ПАМЯТИ МАКСИМА ВИКТОРОВИЧА ШАЙДУКА

4.05.1979 – 3.09.2022

IN MEMORY OF MAXIM VIKTOROVICH SHAIIDUK

4.05.1979 – 3.09.2022

3 сентября в возрасте 43 лет скоропостижно ушел из жизни наш товарищ и коллега, водитель вездехода Геологического института Максим Викторович Шайдук.

Максим Викторович родился 4 мая 1979 г. За время службы в Вооруженных силах Российской Федерации с 1998 по 2001 гг. он стал первоклассным специалистом по управлению и обслуживанию гусеничного транспорта. Вся его производственная деятельность была связана с этим видом техники. Работал мастером производственного обучения в Апатитской технической школе РОСТО (ДОСААФ).

В 2009 г. Максим Шайдук поступил на работу в Геологический институт водителем вездехода. Он обеспечивал доставку полевых отрядов в самые труднодоступные районы Кольского региона. Как высококлассный водитель и механик МТ-ЛБ справлялся с любыми техническими трудностями в полевых условиях. Все полевики института, которым довелось с ним работать, высоко ценили профессиональные качества Максима Викторовича.

За добросовестное отношение к своим обязанностям и качественную подготовку кадров для Вооруженных сил Российской Федерации и кадров массовых технических про-



фессий ему была объявлена благодарность ДОСААФ.

Максим Викторович был добрым и отзывчивым человеком, надежным товарищем. Светлая память о нем навсегда сохранится в наших сердцах.

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 – подрисовочную 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 сокращение, 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 неблиблиографического 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., Loisides 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 режима 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.

Оптико-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

