

ФИЦ  
КНЦ  
РАН

- НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ СТАТЬИ
- НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ. СОБЫТИЯ. ХРОНИКА
- ЮБИЛЕИ И ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫЕ ДАТЫ
- ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
- РЕЦЕНЗИИ. БИБЛИОГРАФИИ

# ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

2/2021





# ВЕЕСТНИК

## Кольского научного центра РАН

**Научно-информационный журнал.** Основан в 2009 году. Выходит 3 раза в год.  
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, г. Апатиты, Мурманская обл., ул. Ферсмана, 14

E-mail: [vestnik2@ksc.ru](mailto:vestnik2@ksc.ru)

**Главный редактор, председатель Редакционного совета  
С.В. КРИВОВИЧЕВ, чл.-корр. 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. МАСЛОБОЕВ, 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. ЦУР

Корректор С.А. ШАРАМ

Подписано в печать 20.08.2021

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) since 2009.

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

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

E-mail. [vestnik2@admksk.apatity.ru](mailto:vestnik2@admksk.apatity.ru)

#### **Editor-in-Chief and Chairman of the Editorial Council**

**S.V. KRIVOVICHEV, Corr. Member 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. RUNDKVIIST, 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>

# СОДЕРЖАНИЕ

## НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ СТАТЬИ

Г.О. Калашникова, В.Н. Яковенчук, Е.А. Селиванова, Я.А. Пахомовский	ПУТЬ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНОГО ЛИНТИСИТА ОТ МИНЕРАЛА ДО ЕГО СИНТЕТИЧЕСКОГО АНАЛОГА: ПОЛЕЗНЫЕ СВОЙСТВА, ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ	7
Р.А. Титов, Н.В. Сидоров, Н.А. Теплякова, В.М. Воскресенский, И.В. Бирюкова, М.Н. Палатников	НОВЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ СТЕХИОМЕТРИИ И СТРУКТУРНОГО СОВЕРШЕНСТВА НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКОГО КРИСТАЛЛА НИОБАТА ЛИТИЯ	16
О.А. Макарова	РЕДКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИЗ ЖИЗНИ БУРОГО МЕДВЕДЯ, ВОЛКА И РОСОМАХИ	29
В.В. Ершов, Л.Г. Исаева, Т.А. Сухарева, Г.П. Урбанавичюс, Е.А. Иванова, Е.А. Белова	ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОСТОЯНИЯ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЛАПЛАНДСКОГО ЗАПОВЕДНИКА	34

## ЮБИЛЕИ И ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫЕ ДАТЫ

ВСПОМИНАЕМ ГЕННАДИЯ ЛУЗИНА	43
К ЮБИЛЕЮ ЛИДИИ ГЕРАСИМОВОЙ	47
К ЮБИЛЕЮ ВЕНИАМИНА ОРЛОВА	48

## ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА. ИНТЕРВЬЮ

В АПАТИТАХ ПОЯВИЛАСЬ МЕМОРИАЛЬНАЯ ДОСКА, ПОСВЯЩЕННАЯ АКАДЕМИКУ Н.Н. МЕЛЬНИКОВУ	50
ПОЛЯРНИК ИЗ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА	51
НАУЧНЫЙ АРХИВ: 90 ЛЕТ КОЛЬСКОЙ НАУКИ В ДЕТАЛЯХ, ДАТАХ И ЦИФРАХ	54
ПОРА ВОСПИТЫВАТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОЗНАНИЕ – В ДИСКУССИОННОМ КЛУБЕ ЛУР ПОРА ОБСУДИЛИ ЭКОВОЛОНТЕРСТВО	56

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ. СОБЫТИЯ. ХРОНИКА

ВСТРЕЧА ПРЕДСЕДАТЕЛЯ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА С МОЛОДЫМИ УЧЕНЫМИ	60
ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГУБЕРНАТОРА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ И НАУКЕ ЮРИЙ ФОМИН ПОСЕТИЛ КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР	61
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН ПОСЕТИЛА ДЕЛЕГАЦИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА МИРОВОГО УРОВНЯ «РОССИЙСКАЯ АРКТИКА»	62
В КОЛЬСКОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ ПРОШЛА НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ ХИМИКОВ	64
ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КНЦ РАН ПРОВЕЛ ТРАДИЦИОННУЮ КОНФЕРЕНЦИЮ	66

## СОДЕРЖАНИЕ

МЕДИЦИНА И БИОЛОГИЯ НА СЕВЕРЕ: ДЛЯ ЖИЗНИ, РАБОТЫ И НАУКИ	68
ОЗЕРО КАК ТОЧКА СОПРИКОСНОВЕНИЯ. ШКОЛА-ПРАКТИКА – НОВЫЙ МЕТОД ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОЛОДЕЖИ И АКАДЕМИЧЕСКОЙ НАУКИ	71
НА ОТКРЫТИИ ФЕСТИВАЛЯ «КАМЕННЫЙ ЦВЕТОК – 2021» УЧЕНЫЕ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ПОЛУЧИЛИ РЕГИОНАЛЬНЫЕ И МУНИЦИПАЛЬНЫЕ НАГРАДЫ	73
НАУКА ПЛЮС БИЗНЕС: ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ НА ВСТРЕЧЕ С ИННОВАТОРАМИ	74
ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ КНЦ РАН ТОРЖЕСТВЕННО ОТКРЫЛ СВОИ ДВЕРИ	77
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР И КОМПАНИЯ «ФОСАГРО» СОЗДАДУТ ЛАБОРАТОРИЮ, ИЗУЧАЮЩУЮ ПЕРЕРАБОТКУ ТРУДНОБОГАТИМЫХ АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД	78

## РЕЦЕНЗИИ. БИБЛИОГРАФИИ

ВЫШЕЛ В СВЕТ ДОКЛАД О СОЦИАЛЬНОМ ПАРТНЕРСТВЕ В АРКТИКЕ	80
«ПОРА ОЗЕЛЕНЯТЬ АРКТИКУ»: НОВАЯ КНИГА О ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ «ЗЕЛЕНОГО ЗАПОЛЯРЬЯ»	81
НОВОЕ ИЗДАНИЕ О ФИНАНСАХ АРКТИКИ	85
ЗОЛОТО НАШЕГО КРАЯ	86
НОВАЯ КНИГА ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ПОДДЕРЖКИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В АРКТИКЕ	88
ЧЕЛОВЕК СЕВЕРА: ЕГО ЗДОРОВЬЕ, МИНЕРАЛЬНЫЙ БАЛАНС И ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ВАЖНЫЕ ВЫВОДЫ МЕДИКОВ И БИОЛОГОВ	89
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»	93

DOI:10.37614/2307-5228.2021.13.2.001

УДК 546.05, 66.017, 661.726

## ПУТЬ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНОГО ЛИНТИСИТА ОТ МИНЕРАЛА ДО ЕГО СИНТЕТИЧЕСКОГО АНАЛОГА: ПОЛЕЗНЫЕ СВОЙСТВА, ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Г.О. Калашникова<sup>1</sup>, В.Н. Яковенчук<sup>1,2</sup>, Е.А. Селиванова<sup>1,2</sup>, Я.А. Пахомовский<sup>1,2</sup>,  
Д.В.Грязнова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Центр наноматериаловедения Кольского научного центра РАН

<sup>2</sup> Геологический институт Кольского научного центра РАН

В работе представлено общее описание линтисита – редкого минерала Хибинского и Ловозерского щелочных массивов. Минерал рассмотрен в качестве прототипа для создания ряда новых интересных и полезных веществ в области материаловедения. Проведено сравнение свойств природного образца и его синтетического аналога АМ-4. Приведены примеры потенциальных направлений применения АМ-4 и его модифицированной в «наноконструктор» формы в области органического синтеза. Показаны различные способы грануляции АМ-4. Материал изложен в простой и максимально понятной научно-популярной форме с целью увеличения интереса широких масс.

### **Ключевые слова:**

*линтисит,  
кукисвумит,  
виноградовит,  
гидротермальный  
синтез, АМ-4, SL3,  
наноконструктор,  
сорбция,  
катализатор*

## THE WAY OF DEVELOPMENT OF NATURAL LINTISITE FROM A MINERAL TO ITS SYNTHETIC ANALOGUE: USEFUL PROPERTIES, POTENTIAL AREAS OF PRACTICAL APPLICATION

G.O. Kalashnikova<sup>1</sup>, V.N. Yakovenchuk<sup>1,2</sup>, E.A. Selivanova<sup>1,2</sup>, Ya.A. Pakhomovsky<sup>1,2</sup>,  
D.V.Gryaznova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Center for Nanomaterial Science of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

<sup>2</sup>Geological Institute of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

The article presents a general description of lintisite – a rare mineral of the Khibiny and Lovozersky alkaline massifs. The mineral is considered as a base for the creation of a number of new interesting and useful substances for the modern science of materials. The characteristics of a natural sample are compared with its synthetic analogue AM-4. Examples of potential applications of AM-4 and its new form as the "nano-scale puzzle" for the field of organic synthesis are given. Different methods of AM-4 granulation are shown. The text is presented as a science fiction in order to attract the interest of people to the publication.

### **Keywords:**

*lintisite, kukisvumite,  
vinogradovite,  
hydrothermal  
synthesis, AM-4,  
SL3, nanopuzzle,  
sorption, catalysis*

Если обратиться к современным справочникам по минералогии или минералогическим базам данных и найти минерал «линтисит», то вместе с этим минералом вам предложат ознакомиться с наиболее близкими к линтиситу образцами: елисеевитом, пункарауйвитом, кукисвумитом, манганокукисвумитом, виноградовитом. Каждый минерал имеет интересное имя: кукисвумит и пункарауйвит названы по месту их первой находки – горе Кукисвум-

чорр (Хибинский массив) и горе Пункарауйв (Ловозерский массив), соответственно. Манганокукисвумит указывает на то, что в его состав входит достаточно большое количество марганца, линтисит – отражает содержание в его составе лития (Li) и принадлежность к минералам, содержащим титан (Ti) и кремний (Si). Елисеевит назван в честь выдающегося русского геолога и петролога Николая Александровича Елисеева (1897-1966), виноградовит – в честь

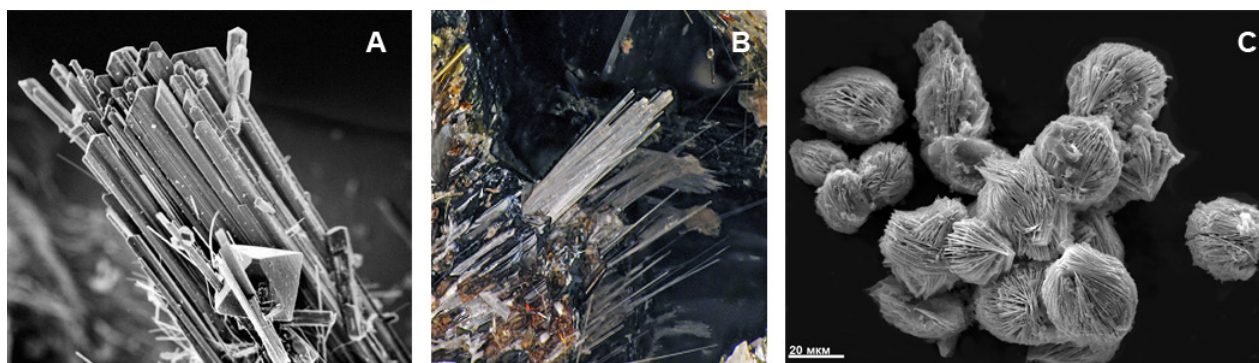


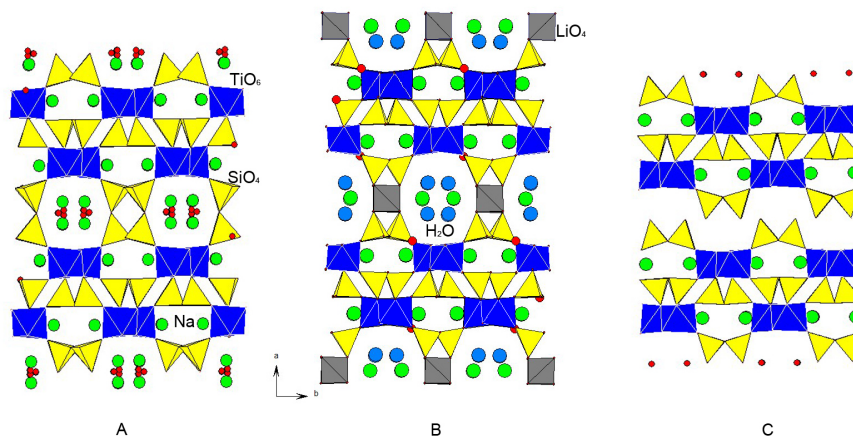
Рис. 1. Удлиненно-призматические кристаллы виноградовита (А) и линтисита (В) 0.5×1.0 мм, кристаллы синтетического AM-4 (С) [Yakovenchuk et al., 2005]

геохимика, академика АН СССР Александра Павловича Виноградова (1895-1975). Все перечисленные минералы можно обнаружить в Хибинском и Ловозерском щелочных массивах Кольского полуострова. Минералом, впервые обнаруженным за границей, является манганокукисвумит (карьер Мон-Сен-Илер, Квебек, Канада) [Gault et al., 2001]. Все перечис-

ленные минералы обладают похожей иглообразной формой и морфологией (рис. 1, А, В) [Yakovenchuk et al., 2005], а также кристаллической структурой (рис. 2), построенной из титанокремниевых слоев.

В настоящее время для них известен единственный и наиболее близкий по кристаллической структуре синтетический аналог – со-

Рис. 2. Кристаллические структуры виноградовита (А), линтисита (В) и «наноконструктора», полученного на основе линтисита (С)





единение титана и кремния (титаносиликат) AM-4, или Aveiro-Manchester-4. Впервые образец AM-4 был синтезирован коллективом доктора М. Дадачева (Австралия) и Ж. Роша (Португалия) в 1997 г. [Dadachov et al., 1997]. Долгое время AM-4 упоминался в зарубежных статьях как уникальный образец с неизвестным структурным прототипом. Тем не менее благодаря проявлению все большего внимания со стороны исследователей к титаносиликатам, открытию близких по структуре к линтиситу новых образцов и попыткам синтеза его аналога, AM-4 был принят за основной синтетический аналог группы минералов линтисита. По результатам поиска информации в базе данных Web of Science Core Collection пик изучения синтетических титаносиликатных материалов приходится на период 2011–2014 гг, особенно в области

физической химии и междисциплинарных исследований (рис. 3) [www.webofscience.com]. В это же время в ряде зарубежных работ AM-4 начинают рассматривать как материал, подобный соединениям кремния и алюминия (цеолитам), которые до сих пор обладают внушительно широким спектром практического применения в материаловедении. Так, в иностранных статьях AM-4 был рекомендован в качестве:

- биоцидного средства (Ag-замещенная форма AM-4) [Pérez-Carvajal et al., 2012];
- основы для выращивания на его чешуйках кристаллов алюмосиликатов типа MFI с целью создания новых композитных материалов для переработки углеводородного сырья [Baker, Murrell, 1990];

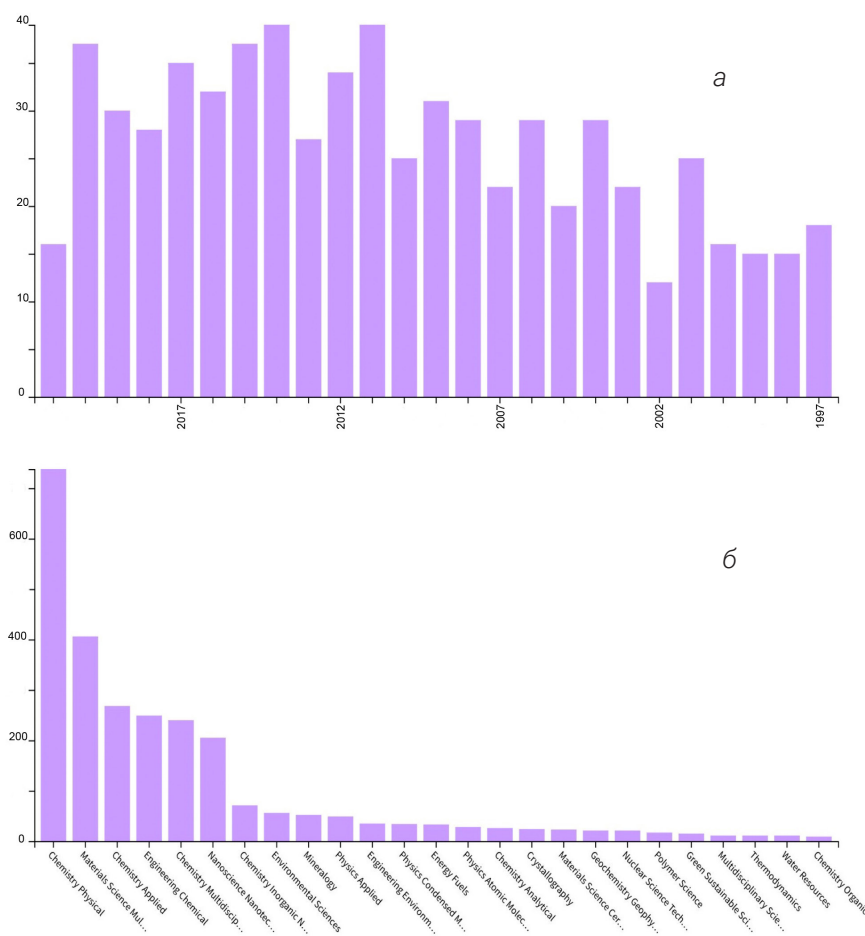


Рис. 3.  
Количество статей по титаносиликатам, входящих в базу данных Web of Science Core Collection:  
а – общее число по годам;  
б – по темам за все время

- исходного материала для сепарации  $H_2/CH_4$  [Castarlenas et al., 2013];
- сорбента ртути для очистки питьевой воды [Lopes et al., 2007];
- сорбента для извлечения катионов Sr, Ba, Am, U, Pu [Al-Attar et al., 2001] из разбавленных нейтральных или щелочных водных растворов, но с условием сохранения его сорбционных свойств до попадания в кислую среду. По способности извлекать радионуклиды из реальных жидких радиоактивных отходов (ЖРО) как сорбент AM-4 значительно уступает широко известным сейчас на рынке титаносиликатам, например, ETS-4 (аналогу зорита) [Oleksiienko, Sillanpaa, 2020], ETS-10 [Popa, Pavel, 2012], CST и IONSIVE (аналогам ситинакита) [Perovskiy et al., 2018].

Причина данной особенности сорбционных свойств материала долгое время оставалась неизвестной и была скрыта в механизме перестройки кристаллической структуры AM-4 после его попадания в растворы с кислой средой.

В 2010 г. на примере образцов природного линтисита сотрудниками Центра наноматериаловедения КНЦ РАН впервые было установлено, что для кристаллической структуры природных образцов характерна ее трансформация в новое соединение L3 (Lintisite 3 hours) по схеме «монокристалл в монокристалл» [Yakovenchuk et al., 2012]. Изменения в структуре минерала происходят следующим образом: обработка кислотой исходного образца приводит к выщелачиванию всех не связанных с кристаллическим каркасом катионов ( $Na^+$  и молекул воды) и межблочных «сшивающих» катионов ( $Zn^{2+}$  и  $Li^+$ ), что приводит к усадке кристаллической структуры исходного образца (сокращению параметра элементарной ячейки  $a$ ) и смещению соседних титаносиликатных блоков относительно друг друга на  $\sim 5 \text{ \AA}$  вдоль вектора  $(b+c)$ . Этот сдвиг, удаление катионов и молекул  $H_2O$  из пространства между блоками приводит к более плотной упаковке сосед-

них титаносиликатных слоев (рис. 2, С). Примечательно, что кристаллы в результате такой трансформации не теряют свою морфологию и внешне сохраняют исходную кристалличность, хотя по результатам монокристалльного рентгеноструктурного анализа образцов их качество значительно ухудшается. Общая формула нового соединения L3 может быть представлена как  $Ti_2Si_4O_{10}(OH)_4$ . Интересно, что данная схема трансформации кристаллической структуры характерна и для синтетического аналога линтисита. Данный факт был экспериментально подтвержден авторами статьи на примере AM-4 в 2013 г. Новое соединение назвали SL3 (Synthesis lintisite 3 hours). После этого данный материал начали использовать в качестве основы для получения нового ряда полезных веществ с прогнозируемыми свойствами, где отдельные титаносиликатные слои выступают в качестве строительных кирпичиков для «наноконструктора», а выбранные катионы внедряют в пространство между этими отдельными блоками.

Сначала эксперименты по созданию «наноконструктора» ограничивались 2–8 граммами исходного вещества, главным образом из-за частого образования смеси различных титаносиликатов: ETS-4 (зорита), натисита, IONSIV (ситинакита), SIV (иванюкита) и AM-4 (линтисита) [Kalashnikova et al., 2021]. Методики, представленные в зарубежной литературе, к сожалению, не обладали должной воспроизводимостью в условиях технологической лаборатории и позволяли получать AM-4 в крайне ограниченном количестве только на основе особо чистых реактивов [Dadachov et al., 1997; Al-Attar et al., 2001, 2003; Pérez-Carvajal et al., 2012]. Поэтому для стабильного синтеза AM-4 и, соответственно, SL3 в достаточном для экспериментов количестве (50–100 г) авторами данной статьи был разработан и запатентован новый способ получения данного титаносиликата [Пат. 2567314 РФ]. Новизна способа заключается в создании дополнительного градиента температурного режима (наличие двух ступеней охлаждения до 150 и 100°C) и применение в качестве более дешевого источника титана соли АСОТ или СТА (аммонийсуль-

фат оксотитана,  $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), которая является полупродуктом переработки сфенового концентрата, получаемого из апатитонефелиновых руд Кольского полуострова. После того как синтез вещества был налажен, началась работа по поиску перспективных областей применения синтетического материала и «наноконструктора» в промышленности. Так в публикациях, участвующих в конкурсе научных работ молодых ученых ФИЦ КНЦ РАН в 2020 г., были представлены экспериментальные доказательства того, что AM-4 и SL3 являются интересными и конкурентоспособными современным материалам сорбентами радиоизотопов йода, цезия, лития и серебра [Kalashnikova et al., 2021]. Эти же материалы могут быть рассмотрены в качестве новых гетерогенных катализаторов для синтеза 1,5-бензодиазепина (противосудорожные, седативные, снотворные препараты) [Timofeeva et al., 2020] и моноалкиловых эфиров пропиленгликоля (1-метокси-2-пропанола – более мягкого и безопасного растворителя для печатных чернил, полиграфии, лакокрасочной промышленности, эмалей) [Timofeeva et al., 2019]. Кроме того, AM-4 можно использовать в качестве матрицы для получения композитного материала-катализатора в синтезе пропиленкарбоната из пропиленоксида (ПО) и  $\text{CO}_2$  [Лукоянов et al., 2020]. Пропиленкарбонат является: растворителем полимеров в текстильной промышленности; исходным веществом для синтеза мономеров, полимеров, пластификаторов, средств защиты растений; высокополярным электролитом; абсорбентом  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , COS из природных и синтетических газов; экстрагентом ароматических углеводородов; осушителем газообразного формальдегида и, наконец, компонентом формовочных смесей в литейной промышленности.

Область катализа для AM-4 и SL3 удалось открыть благодаря тесному сотрудничеству Центра наноматериаловедения со специалистами Наваррского государственного университета (Испания), Новосибирского государственного университета и Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН под руководством д.х.н. М.Н. Тимофеевой.

В результате подробного изучения изменения пористости AM-4, его морфологии, текстурных и физико-химических свойств путем обработки исходного соединения раствором азотной кислоты было установлено, что при образовании из AM-4 соединения SL3 происходит изменение поверхностной кислотности образцов и природы активных центров, что позволяет в дальнейшем управлять каталитическими свойствами соединения и регулировать выход полезных продуктов органического синтеза. Так, при обработке AM-4 раствором азотной кислоты сила основных центров уменьшается, в то время как поверхностная кислотность образцов увеличивается. Интересен также тот факт, что использовать AM-4 и SL3 можно многократно с сохранением конверсии и селективности по основным продуктам, что важно для сокращения затрат на производство новых катализаторов и последующей переработки отработанных материалов.

Для того чтобы рекомендовать материал для широкого применения, исследователям необходимо решить ряд важных вопросов как сугубо научных и технологических, так и экономических: протестировать отработанный в лабораторных условиях метод синтеза AM-4 в укрупненно-лабораторном и пилотном объемах, оценить количество предприятий, действительно заинтересованных в приобретении данного полезного вещества, определить предпочтительный вид продукта для каждой отрасли (порошок или гранулы). В случае гранулированного продукта необходимо продумать ряд исследований по грануляции AM-4 с определением предпочтительного вида гранул для каждой из областей, будь то сорбция или катализ. Очевидно, исследовательской работы с данным веществом предстоит еще много.

Для грануляции AM-4 в настоящее время опробованы три разных метода: грануляция образца при помощи установки с псевдооживленным слоем Mini-Glatt (Российский химико-технологический университет им. Д.М. Менделеева, Москва), центробежного гранулятора ТЛ-20 (ИХТРЭМС КНЦ РАН) и шнекороторного гранулятора формования ФШ-003РК02 (ЦНМ

КНЦ РАН), являющегося уменьшенной копией оборудования, которое используется для получения гранул цеолитов в промышленных масштабах. Поскольку список практического применения AM-4 и SL3 включает в себя очень разные области, был проведен поиск связующего, отвечающего следующим требованиям:

- связующее должно быть нерастворимым в разбавленных водных растворах (модельный раствор сточных вод), щелочных растворах (ЖРО или жидкие радиоактивные отходы) и кислых растворах (растворы электролитов медно-никелевого производства,  $\text{pH} < 1$ );
- связующее не должно вступать в химические реакции с извлекаемыми компонентами или включать элементы, извлекаемые с помощью сорбента, особенно в случае использования такового для обработки ЖРО;
- связующее должно обеспечивать максимальное содержание рабочего вещества (сорбента) в грануле;
- связующее при очистке ЖРО должно быть безопасно удалено из гранул при спекании отработанного сорбента в прочную титанатоподобную керамику СИНРОК-типа (итоговое изделие

для безопасного захоронения извлеченных радиоизотопов) при температурах ниже формирования новых кристаллических фаз (диапазон температур до 600 °С);

- связующий компонент должен быть нетоксичным (включая этап его дальнейшего удаления из гранул при прокаливании), максимально экологичным.

Найти универсальный материал, удовлетворяющий всем перечисленным условиям, не просто, поскольку, помимо требований к самому связующему, существует ряд дополнительных технологических условий и ограничений для каждого типа оборудования. Перед тем как выбрать связующее для испытаний, был проведен анализ самых разнообразных веществ, позволяющих скреплять отдельные крупные частицы AM-4. Наиболее подходящим вариантом для осуществления агломерации частиц AM-4 и понимания механизма процесса грануляции на оборудовании с псевдоожиженным слоем (метод грануляции AM-4 в специальной камере, в которую одновременно под давлением поступает связующий компонент и распыляется гранулируемое вещество) (рис. 4) является хлоркаучук (рис. 5А). Сам по себе хлоркаучук не токсичен, однако при его дальнейшем использовании (растворении, удалении из гранул) могут возникнуть проблемы с выделением хлора,

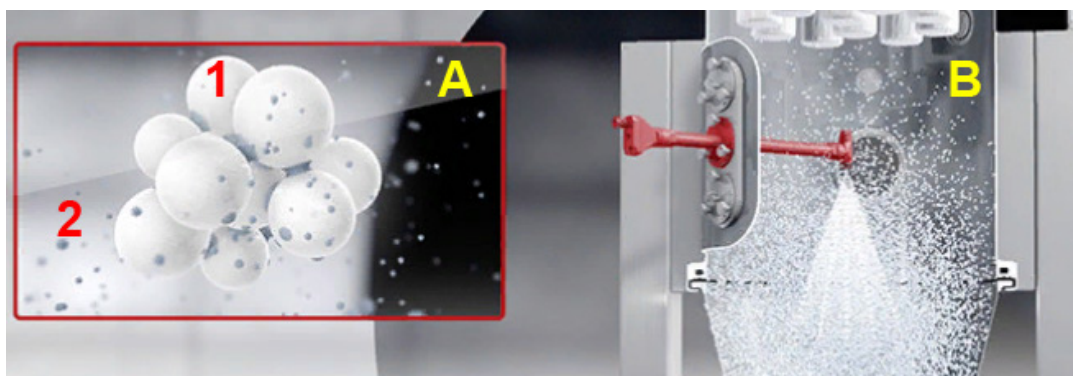


Рис. 4. Схематичное изображение грануляции AM-4 в псевдоожиженном слое, где A1 – гранулируемое вещество (AM-4), A2 – связующее (хлоркаучук, растворенный в ксилоле), B – камера, в которой происходит распыление связующего компонента и AM-4

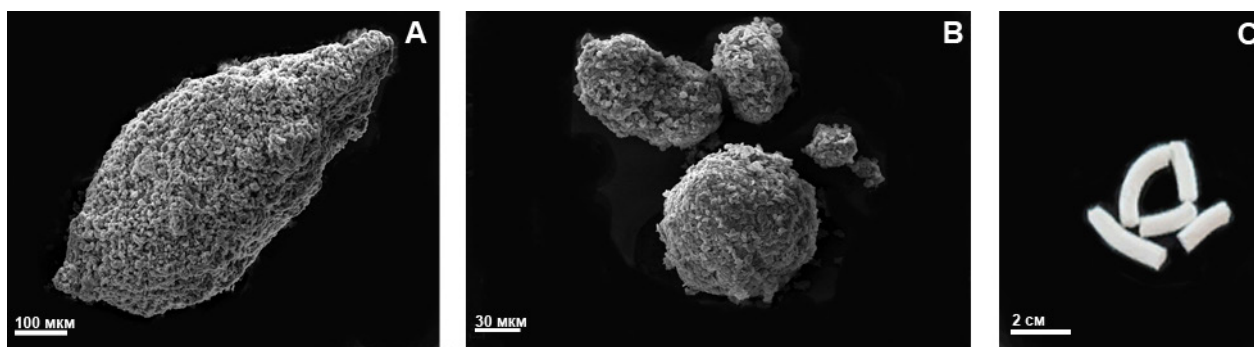


Рис. 5. Гранулы AM-4, полученные гранулированием в псевдооживленном слое (А), при помощи центробежного гранулятора (В) и методом формования (С)

поэтому в последующем это связующее планируется заменить на более безопасное соединение. Для растворения каучуков можно выбрать более безопасный для окружающей среды растворитель 1-метокси-2-пропанол, при синтезе которого «наноконструктор» SL3 является катализатором. Однако ввиду определенных ограничений в работе на лабораторной установке Mini-Glatt в качестве растворителя для полимера все-таки был выбран ксилол. В результате грануляции этим методом в настоящее время удалось получить частицы только очень малого размера.

Для решения проблемы необходимо дополнительное оборудование, позволяющее придавать гранулам сферическую форму и увеличивать их в размере, поэтому работы в данном направлении планируется продолжить в технологическом центре ТТС (Бинзен, Германия). Вместе с исследованиями по грануляции в псевдооживленном слое начаты эксперименты по поиску наиболее подходящих условий для получения гранул AM-4 без привлечения органических связующих. Для начальных экспериментов в качестве смачивающего для порошка AM-4 компонента была выбрана дистиллированная вода. Увлажненный порошок сорбента удалось сгранулировать при помощи центробежного и шнекороторного грануляторов. В обоих случаях были сформованы гранулы. Отмечено, что при центробежном гранулировании появляется возможность получить продукт сферической формы с размером в диапазоне от 20 мкм до 50 мкм (рис. 5В).

Кроме того, сгранулированные частицы в данном случае значительно прочнее при надавливании в сравнении с цилиндрическими гранулами, полученными в результате формования на шнекороторном грануляторе. Недостатком шнекороторного процесса гранулирования может быть получение гранул с низкими механическими свойствами по устойчивости к их истиранию в результате контакта большими объемами промышленных растворов.

Данный цикл работ был представлен на конкурс трудов молодых ученых ФИЦ КНЦ РАН в 2020 году. Синтетический аналог линтисита является перспективным материалом для создания целого ряда полезных веществ для органического синтеза, области сорбции и катализа. Важно, что синтетический аналог линтисита и «наноконструктор» могут быть синтезированы на основе сырья горнодобывающих и металлургических предприятий Мурманской области.

Синтез AM-4, детальное изучение его полезных свойств явились причиной начала совместных научно-исследовательских работ с Новосибирским и Наваррским государственными университетами (Испания), а также Институтом катализа им. Г.К. Борескова СО РАН под руководством д.х.н. М.Н. Тимофеевой.

Развитие исследований по данной теме в настоящее время продолжается авторами в рамках проекта «Разработка универсального и экологичного метода гранулирования синтетических титаносиликатных материалов (сорбентов, катализаторов, возобновляемых

матриц), создаваемых на основе отходов производства конечного продукта региональных рудоперерабатывающих и металлургических заводов», поддержанного фондом ФосАгро/ЮНЕСКО/ИЮПАК в 2019 г.

### Благодарности

Авторы искренне признательны А.В. Базай и Е.Э. Савченко (ЦНМ КНЦ РАН, ГИ КНЦ РАН) за помощь в электронно-микроскопическом изучении образцов, Н.И. Забавчик и М.Ю. Глазуновой (ГИ КНЦ РАН) – за рентгенофазовые исследования, И.П. Кременецкой, Т.К. Ивановой – за консультации в области грануляции и предоставление центробежного гранулятора (ИХТРЭМС КНЦ РАН), сотрудникам РХТУ (г. Москва) – за возмож-

ность проведения грануляции продуктов на оборудовании MiniGlatt, С.В. Кривовичеву, С.Н. Бритвину, Т.П. Паниковскому, С.М. Аксенову (СПбГУ, КНЦ РАН) за консультации, помощь в исследованиях на разных этапах работы и обучение программе Dimond (построение кристаллических структур), Е.С. Житовой (СПбГУ) – за помощь в исследованиях синтетического материала, руководителю ЦНМ КНЦ РАН А.И. Николаеву – за общее руководство работой.

Исследования проводились при финансовой поддержке НИР № 0226-2019-0009 (исследования природных титаносиликатных минералов), гранта РФФИ 18-29-12039 (синтез аналогов минералов), гранта ФосАгро/ЮНЕСКО/ИЮПАК (грануляция продуктов).

### Литература

1. Лукоянов И.А., Тимофеева М.Н., Калашникова Г.О., Шефер К.И., Герасимов Е.Ю., Панченко В.Н., Селиванова Е.А. Синтез композитных материалов на основе каркасного титаносиликата AM-4 для каталитических процессов с участием пропилен оксида // Материалы интернет-симпозиума с междунар. участием «Химически модифицированные минералы и биополимеры в XXI веке», 1 – 2 декабря 2020 г., г. Воронеж, 2020. С. 173 – 179.
2. Пат. 2567314 РФ. МПК C01G 23/00, C01B 33/20 (2006.01). Способ получения кристаллического титаносиликата / Калашникова Г.О., Николаев А.И., Герасимова Л.Г. и др.; Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья Кол. науч. центра РАН, Кол. науч. центр РАН. 2014114241/05; заявл. 10.04.2014; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31.
3. Al-Attar L., Dyer A., Harjulab R. Sorption of uranium onto titanosilicate materials // J. Radioanalytical and Nuclear Chem. 2001. Vol. 247. No. 1. P. 121 – 128.
4. Al-Attar L., Dyer A., Paajanenb A., Harjulab R. Purification of nuclear wastes by novel inorganic ion exchangers // J. Mater. Chem. 2003. Vol. 13. P. 2969 – 2974.
5. Baker R.T.K., Murrell L.L. Novel materials in heterogeneous catalysis // ACS Symposium Series. American Chemical Society. Washington. 1990. Vol. 437. P. 361.
6. Castarlenas S., Gorgojo P., Casado-Coterillo C., et al. Melt compounding of swollen titanosilicate JDF-L1 with polysulfone to obtain mixed matrix membranes for H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> separation // Ind. Eng. Chem. Res. 2013. 52. P. 1901 – 1907.
7. Dadachov M.S., Rocha O., Ferreira A., Lin Z., Anderson M.W. Ab initio structure determination of layered sodium titanium silicate containing edge-sharing titanate chains (AM-4) Na<sub>3</sub>(Na,H)Ti<sub>2</sub>O<sub>2</sub>[Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>]·2.2H<sub>2</sub>O // Chem. Commun. 1997. P. 2371 – 2372.
8. Gault R.A., Ercit T.S., Grice J.D., Velthuisen J.V. Manganokukisvumite, a new mineral species from Mont Saint-Hilaire, Quebec // Can Miner. 2001. Vol. 42. P. 781 – 785.

9. Kalashnikova G.O., Zhitova E.S., Selivanova E.A., et al. The new method for obtaining titanosilicate AM-4 and its decationated form: crystal chemistry, properties and advanced areas of application // *Microporous and Mesoporous Materials*. Vol. 2021. 313. 110787. DOI:10.1016/j.micromeso.2020.110787.
10. Lopes C.B., Otero M., Coimbra J., et al. Removal of low concentration Hg<sup>2+</sup> from natural waters by microporous and layered titanosilicates // *Microporous and Mesoporous Materials*. 2007. Vol. 103. P. 325 – 332.
11. Oleksienko O., Sillanpaa M. Chapter 5 – Sol-gel synthesized titanosilicates for uptake of radionuclides // *Advanced Water Treatment. Adsorption*. 2020. P. 361 – 444. DOI: 10.1016/B978-0-12-819216-0.00005-9
12. Pérez-Carvajal J., Lalueza P., Casado C., et al. Layered titanosilicates JDF-L1 and AM-4 for biocide applications // *Applied Clay Science*. 2012. Vol. 56. P. 30 – 35.
13. Perovskiy I.A., Khramenkova E.V., Pidko E.A., et al. Efficient extraction of multivalent cations from aqueous solutions into sitinakite-based sorbents // *Chemical Engineering Journal*. Vol. 354. 2018. P. 727 – 739. DOI: 10.1016/j.cej.2018.08.030
14. Popa K., Pavel C.C. Radioactive waste waters purification using titanosilicates materials: State of the art and perspectives // *Desalination*. Vol. 293. 1 May. 2012. P. 78 – 86. DOI: 10.1016/j.desal.2012.02.027.
15. Timofeeva M.N., Kalashnikova G.O., Shefer K.I., Mel'gunova E.A., Panchenko V.N., Nikolaev A.I., Gil A. Effect of the acid activation on a layered titanosilicate AM-4: The fine-tuning of structural and physicochemical properties // *Applied Clay Science*. 2020. 10.1016/j.clay.2020.105445.
16. Timofeeva M.N., Kurchenko Ju.V., Kalashnikova G.O., Panchenko V.N., Nikolaev A.I., Gil A. A layered titanosilicate AM-4 as a novel catalyst for the synthesis of 1-methoxy-2-propanol from propylene oxide and methanol // *Applied Catalysis A: General*. 2019. Vol. 587. (117240). DOI: 10.1016/j.apcata.2019.117240.
17. Yakovenchuk V.N., Ivanyuk G.Yu., Pakhomovsky Ya.A., Men'shikov Yu.P. *Khibiny* (Book, Editor – F.Wall The Natural History Museum). 2005. 467 P.
18. Yakovenchuk V.N., Krivovichev S.V., Pakhomovsky Ya.A., et al. Microporous titanosilicates of the lintsite-kukisvumite group and their transformation in acidic solutions // *Minerals as Advanced Materials II* / Ed. S.V. Krivovichev. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2012. P. 229 – 238.

DOI: 10.37614/2307-5228.2021.13.2.002

УДК 535:361:456.34:882

## НОВЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ СТЕХИОМЕТРИИ И СТРУКТУРНОГО СОВЕРШЕНСТВА НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКОГО КРИСТАЛЛА НИОБАТА ЛИТИЯ

Р.А. Титов, Н.В. Сидоров, Н.А. Теплякова, В.М. Воскресенский, И.В. Бирюкова, М.Н. Палатников

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН

Выполнено обобщение экспериментальных и теоретических данных влияния флюса  $B_2O_3$  на систему кристалл-расплав, структурные особенности и оптические свойства кристалла ниобата лития. Рассчитаны значения свободной энергии Гиббса образования примесей боратов ( $Al_4B_2O_9$ ,  $CaB_2O_4$ ,  $CaB_4O_7$ ,  $Ca_2B_2O_5$ ,  $Ca_3B_2O_6$ ,  $PbB_2O_4$ ) в шихте ниобата лития конгруэнтного состава. Установлено, что элемент бор, являясь активным комплексообразователем, в составе флюса  $B_2O_3$  выравнивает коэффициенты распределения лития ( $K_{Li}$ ) и ниобия ( $K_{Nb}$ ), а также способен препятствовать переходу следовых количеств примесных металлов в структуру кристалла ниобата лития. Встраиваясь в грани тетраэдрических пустот структуры кристалла в следовых количествах ( $4 \cdot 10^{-4}$  мол.%), бор повышает структурное упорядочение катионной подрешетки и искажает анионный каркас кристалла, тем самым изменяя длину связей O-O кислородных октаэдров  $O_6$ , что приводит к изменению поляризуемости кислородно-октаэдрических кластеров  $NbO_6$ , определяющих нелинейно-оптические и сегнетоэлектрические свойства кристалла.

### Ключевые слова:

ниобат лития, флюс, оксид бора,  $B_2O_3$ , шихта, комбинационное рассеяние света, инфракрасное поглощение, изобарно-изотермический потенциал

## A NEW METHOD OF THE STOICHIOMETRY INCREASE OF THE LITHIUM NIOBATE NONLINEAR-OPTICAL CRYSTAL

R.A. Titov, N.V Sidorov, N.A. Teplyakova, V.M. Voskresenskiy, I.V. Birukova, M.N. Palatnikov

Tananaev Institute of Chemistry and Technology of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences

Experimental and theoretical data on the influence of  $B_2O_3$  flux on the crystal-melt system, the structural features, and the optical properties of a crystal of lithium niobate are summarized. The Gibbs energies of the borate impurities formation ( $Al_4B_2O_9$ ,  $CaB_2O_4$ ,  $CaB_4O_7$ ,  $Ca_2B_2O_5$ ,  $Ca_3B_2O_6$ ,  $PbB_2O_4$ ) in a congruent composition charge of lithium niobate are calculated. It was found that the element boron, as an active complexing agent, in the composition of the  $B_2O_3$  flux aligns the distribution coefficients of lithium ( $K_{Li}$ ) and niobium ( $K_{Nb}$ ). Also, the element boron is able to prevent the transition of trace amounts of impurity metals into the structure of a lithium niobate crystal. Boron increases the ordering of structural units of the cation sublattice and distorts the anionic framework of the crystal. This is due to the fact that boron is embedded in the tetrahedral voids faces of the crystal structure in trace amounts ( $4 \cdot 10^{-4}$  mol.%). This leads to changes in bond lengths O-O of the oxygen octahedra  $O_6$ , thereby changing polarizability oxygen-octahedral cluster  $NbO_6$ , determining nonlinear optical and ferroelectric properties of the crystal.

### Keywords:

Lithium niobate, flux, boron oxide,  $B_2O_3$ , charge, Raman light scattering, infrared absorption, isobaric-isothermal potentials.



## Введение

Нелинейно-оптический кристалл ниобата лития ( $\text{LiNbO}_3$ ) является одним из широко применяемых и востребованных функциональных материалов электронной техники, что во многом обусловлено успехами в исследованиях оптимизации состояния его дефектности и практически значимых физических характеристик. Ниобат лития, согласно диаграмме состояния, является фазой переменного состава с широкой областью гомогенности, что позволяет свободно варьировать отношение основных компонентов ( $R=\text{Li}/\text{Nb}$ ) в кристалле [Сидоров и др., 2003]. Для практического применения в качестве функциональных нелинейно-оптических материалов электронной техники актуальны оптически высокосовершенные монокристаллы с низкими значениями эффекта фоторефракции и коэрцитивного поля.

Выращивание композиционно однородных монокристаллов  $\text{LiNbO}_3$  для промышленных целей осуществляется методом Чохральского из расплава конгруэнтного состава. Расплав ниобата лития, соответствующий составу конгруэнтного плавления, обеднен по литию, что оказывает влияние на нелинейно-оптические свойства выращенного монокристалла из-за его сильно развитой вторичной (дефектной) структуры. Наиболее важными точечными дефектами, влияющими на фоторефрактивные и другие свойства кристалла, являются дефекты  $\text{Nb}_{\text{Li}}$  и возникающие в рамках зарядовой компенсации дефекты  $\text{V}_{\text{Li}}$ . Согласно классическим подходам, повысить стойкость ниобата лития к повреждению лазерным излучением, т.е. снизить концентрацию  $\text{Nb}_{\text{Li}}$ , можно путем легирования кристалла металлическими «нефоторефрактивными» катионами  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и др. [Сидоров и др., 2003; Черная и др., 2008].

Легирование нефоторефрактивными катионами в определенном диапазоне концентраций приводит к упорядочению катионной подрешетки кристалла (упорядочивающий механизм) и уменьшению в нем общего количества основных структурных дефектов  $\text{Nb}_{\text{Li}}$ , что положительно сказывается на снижении

эффекта фоторефракции. При этом уменьшение фоторефракции при изменении концентрации легирующих металлов в кристалле часто носит пороговый характер. Так при переходе концентрации цинка в кристалле через первый ( $\approx 3.0$  мол.%  $\text{ZnO}$ ) и второй ( $\approx 7.0$  мол.%  $\text{ZnO}$ ) концентрационные пороги эффект фоторефракции соответственно снижается с  $3.1 \cdot 10^2$  до  $6.6 \cdot 10^2$  Вт/см<sup>2</sup> и с  $7.1 \cdot 10^2$  до  $9.8 \cdot 10^2$  Вт/см<sup>2</sup> [Сидоров и др., 2003]. При этом с повышением концентрации примесей происходит разупорядочение структурных единиц катионной подрешетки, а кристаллы отличаются повышенной дефектностью и пониженной композиционной однородностью [Сидоров и др., 2003; 2014].

В последние годы нами развивается новый подход, заключающийся в применении  $\text{V}_2\text{O}_5$  в качестве флюса при выращивании монокристаллов  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  из расплава конгруэнтного состава [Сидоров и др., 2016, 2018, 2020, 2021]. Как показали наши исследования, применение флюса  $\text{V}_2\text{O}_5$  позволяет одновременно реализовать две важные структурные и технологические задачи. Во-первых, кристаллы  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  по отношению  $R=\text{Li}/\text{Nb}$  и по упорядочению структурных единиц катионной подрешетки вдоль оси роста приближаются к кристаллам стехиометрического состава. Во-вторых, использование флюса  $\text{V}_2\text{O}_5$  способствует снижению в кристаллах  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  концентрации глубокой ловушки электронов ( $\text{Nb}_{\text{Li}}$ ) благодаря комплексному влиянию на систему расплав-кристалл.

С целью обобщения полученных ранее данных о влиянии флюса  $\text{V}_2\text{O}_5$  на систему кристалл-расплав, структурные особенности и оптические свойства кристаллов  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  в данной работе выполнено обсуждение результатов комплексного исследования кристаллов  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  (0.55-0.83 мол.%  $\text{V}_2\text{O}_5$  в шихте), выращенных с применением флюса  $\text{V}_2\text{O}_5$ , методами спектроскопии комбинационного рассеяния света, ИК-спектроскопии поглощения и компьютерного моделирования.

Для подтверждения выдвинутой ранее гипотезы [Сидоров и др., 2018] о комплексовании примесных катионов металлов в расплаве конгруэнтного состава флюсом  $\text{V}_2\text{O}_5$  осуществ-

влен расчет свободной энергии Гиббса образования ряда боратов ( $\text{Al}_4\text{V}_2\text{O}_9$ ,  $\text{CaV}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CaV}_4\text{O}_7$ ,  $\text{Ca}_2\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Ca}_3\text{V}_2\text{O}_6$ ,  $\text{PbV}_2\text{O}_4$ ) в расплаве ниобата лития конгруэнтного состава.

## Эксперимент

Исследованные кристаллы выращивались методом Чохральского на установке «Кристалл-2» из платиновой оснастки. Кристаллы конгруэнтного ( $\text{LiNbO}_3_{\text{конг}}$ ) и стехиометрического ( $\text{LiNbO}_3_{\text{стех}}$ ) составов были выращены из расплава конгруэнтного состава (48.6 мол.%  $\text{Li}_2\text{O}$ ) и расплава с избытком оксида лития (58.6 мол.%  $\text{Li}_2\text{O}$ ). Близкие к стехиометрическим кристаллы  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  (0.55, 0.69 и 0.83 мол.%  $\text{V}_2\text{O}_5$ ) были получены с применением метода твердофазной лигатуры, заключающегося в твердофазном взаимодействии  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  и  $\text{H}_3\text{BO}_3$  с последующим получением прекурсора для синтеза гранулированной шихты в процессе прокаливании смеси в температурной области предплавления (1240 – 1250 °C) [Палатников и др., 2015].

Несмотря на схожую технологическую схему с методом прямого легирования, в данном случае реализуется именно метод с использованием твердофазной лигатуры, поскольку оксид бора отличается высокой химической активностью, что приводит к формированию лигатуры вследствие целого ряда твердофазных химических взаимодействий. Содержание бора в выращенных кристаллах  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  (0.55-0.83 мол.%  $\text{V}_2\text{O}_5$ ) находилось на уровне следовых количеств  $\approx 10^{-4}$  мас.% [Сидоров и др., 2016].

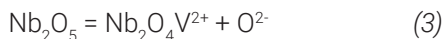
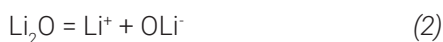
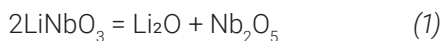
Комплексное изучение кристаллов  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  (0.55-0.83 мол.%  $\text{V}_2\text{O}_5$ ) было выполнено методами спектроскопии комбинационного рассеяния света [Сидоров и др., 2016, 2018, 2021], ИК-спектроскопии поглощения [Сидоров и др., 2020, 2021] и компьютерного моделирования [Сидоров и др., 2021; Титов и др., 2021]. Расчет изобарно-изотермического потенциала образования ряда боратов ( $\text{Al}_4\text{V}_2\text{O}_9$ ,  $\text{CaV}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CaV}_4\text{O}_7$ ,  $\text{Ca}_2\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Ca}_3\text{V}_2\text{O}_6$ ,  $\text{PbV}_2\text{O}_4$ ) был выполнен согласно методике, изложенной в [Наумов и др., 1971], с учетом всех фазовых пе-

реходов (ф/п). Расчеты выполнены в температурном интервале ( $\Delta T = 298.15\text{--}1573.15\text{ K}$ ), так как именно в расплавленном состоянии могут образовываться бораты. В некоторых случаях вычисления были выполнены при меньшей температуре, так как для ряда соединений существуют ограничения по температурному диапазону применимости уравнений теплоемкости. Для выполнения соответствующих расчетов были использованы справочные данные необходимых термодинамических величин [Краткий справочник..., 1974; Varin et al., 1977; Chase et al., 1985; NIST, 2018; База данных..., 2019].

## Обсуждение

Кристаллы ниобата лития выращивают из платиновой оснастки по причине крайне высокой химической активности расплава и высокой температуры плавления кристалла (1253 °C). В последние годы все более актуальным становится вопрос влияния структуры расплава на процесс кристаллизации кристалла. Основная концепция рассматривает расплав как совокупность кластеров различной электрохимической активности и строения [Uda et al., 1995]. В работах [Воронько и др., 1991; Соболев, 2012] применение высокотемпературной спектроскопии КРС расплава ниобата лития позволило установить несоответствие анионных мотивов в расплаве и кристалле, что накладывает серьезные ограничения на процесс зарождения равновесных структур на границе кристалл-расплав. Более того, несоответствие анионного строения расплава и кристалла неизбежно приведет к образованию дефектной структуры кристалла, растущего из такого расплава [Воронько и др., 1991; Соболев, 2012].

В работах [Kimura, Uda, 2009; Fujii et al., 2013] представлены результаты исследований состава расплава, механизмов кристаллизации и способов повышения структурной однородности кристаллов ниобата лития. В статье [Uda, Tiller, 1992] описаны основные реакции диссоциации и ионизации, возникающие в расплаве ниобата лития:



Авторы работы [Tiller, Uda, 1993] рассчитали равновесный коэффициент распределения для семи химических соединений ( $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{OLi}^-$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_4\text{V}^{2+}$ ,  $\text{O}^{2-}$ ) и пришли к выводу, что в расплаве каждый ион в отдельности обладает собственным и неединичным значением. Это говорит о том, что каждый ион накапливается либо истощается в пограничном слое кристалл-расплав, т.е.  $K_0 < 1$  либо  $K_0 > 1$  соответственно.

При классическом механизме легирования кристаллов  $\text{LiNbO}_3$  металлами с целью регулирования порядка чередования основных катионов ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Nb}^{5+}$ ) вдоль полярной оси кристалла и снижения концентрации глубоких (дефекты  $\text{Nb}_L$  и примеси многозарядных катионов Fe, Cu и др.) и мелких ловушек электронов, встраивание легирующих нефоторефрактивных катионов металлов  $\text{Me}^{n+}$  ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и др.) осуществляется в кислородные октаэдры  $\text{O}_6$  структуры кристалла – литиевый, ниобиевый или вакантный [Сидоров и др., 2003]. Внедрение катионов металлов в структуру кристалла сопровождается образованием прочных ковалентных свя-

зей с атомами кислорода кислородных октаэдров  $\text{O}_6$ . При этом в легированных кристаллах  $\text{LiNbO}_3:\text{Me}$  распределение катионов  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Nb}^{5+}$  и  $\text{Me}^{n+}$  вдоль оси роста кристалла определяется типом и концентрацией легирующей примеси [Сидоров и др., 2003; Черная и др., 2001, 2008]. Существенно отметить то, что легирование «нефоторефрактивными» катионами металлов не позволяет повысить стехиометрию кристаллов, выращиваемых из расплава конгруэнтного состава, подобно подходу с использованием флюса  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Природа легирующего катиона металла и его концентрация в шихте конгруэнтного состава влияют на вид, концентрацию и активность электрохимических комплексов в расплаве, присоединение которых к поверхности растущего кристалла на границе кристалл-расплав осуществляется без влияния на концентрацию основных катионов (Li и Nb) и стехиометрию.

В качестве функциональных нелинейно-оптических материалов электронной техники перспективны кристаллы стехиометрического ( $\text{LiNbO}_{3\text{стех}}$ ,  $R=1$ ) и близкого к нему составов. Однако выращивание кристаллов  $\text{LiNbO}_{3\text{стех}}$  сильно осложняется особенностями диаграммы состояния системы  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Nb}_2\text{O}_5$  [Сидоров и др., 2003] (рис. 1). Фаза ниобата лития обладает достаточно широкой областью гомогенности: при температуре  $20^\circ\text{C}$  она составляет 1 мол.%

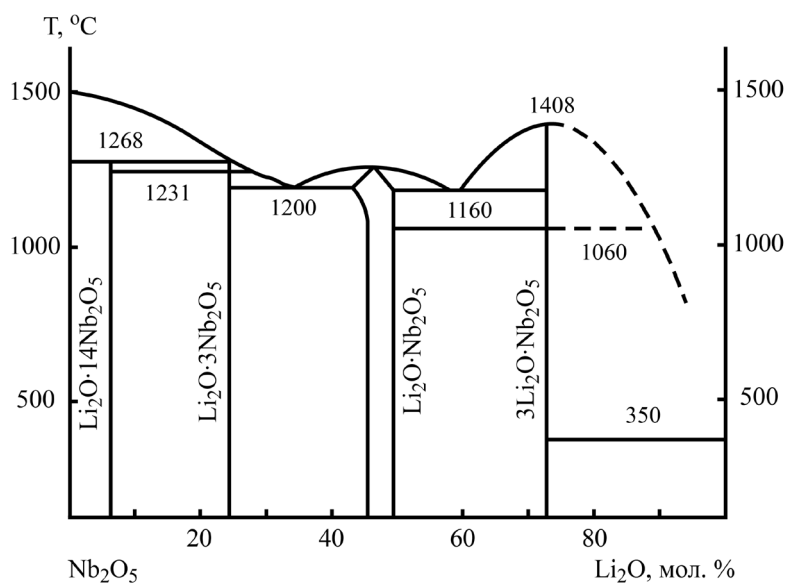


Рис. 1. Фазовая диаграмма системы  $\text{Nb}_2\text{O}_5-\text{Li}_2\text{O}$  [Сидоров и др., 2003]

$\text{Li}_2\text{O}$ , при  $1187^\circ\text{C}$  – 6 мол.%  $\text{Li}_2\text{O}$  [Сидоров и др., 2003]. Данная отличительная особенность позволяет варьировать состав кристаллов, их дефектную структуру (вторичную структуру) и, как следствие, выращивать кристаллы с различными характеристиками [Сидоров и др., 2003]. Однако выращивание кристалла стехиометрического состава вызывает трудности, поскольку максимумы на кривых солидуса и ликвидуса сильно сглажены. По этой причине точное определение дистектической точки (пересечение линий солидуса и ликвидуса) становится невозможным, а из-за ее «размытого» положения на фазовой диаграмме происходит частичная диссоциация соединения. Таким образом, выращивание кристаллов стехиометрического и близкого к нему состава методом Чохральского можно осуществить тремя способами: из расплава, содержащего избыток щелочного компонента (58.6 мол.%  $\text{Li}_2\text{O}$ ); из расплава конгруэнтного состава с использованием 6.0 мол.% флюса  $\text{K}_2\text{O}$  (метод High Temperature Top Seeded Solution Growth – HTTSSG) [Lengyel et al., 2015]; из расплава конгруэнтного состава с добавлением до 2 мол.% флюса  $\text{V}_2\text{O}_5$  [Сидоров и др., 2021; Титов и др., 2021].

Преимуществом кристаллов  $\text{LiNbO}_3_{\text{стех}}$  является меньшая величина коэрцитивного поля ( $\sim 2.5$  кВ/см) по сравнению с кристаллами  $\text{LiNbO}_3_{\text{конг}}$  ( $\sim 23.0$  кВ/см) [Сидоров и др., 2021]. Однако кристаллы  $\text{LiNbO}_3_{\text{стех}}$ , выращенные с использованием 58.6 мол.%  $\text{Li}_2\text{O}$ , характеризуются высокой неоднородностью состава вдоль оси роста кристалла из-за сильной разницы в концентрации щелочного компонента на границе кристалл-расплав. Существенная композиционная неоднородность выращенного таким методом кристалла ограничивает его использование в качестве функционального нелинейно-оптического материала электронной техники. Кроме того, данным способом невозможно вырастить крупногабаритные монокристаллы из-за необходимости использования только незначительного объема расплава. Важно отметить, что выращивание крупногабаритных кристаллов ниобата лития конгруэнтного состава ( $\text{LiNbO}_3_{\text{конг}}$

$R=0.946$ ) хорошо отработано с годами и в отличие от выращивания кристаллов  $\text{LiNbO}_3_{\text{стех}}$  не вызывает технологических трудностей.

Кристаллы, по составу близкие к стехиометрическим, обладающие высокой структурной и оптической однородностью, можно вырастить методом HTTSSG с использованием 6.0 мол.% флюса  $\text{K}_2\text{O}$  [Lengyel et al., 2015]. Основным недостатком данного метода заключается в высоком содержании составляющей флюса в кристаллах оптического качества ( $\sim 0.01$ – $0.02$  мас.%). Действительно, сравнение ионных радиусов калия, лития и ниобия (1.38, 0.76 и  $0.64 \text{ \AA}$  соответственно) объясняет невозможность внедрения составляющей флюса в кислородно-октаэдрическую структуру кристалла. Катионы калия в кристаллах, выращенных с применением метода HTTSSG, механически захватываются в процессе роста и локализуется на технологических дефектах кристалла, что может накладывать ограничения на практическое применение данных кристаллов.

В свою очередь, кристаллы  $\text{LiNbO}_3:\text{V}$ , выращенные с применением флюса  $\text{V}_2\text{O}_5$ , обладают повышенным, по сравнению с кристаллом  $\text{LiNbO}_3_{\text{конг}}$ , упорядочением структурных единиц катионной подрешетки и отличаются более высокой оптической однородностью и более низким эффектом фоторефракции по сравнению с кристаллом  $\text{LiNbO}_3_{\text{стех}}$  [Сидоров и др., 2016, 2018, 2020, 2021; Титов и др., 2021]. Такое влияние флюса на характеристики кристаллов  $\text{LiNbO}_3:\text{V}$  объясняется высокой комплексобразующей способностью бора в расплаве конгруэнтного состава: борпроизводные связывают избыточный в расплаве ниобий, что приводит к выравниванию коэффициентов распределения лития и ниобия ( $K_{\text{Li}}$  и  $K_{\text{Nb}}$ ) [Сидоров и др., 2018, 2021; Титов и др., 2021]. Данная отличительная особенность влияния флюса  $\text{V}_2\text{O}_5$  на расплав конгруэнтного состава является одной из причин приближения кристаллов  $\text{LiNbO}_3:\text{V}$  по составу к стехиометрическим [Сидоров и др., 2020, 2021; Титов и др., 2021].

Влияние, оказываемое бором на систему кристалл-расплав, подробно изложено в работах [Сидоров и др., 2020, 2021; Титов и др., 2021]. Однако о влиянии бора в качестве активного

комплексобразователя на расплав конгруэнтного состава, способного воздействовать на вторичную структуру кристалла и его оптическое качество, в литературе сказано мало.

Ранее нами была выдвинута концепция, учитывающая комплексобразующий потенциал бора в расплаве ниобата лития конгруэнтного состава, согласно которой снижается эффект фоторефракции («optical damage») и повышается чистота кристаллов  $\text{LiNbO}_3$ :В путем «очистки» расплава через образование различных комплексов борпроизводных с регламентируемыми примесными катионами металлов.

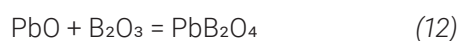
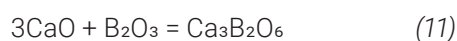
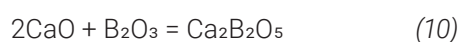
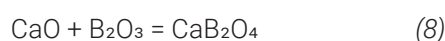
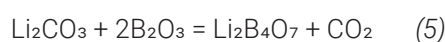
Важно отметить, что исследования влияния состава расплава системы  $\text{Li}_2\text{O-Nb}_2\text{O}_5\text{-B}_2\text{O}_3$  на тип и электрохимическую активность входящих в него комплексов, участвующих в высокотемпературной кристаллизации, в связи с отсутствием необходимого оборудования и экспериментальных трудностей в настоящее время практически не проводятся. По этой причине становится актуальна интерпретация свойств расплава (электрохимическая активность входящих ионных комплексов, роль легирующих элементов, величина стехиометрии и др.) через анализ и сравнительные исследования свойств уже выращенных монокристаллов. В связи с этим из-за отсутствия возможности экспериментального подтверждения данной концепции нами были выполнены расчеты «в первом приближении» энергии Гиббса (изобарно-изотермического потенциала) гипотетически возможного образования ряда боратов примесных металлов ( $\text{Al}_4\text{B}_2\text{O}_9$ ,  $\text{CaB}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CaB}_4\text{O}_7$ ,  $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Ca}_3\text{B}_2\text{O}_6$ ,  $\text{PbB}_2\text{O}_4$ ) в расплаве системы  $\text{Li}_2\text{O-Nb}_2\text{O}_5\text{-B}_2\text{O}_3$ . В литературе расчеты такого рода отсутствуют.

Изобарно-изотермический потенциал, под которым понимают изменение внутренней энергии системы при осуществлении химического взаимодействия, позволяет оценить гипотетическую возможность осуществления химического превращения. При  $p$ ,  $T=\text{const}$  химическая реакция самопроизвольно протекает в направлении продуктов реакции ( $G<0$ ), при  $G=0$  устанавливается хими-

ческое равновесие и при  $G>0$  химическое равновесие смещается в сторону реагентов.

Помимо глубоких ловушек электронов (структурных дефектов  $\text{Nb}_{\text{Li}}$  и многозарядных катионов металлов Fe, Cu и др.), влияние на практически важные характеристики ниобата лития оказывают примесные катионы металлов (Al, Ca, Pb и др.), неизбежно присутствующие в следовых количествах в шихте конгруэнтного состава и переходящие в растущий кристалл. Наличие таких примесных катионов в структуре кристаллов негативно сказывается на их окрашивании [Яничев, 2011], появлении эффекта фоторефракции и центров рассеяния. Авторы работы [Леонюк, 2008] реализовали связывание некоторого количества катионов  $\text{Al}^{3+}$  путем образования высокотемпературного малорастворимого алюмобората состава  $\text{Al}_5\text{BO}_9$ , что позволило снизить концентрацию  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в реакционной смеси.

На основе состава регламентируемых примесных катионов металлов в шихте конгруэнтного состава [Сидоров и др., 2021] и доступных данных термодинамических величин [Краткий справочник..., 1974; Barin et al., 1977; Chase et al., 1985; NIST, 2018; База данных..., 2019] был осуществлен расчет энергии Гиббса следующих гипотетически возможных химических превращений в системе  $\text{Li}_2\text{O-Nb}_2\text{O}_5\text{-B}_2\text{O}_3$ :



№	Соединение	$\Delta G$ , кДж/моль	T, К
1	LiBO <sub>2</sub>	-179.504	1573
2	Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	-217.706	1573
3	Li <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>10</sub>	-142.195	1107
4	Al <sub>4</sub> B <sub>2</sub> O <sub>9</sub>	-86.528	1308
5	CaB <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-112.586	1573
6	CaB <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	-116.118	1573
7	Ca <sub>2</sub> B <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-181.428	1573
8	Ca <sub>3</sub> B <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	-234.669	1573
9	PbB <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-39.873	1400

Таблица 1. Энергия Гиббса, рассчитанная для химических реакций в расплаве конгруэнтного состава с применением флюса В<sub>2</sub>О<sub>3</sub>

Согласно полученным данным (табл. 1), для всех рассмотренных химических превращений изменение энергии Гиббса приобретает отрицательные значения, что подтверждает ранее выдвинутую концепцию о связывании примесных металлов (Al, Ca, Pb) борпроизводными в расплаве конгруэнтного состава.

Важно отметить, что влияние комплексобразующей способности бора в расплаве конгруэнтного состава на характеристики монокристаллов ниобата лития по сравнению с воздействием катиона бора в составе группы [BO<sub>3</sub>]<sup>3-</sup> на катионную подрешетку и анионный каркас кристалла (способствующее снижению общей дефектности и вероятности образования структурных дефектов Nb<sub>L</sub><sup>v</sup>, а также выравниванию коэффициентов распределения K<sub>Li</sub> и K<sub>Nb</sub> в процессе роста кристаллов LiNbO<sub>3</sub>:B) невелико. Однако комплексное влияние этих трех факторов воздействия на систему расплав-кристалл позволяет извлечь полезную информацию для усовершенствования технологии получения близких к стехиометрическим кристаллов LiNbO<sub>3</sub>:B, обладающих повышенным упорядочением структурных единиц катионной подрешетки, пониженной концентрацией точечных дефектов и высоким оптическим качеством.

Характерной особенностью применения В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> в качестве флюса при выращивании близ-

ких к стехиометрическим кристаллов LiNbO<sub>3</sub>:B является следовое количество бора в структуре кристалла. Согласно данным масс-спектрометрии, содержание бора в кристаллах LiNbO<sub>3</sub>:B не превышает 4·10<sup>-5</sup> - 4·10<sup>-4</sup> мол.% В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> [Сидоров и др., 2016]. Несмотря на то, что содержание бора в кристалле значительно меньше значений пороговых концентраций катионов металлов (5.38 и 6.76 мол.% ZnO в расплаве [Палатников и др., 2015], 3.0 и 5.5 мол.% MgO в кристалле [Сидоров и др., 2003]), кристаллы LiNbO<sub>3</sub>:B характеризуются аналогичным по величине повышением стойкости к повреждению лазерным излучением. В отличие от кристаллов LiNbO<sub>3</sub>:Me, в которых повышенное упорядочение структурных единиц катионной подрешетки достигается снижением концентрации глубоких ловушек электронов в результате вытеснения легирующим металлом дефекта Nb<sub>L</sub><sup>v</sup> в кристаллах LiNbO<sub>3</sub>:B аналогичный эффект достигается влиянием В<sup>3+</sup> в составе группы [BO<sub>3</sub>]<sup>3-</sup> на катионную подрешетку кристалла. Группа [BO<sub>3</sub>]<sup>3-</sup> локализована в одной из трех граней двух смежных тетраэдров, образованных шестью октаэдрами O<sub>6</sub>: в грани, общей с литиевым или ниобиевым октаэдром, либо в кислородной плоскости, разделяющей кислородно-тетраэдрические слои (рис. 2). Наличие группы [BO<sub>3</sub>]<sup>3-</sup> в структуре кристалла способствует снижению концентрации дефекта Nb<sub>L</sub><sup>v</sup> из-за приобретен-

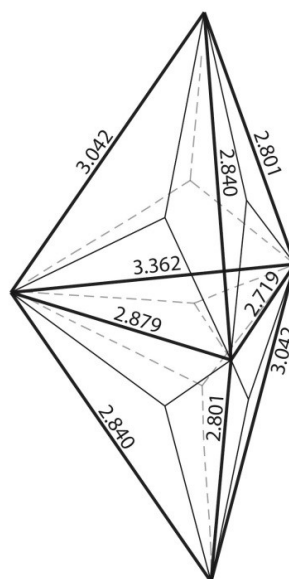


Рис. 2. Длина связей O-O, формируемых октаэдрами тетраэдров, отражает размеры LiNbO<sub>3</sub><sub>конг</sub>, взятого для моделирования [Сидоров и др., 2021]. Расположение В<sup>3+</sup>(III) в составе группы [BO<sub>3</sub>]<sup>3-</sup> предполагается в середине грани тетраэдра

ного избыточного положительного заряда в рассматриваемом фрагменте структуры, как минимум на соответствующую концентрацию катионов  $V^{3+}$ , встроившихся в грани тетраэдрических пустот структуры кристалла  $LiNbO_3:V$  [Сидоров и др., 2021; Титов и др., 2021]. Образование группы  $[VO_3]^{3-}$  объясняется подходящим ионным радиусом катиона бора, удовлетворяющим размерам тетраэдрических пустот, формируемых анионной подрешеткой кристалла. Наличие катионов бора в составе группы  $[VO_3]^{3-}$  способствует изменению длины связей O-O кислородных октаэдров  $O_6$ , что сказывается на наиболее выгодном (характерном для идеального кристалла стехиометрического состава) распределении катионов  $Li^+$  и  $Nb^{5+}$  вдоль полярной оси кристалла.

Разнообразие кристаллохимии оксидных соединений бора определяется возможностью существования атома в гибридизации двух видов –  $sp^2$  и  $sp^3$ , которым соответствуют  $[VO_3]^{3-}$ -треугольники и  $[VO_4]^{5-}$ -тетраэдры соответственно [Беккер, 2015]. В основном состоянии атом бора обладает двумя вакантными  $p$ -орбиталями, благодаря которым, посредством образования донорно-акцепторного взаимодействия, координационное число бора может увеличиться с III до IV. В работе [Шукшин и др., 2020] методом спектроскопии КРС в диапазоне температур 300-1200 К провели исследование структуры расплавов и стекол боратов лития разного состава ( $xLi_2O-yV_2O_5$ ) и установили, что при росте температуры наблюдается увеличение трехвалентного бора, в то время как доля четырехвалентного – уменьшается. Эти данные хорошо согласуются с результатами работ по моделированию размещения катионов бора в гранях тетраэдрических пустот структуры кристаллов  $LiNbO_3:V$  в составе группы  $[VO_3]^{3-}$  [Сидоров и др., 2021; Титов и др., 2021].

Применение методов КРС в области колебаний катионов металлов кислородных октаэдров (200-300  $cm^{-1}$ ) и колебаний атомов кислорода кислородных октаэдров (500-900  $cm^{-1}$ ), а также инфракрасной спектроскопии поглощения (ИК-спектроскопия) в области валентных колебаний гидроксильных

групп для анализа тонких структурных особенностей монокристаллов ниобата лития позволяет сформировать наиболее полную картину вторичной структуры кристалла. Метод ИК-спектроскопии в области валентных колебаний OH-групп позволяет оценить отношение  $Li/Nb$ , концентрацию в кристалле точечных дефектов  $Nb_{Li}$  и  $V_{Li}$  и характер образующихся комплексных дефектов с OH-группами. Наличие гидроксильных групп в ниобате лития обусловлено выращиванием кристаллов в воздушной атмосфере [Cabrera et al., 1996; Lengyel, et al., 2015]. Атомы водорода чрезвычайно чувствительны к изменению кристаллического поля, а их положение оказывает заметное влияние на распределение зарядов в кристалле. Отметим, что присутствие OH-групп в структуре кристалла  $LiNbO_3$  повышает проводимость и эффект фоторефракции, а также понижает величину коэрцитивного поля [Lengyel, et al., 2015; Fontana, Bourson, 2015]. От состава кристалла, его стехиометрии, технологических этапов выращивания, химической природы и концентрации легирующей примеси зависят количество и параметры линий в области 3450-3550  $cm^{-1}$ , соответствующие валентным колебаниям OH-групп. Для кристалла ниобата лития стехиометрического состава, отличающегося высокой степенью структурного совершенства и низкой концентрацией дефектов  $Nb_{Li}$ , в области валентных колебаний гидроксильных групп наблюдается одна полоса поглощения с частотой 3466  $cm^{-1}$  [Polgar et al., 1997; Lengyel et al., 2015]. При анализе кристалла конгруэнтного состава уже проявляются три полосы поглощения с частотами 3466, 3481 и 3489  $cm^{-1}$  [Kong et al., 1999]. Согласно работе [Lengyel, et al., 2015], кристалл стехиометрического состава можно рассмотреть как кристалл, легируемый катионами ниобия. В таком кристалле будут присутствовать комплексные дефекты  $Nb_{Nb}-OH$ , соответствующие полосе поглощения с частотой 3465  $cm^{-1}$ .

В спектре кристалла стехиометрического состава, выращенного из расплава 58.6 мол.%  $Li_2O$ , ширины линий с частотами 3465, 3480 и 3488  $cm^{-1}$ , соответствующие ва-

Таблица 2. Значения параметров полос в ИК-спектре поглощения ( $\nu$ ,  $S$  –  $\text{см}^{-1}$ ,  $I$  – отн. ед), некоторых линий в спектре КРС ( $\nu$ ,  $S$  –  $\text{см}^{-1}$ ), концентрации ОН-групп ( $C(\text{OH-})/\text{см}^{-3}$ ), значение стехиометрии ( $R=[\text{Li}]/[\text{Nb}]$ ) и концентрация структурных дефектов ( $\text{Nb}_{\text{Li}}$  и  $V_{\text{Li}}$  – мол.%) кристаллов  $\text{LiNbO}_3_{\text{СТЕХ}}$ ,  $\text{LiNbO}_3_{\text{ЗКОНГ}}$ ,  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  (0.55, 0.69 и 0.83 мол.%  $\text{B}_2\text{O}_3$  в шихте)

Кристалл	Параметры линий					$C(\text{OH-})/\text{см}^{-3}$	$R=[\text{Li}]/[\text{Nb}]$	$\text{Nb}_{\text{Li}}$	$V_{\text{Li}}$
	Параметры линий			Спектры КРС					
	$\nu$	$I$	$S$	$\nu$	$S$				
$\text{LiNbO}_3_{\text{СТЕХ}}$	3465	0.14	4.28	578	16	$1.6 \cdot 10^{17}$	1	0	0
	3480	0.11	5.37	630	20				
	3488	0.07	8.18	876	20				
$\text{LiNbO}_3_{\text{КОНГ}}$	3470	0.12	16.4	578	15	$3.3 \cdot 10^{17}$	0.942	0.976	3.904
	3483	0.49	24.8	629	25				
	3486	0.33	27.1	876	30				
$\text{LiNbO}_3:\text{B}$ (0.55 мол. % $\text{B}_2\text{O}_3$ в шихте)	3466	0.144	12.5	575	32	$6.4 \cdot 10^{17}$	0.967	0.553	2.212
	3480	0.077	17.7	626	41				
	3485	0.333	27.7	875	25				
$\text{LiNbO}_3:\text{B}$ (0.69 мол. % $\text{B}_2\text{O}_3$ в шихте)	3466	0.100	16.2	576	33	$3.4 \cdot 10^{17}$	0.977	0.385	1.540
	3481	0.130	20.1	628	42				
	3485	0.104	22.6	877	25				
$\text{LiNbO}_3:\text{B}$ (0.83 мол. % $\text{B}_2\text{O}_3$ в шихте)	3467	0.142	12.5	576	33	$6.3 \cdot 10^{17}$	0.970	0.503	2.010
	3480	0.119	19.9	626	46				
	3485	0.288	27.2	875	26				

лентным колебаниям гидроксильных групп, более узкие, чем в спектре кристаллов  $\text{LiNbO}_3_{\text{КОНГ}}$  и  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$ .

Этот факт свидетельствует о более высокой упорядоченности подрешетки атомов водорода в кристалле  $\text{LiNbO}_3_{\text{СТЕХ}}$  на фоне исследованных кристаллов (табл. 2). Однако расщепление одной полосы поглощения на три компоненты в исследованном нами кристалле  $\text{LiNbO}_3_{\text{СТЕХ}}$  свидетельствует о большем беспорядке в протонной подрешетке данного кристалла по сравнению с кристаллом, исследованным в работе [Lengyel et al., 2015]. В кристаллах  $\text{LiNbO}_3_{\text{КОНГ}}$  и  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$ , как и в  $\text{LiNbO}_3_{\text{СТЕХ}}$ , проявляются три компоненты с одинаковой поляризацией  $\approx 3470$ ,  $\approx 3483$  и  $\approx 3486 \text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует о схожем характере водородных связей в кристаллах  $\text{LiNbO}_3_{\text{КОНГ}}$  и  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  (табл. 2).

В литературе расщепление на три компоненты связывают с валентными колебаниями ОН-

групп вблизи комплексных дефектов  $\text{NbLi-VLi}$  [Kong et al, 1999, 2004], при этом ширины всех линий в спектре кристаллов  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  меньше соответствующей ширины линий в спектре кристалла  $\text{LiNbO}_3_{\text{КОНГ}}$ , за исключением полосы поглощения с частотой  $3485 \text{ см}^{-1}$  в спектре кристаллов  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  (0.55 и 0.83 мол. %  $\text{B}_2\text{O}_3$  в шихте), что свидетельствует о наиболее высоком упорядочении гидроксильных групп в кристаллах  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  по сравнению с кристаллом  $\text{LiNbO}_3_{\text{КОНГ}}$  (табл. 2).

Расчет концентрации гидроксильных групп в исследованных кристаллах по ИК-спектрам поглощения выполнен по методу Клавира [Klauer et al., 1992]. Согласно полученным данным, концентрация ОН-групп минимальна для  $\text{LiNbO}_3_{\text{СТЕХ}}$  и максимальна для кристаллов  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  (0.55 и 0.83 мол.%  $\text{B}_2\text{O}_3$  в шихте), при этом концентрация ОН-групп в кристаллах  $\text{LiNbO}_3_{\text{КОНГ}}$  и  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$  (0.69 мол. %  $\text{B}_2\text{O}_3$  в шихте)



занимает промежуточное значение (табл. 2). С другой стороны, расчет стехиометрии и концентрации структурных дефектов  $Nb_{Li}$  и  $V_{Li}$  в исследованных кристаллах по методике [Саллум и др., 2009] свидетельствует, что комплексное влияние флюса  $B_2O_3$  на расплав конгруэнтного состава приводит к приближению стехиометрии кристаллов  $LiNbO_3:B$  к 1 и снижению общей концентрации глубоких ловушек электронов (табл. 2).

Ниобат лития обладает кислородно-октаэдрической структурой, аналогичной структуре псевдоильменита [Сидоров и др., 2021]. В такой структуре кислородные октаэдры соединены ребрами и гранями. Это приводит к тому, что образующиеся в структуре кристалла тетраэдрические пустоты, меньшие по объему и размерам, чем кислородные октаэдры, играют роль «буферного» объема [Хуе et al., 2003], компенсирующего изменением своей формы и объема деформационные изменения в структуре кристалла, вызываемые различными технологическими факторами и влиянием легирующих и примесных металлов на катионную и анионную подрешетки кристалла [Сидоров и др., 2021]. Линии в спектрах КРС с частотами 576 и 630  $cm^{-1}$  кристаллов  $LiNbO_3:B$ , соответствующие дважды вырожденным  $E(TO)$  и полносимметричным  $A_1(TO)$  колебаниям атомов кислорода кислородных октаэдров  $O_6$ , испытывают сильное уширение по сравнению с соответствующими линиями в спектре кристаллов  $LiNbO_3_{стех}$  и  $LiNbO_3_{конг}$  (табл. 2).

Этот факт указывает на то, что следовые количества катионов бора, локализованные в гранях тетраэдрических пустот в составе группы  $[BO_3]^{3-}$ , подобно высоким и близким к пороговым концентрациям катионов  $Zn$  и  $Mg$ , оказывают сильное влияние на кислородный каркас кристалла, изменяя длину связей  $O-O$  [Сидоров и др., 2021; Титов и др., 2021]. Столь сильное уширение спектральных линий с частотами 576 и 630  $cm^{-1}$  в спектре КРС кристаллов  $LiNbO_3:B$  можно объяснить тем, что часть тетраэдров структуры кристалла уже заполнена бором, что негативно сказывается на способности тетраэдров компенсировать деформации кислородного каркаса кристалла. При

этом ширина линии с частотой 880  $cm^{-1}$ , соответствующая валентным мостиковым колебаниям атомов кислорода  $A_1(LO)$  типа симметрии вдоль полярной оси в мостике  $Me-O-Me$  ( $Me - Li^+$ ,  $Nb^{5+}$ , примесный катион), кристаллов  $LiNbO_3:B$  (0.55, 0.69 и 0.83 мол.%  $B_2O_3$  в шихте) занимает промежуточное значение между шириной соответствующей линии в спектрах кристаллов  $LiNbO_3_{стех}$  (20  $cm^{-1}$ ) и  $LiNbO_3_{конг}$  (30  $cm^{-1}$ ) – 25, 25 и 26  $cm^{-1}$  соответственно. Такое поведение ширины линии с частотой 880  $cm^{-1}$  может быть обусловлено повышенным упорядочением катионной подрешетки кристаллов  $LiNbO_3:B$  (0.55, 0.69 и 0.83 мол.%  $B_2O_3$  в шихте) в связи с избыточным влиянием положительного заряда катиона бора на фрагмент структуры кристалла, в объеме которого локализуется группа  $[BO_3]^{3-}$  в одной из граней тетраэдрических пустот, общей с литиевым или вакантным кислородным октаэдром, либо в грани, разделяющей кислородно-тетраэдрические слои [Сидоров и др., 2021].

## Заключение

Применение флюса  $B_2O_3$  при выращивании близких к стехиометрическим кристаллов  $LiNbO_3:B$  оказывает многофакторное и комплексное влияние на сложную многокомпонентную систему кристалл-расплав, что позволяет оптимизировать физические характеристики кристалла  $LiNbO_3$ . Кристаллы  $LiNbO_3:B$  отличаются пониженной концентрацией  $Nb_{Li}$ , по сравнению с  $LiNbO_3_{конг}$ , по оптическому качеству не уступают ему, а по упорядочению структурных единиц катионной подрешетки приближаются к идеальному упорядочению в кристалле  $LiNbO_3_{стех}$ . Бор, будучи сильным комплексообразующим агентом, определенным образом структурирует расплав и связывает в процессе комплексообразования избыточный в расплаве конгруэнтного состава ниобий, что приводит к выравниванию коэффициентов распределения лития и ниобия. Проведенные расчеты энергии Гиббса позволили заключить, что в расплаве конгруэнтного состава бор дополнительно снижает содержание следовых количеств

многозарядных металлических примесей, тем самым понижает эффект фоторефракции в кристалле  $\text{LiNbO}_3:\text{B}$ . Благодаря маленькому ионному радиусу ( $0.15 \text{ \AA}$  для  $\text{V}^{3+}(\text{III})$ ) катионы бора в следовых количествах ( $\approx 4 \cdot 10^{-4}$  мол.%) локализируются в гранях вакантных тетраэдрических пустот кислородно-октаэдрической структуры кристалла ниобата лития, предотвращая образование дефектов  $\text{Nb}_{\text{Li}}$  по причине избыточного положительного заряда в рассматриваемом фрагменте структуры кристалла. Таким образом, приведенное в данной работе обобщение полученных ранее результатов в совокупности со впервые выполненными расчетами, подтверждаю-

щими возможность очистки расплава конгруэнтного состава от следовых количеств регламентируемых катионных примесей, позволит в дальнейшем усовершенствовать уже существующую технологию получения близких к стехиометрическим кристаллов ниобата лития с применением флюса  $\text{B}_2\text{O}_3$  с целью получения монокристаллов, обладающих повышенным упорядочением структурных единиц катионной подрешетки, высоким сопротивлением оптическому повреждению и низкой концентрацией глубоких ловушек электронов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-33-90025).

## Литература

1. База данных «Термодинамические константы веществ» [Электронный ресурс] // В.П. Глушко. 2019. URL: <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html/welcome.html>.
2. Беккер Т.Б. Фазообразование и рост кристаллов в четверной взаимной системе Na, Ba, B // O, F: дис. ... докт. геол.-минер. наук: 25.00.05. / Новосибирск, 2015. 279 с.
3. Бирюкова И.В., Макарова О.В., Палатников М.Н., [и др.] Выращивание сильно легированных кристаллов  $\text{LiNbO}_3<\text{Zn}>$  // Неорганические материалы. 2015. Т. 51. № 4. С. 428-432.
4. Бирюкова И.В., Макарова О.В., Палатников М.Н., [и др.] Получение и свойства кристаллов ниобата лития, выращенных из расплавов конгруэнтного состава, легированных бором / Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. 2015. № 5(31). С. 434-438.
5. Верин И.А., Волк Т.Р., Симонов В.И., Черная Т.С. Пороговые концентрации в допированных цинком кристаллах ниобата лития и их структурная обусловленность // Кристаллография. 2008. Т. 53. № 4. С. 612-617.
6. Волк Т.Р., Калинин В.Т., Маврин Б.Н., Сидоров Н.В. Ниобат лития: дефекты, фоторефракция, колебательный спектр, поляритоны / М.: Наука, 2003. 255 с.
7. Волк Т.Р., Черная Т.С., Максимов Б.А. [и др.]. Атомы Zn в ниобате лития и механизмы их вхождения в кристалл / Т.С. Черная, // Письма в ЖЭТФ. 2001. Т. 73. № 2. С. 110-113.
8. Воронько Ю.К., Гессен С.Б., Кудрявцев А.Б., Соболев А.А., Сорокин Е.В., Ушаков С.Н., Цымбал Л.И. Спектроскопия оксидных кристаллов для квантовой электроники. М.: Наука, 1991. 142 с.
9. Воскресенский В.М., Палатников М.Н., Сидоров Н.В., Титов Р.А., Особенности локализации катионов  $\text{V}^{3+}$  в структуре кристалла  $\text{LiNbO}_3$  и их влияние на свойства кристалла // Журнал структурной химии. 2021. Т. 62. № 2. С. 235-543.
10. Воскресенский В.М., Сидоров Н.В., Титов Р.А. [и др.]. Особенности структуры и оптические свойства номинально чистых кристаллов  $\text{LiNbO}_3$ , выращенных из шихты, содержащей  $\text{B}_2\text{O}_3$  // Журнал технической физики. 2021. Т. 91. № 1. С. 64-71.
11. Грунский О.С., Саллум М.И., Маньшина А.А. [и др.]. Исследование состава кристаллов ниобата лития методами оптической спектроскопии // Известия РАН. Серия химическая. 2009. Т. 73. № 11. С. 2162-2166.

12. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. К.П. Мищенко и А.А. Равделя. 7-е изд. Л: Химия, 1974. 200 с.
13. Луканин В.И., Моисеева Л.В., Соболев А.А., Шукшин В.Е. Изучение тройной системы  $\text{Li}_2\text{O}-\text{V}_2\text{O}_5-\text{MoO}_3$  методом спектроскопии комбинационного рассеяния света при высоких температурах. II. Особенности структуры расплавов и стекол боратов лития // Неорганические материалы. 2020 Т. 56. № 6 С. 623-629.
14. Леонюк Н.И. Выращивание новых оптических кристаллов из боросодержащих растворов-расплавов // Кристаллография. 2008. Т. 53. № 3. С. 546-554.
15. Наумов Г.Б., Рыженко Б.Н., Ходаковский И.Л. Справочник термодинамических величин / под ред. чл.-корр. АН СССР А.И. Тугаринова. М.: АТОМИЗДАТ, 1971. 240 с.
16. Палатников М.Н., Сидоров Н.В., Теплякова Н.А., Титов Р.А. Структурный беспорядок и оптические характеристики конгруэнтных кристаллов ниобата лития, выращенных из расплавов, легированных бором // Сибирский физический журнал. 2018. Т. 13. № 2. С. 70-79.
17. Палатников М.Н., Сидоров Н.В., Теплякова Н.А., Титов Р.А. Фотоэлектрические поля и особенности вторичной структуры номинально чистых кристаллов ниобата лития, выращенных из шихты, легированной бором / Н.В. Сидоров, // Журнал технической физики. – 2020. - Т. 90. - № 4. - С. 652-659.
18. Палатников М.Н., Сидоров Н.В. Яничев А.А. [и др.]. Оптическая однородность, дефекты и фоторефрактивные свойства стехиометрического, конгруэнтного и легированных цинком кристаллов ниобата лития // Оптика и спектроскопия. 2014. Т. 117. № 1. С. 76-85.
19. Палатников М.Н., Сидоров Н.В., Яничев А.А. [и др.] Структурный беспорядок и оптические свойства конгруэнтных кристаллов ниобата лития, легированных цинком и бором // Оптика и спектроскопия. 2016 Т. 121. № 1. - С. 40-49.
20. Соболев А.А. Высокотемпературная спектроскопия комбинационного рассеяния света в твердых и расплавленных диэлектриках: автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук: 01.04.07 / Москва, 2012. 39 с.
21. Яничев А.А. Процессы разупорядочения в фоторефрактивных монокристаллах ниобата лития и их проявление в спектрах комбинационного рассеяния: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.07 / Апатиты, 2011. 152 с.
22. Barin I., Knacke O., Kubaschewski O. Thermochemical properties of inorganic substances / Berlin: Springer-Verlag GmbH, 1977. 950 p.
23. Bourson P., Fontana M.D. Microstructure and defects probed by Raman spectroscopy in lithium niobate crystals and devices // Journal of Applied Physics Reviews. 2015. V. 2. P. 040602 (1-14).
24. Cabrera J.M., Carrascosa M., Olivares J. Hydrogen in lithium niobate // Advances in Physics. 1996. V. 45. I. 5. P. 349-392.
25. Chase, M. W., Davies C.A., Downey J.R. [et. al] JANAF Thermochemical Tables Third Edition. Midland: Thermal Group, 1985. 1856 p.
26. Chen X., Kong Y., Zhang W. [et al] OH absorption spectra of pure lithium niobate crystals // J. of Physics: Condensed Matter. 1999. V. 11. № 9. P. 2139-2143.
27. Fujii S., Maeda K., Uda S. [et al] Growth of congruent-melting lithium tantalite crystal with stoichiometric structure by MgO doping // J. of Crystal Growth. 2013. V. 383. P. 63-66.
28. Fukuda T., Shimamura K., Uda S. Intrinsic  $\text{LiNbO}_3$  melt species partitioning at the congruent melt composition. III. Choice of the growth parameters for the dynamic congruent-state growth // J. of Crystal Growth. 1995. V. 155. I. 3-4. P. 229-239.
29. Kapphan S., Klauer S., Wohlecke M., Influence of H-D isotopic substitution on the protonic conductivity of  $\text{LiNbO}_3$  // Physical Review B. 1992. V. 45. I. 6. P. 2786-2799.
30. Kimura H., Uda S. Conversion of non-stoichiometry of  $\text{LiNbO}_3$  to constitutional stoichiometry by impurity doping // J. of Crystal Growth. 2009. V.311. P. 4094-4101.

31. Kitamura K., Wang J., Xue D. Atomic packing and octahedral linking model of lithium niobate single crystals // *Optical Materials*. 2003. V. 23. P. 399–402.
32. Kong Y., Xu J., Zhang W. [et al] The OH-absorption spectra of low doped lithium niobate crystals // *Infrared Physics and Technology*. 2004. V. 45. I. 4. P. 281–289.
33. Kovacs L., Peter A., Polgar K. [et al] .Growth of stoichiometric LiNbO<sub>3</sub> single crystals by top seeded solution growth method // *J. of Crystal Growth*. 1997. V. 177. I. 3-4. P. 211–216.
34. Kovacs L., Lengyel K., Peter A. [et al]. (1-28). Growth, defect structure, and THz application of stoichiometric lithium niobate // *Applied Physics Reviews*. 2015. V. 2. I. 4. P. 40601
35. NIST Chemistry WebBook [Электронный ресурс] // NIST Standard Reference Database. 2018. № 69. URL: <https://webbook.nist.gov/chemistry>.
36. Tiller W.A., Uda S. Intrinsic LiNbO<sub>3</sub> melt species partitioning at the congruent melt composition I. Static interface case // *J. of Crystal Growth*. 1993. V. 129. P. 328-340.
37. Tiller W. A., Uda S. The dissociation and ionization of LiNbO<sub>3</sub> melts // *J. of Crystal Growth*. 1992. V. 121. P. 155-190.

DOI: 10.37614/2307-5228.2021.13.2.003

УДК 502.051

## РЕДКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИЗ ЖИЗНИ БУРОГО МЕДВЕДЯ, ВОЛКА И РОСОМАХИ

**О.А. Макарова**

Печенгская общественная организация экологического просвещения «ЭкоЦентр»,  
makarovao37@mail.ru

Приведены необычные результаты наблюдений 1971-1988 гг. за крупными млекопитающими Мурманской области в Лапландском заповеднике – бурым медведем, волком и росомахой. Статья посвящается памяти доктора биологических наук Валентина Сергеевича Пажетнова, известного исследователя бурого медведя.

**Ключевые слова:**

*бурый медведь, волк, росомеха, Лапландский заповедник, редкие природные явления*

## RARE OBSERVATIONS FROM THE LIFE OF THE BROWN BEAR, WOLF AND WOLVES

**O.A. Makarova**

Pechenga Public Organization for Environmental Education "EcoCenter",  
makarovao37@mail.ru

Unusual results of observations (1971-1988) of large mammals are presented in the Lapland Nature Reserve (Murmansk region): brown bear, wolf and wolverine. The article is dedicated to the memory of Doctor of Biological Sciences Valentin Sergeevich Pazhetnov, a famous researcher of the brown bear.

**Keywords:**

*brown bear, wolf, wolverine, Lapland nature reserve, rare natural*

Сбор материалов по биологии крупных хищных млекопитающих – занятие непростое, требующее не только упорства, но и в значительной мере удачи. Особенно это касается редких видов. Различные сведения копятся годами. Иногда мы не всегда можем правильно истолковать наблюдения. Может пройти много лет, пока накопятся новые сведения, появятся публикации, чтобы взглянуть по-другому на какой-либо факт и получить правильный ответ. Добыть какие-то совершенно удивительные наблюдения – редчайшая удача. О нескольких таких наблюдениях, собранных в период работы в Лапландском заповеднике (1971-1988 гг.), пойдет речь.

### Бурый медведь-левша

При работе в заповеднике, как правило, исполнитель занимается каким-то «своим» направлением в общей программе «Летопись природы» и отдельно еще ведет научную тему. Во время полевой работы нет разграничений, что по твоей теме, а что – нет, и обычно волей-неволей собирается попутный материал. Дневниковые записи переносят на отдельные карточки для картотеки. Оттуда уже их могут использовать другие сотрудники. Но некоторые наблюдения так и остаются попутными и не публикуются. Поэтому иногда следует просматривать старые материалы, перечитывать

свои дневники, сравнивать с новыми сообщениями. Так случилось с наблюдением, впервые сделанном в Лапландском заповеднике в 80-е годы прошлого века. Это о медведе-левше.

В начале октября мне нужно было закрыть полевой сезон и проверить свои стационары в долине реки Верхняя Чуна. Меня вывезли на моторной лодке к Кокоринской избе, где я собиралась переночевать, предварительно проверив все ближние стационары. На следующий день мне надо было пройти по старой лесовозной дороге 8-10 км, проверить самый дальний маршрут и вернуться к исходной точке к назначенному времени. За мной должны были опять прислать моторку. У меня была с собой собака-лайка, так как сопровождающего не было.

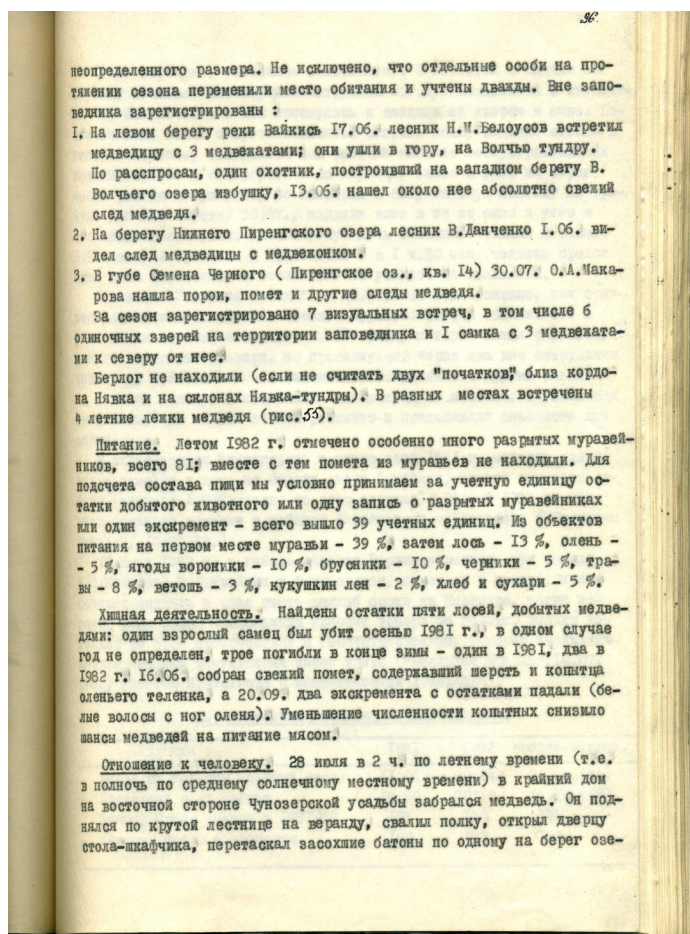
Прибыв на место, я переменяла план. Было еще светло, и разумнее, казалось, добраться к самой дальней точке сегодня, проверить стационар, переночевать в Беличьей избе и уже на следующий день вернуться в назначенное место. Быстро пошла по дороге, одновременно сворачивала в нужных местах с проверкой и еще засветло буквально добежала до Беличьей избы. Она стояла близко к берегу реки Верхняя Чуна, была на пути многих маршрутов и постоянно использовалась полевыми.

Спускаясь с дороги, обратила внимание, что нижние доски завалинки выдержаны. Я решила, что это лесники затеяли ремонт, в котором старая изба постоянно нуждалась. Но собака внезапно начала отчаянно лаять и устремилась к берегу реки. Я подумала, что кто-то в избе уже есть. Пройдя мимо этой стены, завернула за угол и увидела, что входная дверь, как всегда, подперта лопатой, а значит, никого нет. Собака продолжала лаять, возвращалась ко мне и опять неслась в прибрежные заросли. В это время у лосей заканчивался гон, и я решила, что, возможно, в кустах стоял самец. Но, сделав несколько шагов к двери, остановилась в недоумении, так как окна не было. Начала разбираться и сразу поняла, что избу посетил медведь.

Он подошел к избе, выдернув доску из-под завалинки, ничего интересного

не нашел, завернул за угол и остановился около окна. Поднялся, постоял перед окном, прислонился к стеклу (на нем остался след от лапы), а левой (рабочей) лапой толкнул старую двойную раму, и она вылетела из «гнезда» в избу, упав посередине между двумя топчанами. Медведь пролез внутрь, смел все, что лежало на полочках, прокусил посередине картонную коробку «Малыш», где почти ничего не осталось от сладкой смеси. Затем схватил белую фарфоровую сахарницу и вылез. Я обнаружила эту посудину, когда выносила осколки оконного стекла. Сахарница стояла на возвышении и ослепительно сияла, так как медведь ее тщательно вылизал.

Судя по следам, медведь был некрупным, вероятно по 2-3 году, ростом примерно с меня, около 1,5 м. Я попыталась закрыть окно одеялом или матрасом, но ничего не выходило. Собака носилась взад-вперед и лаяла. Считается, что иногда собака может привести медведя



к охотнику, к наблюдателю. Поведение собаки как раз этому соответствовало. В избе она вообще «задыхалась» от запаха медведя и отчаянно просилась на улицу. К тому же пошел снег, сильно дул ветер. Дров не было. Темнело. Пришлось уходить. Быстро обежав последний стационар, я повернула обратно и вернулась в Кокоринскую избу, где переночевала. В то время для меня пройти 15-20 км по хорошей дороге и без тяжелого рюкзака не составляло труда.

Это наблюдение я записала в полевом дневнике, собиралась проверить, поискать что-то насчет медведей-левшей, а потом забыла. И только получив книгу В.С. Пажетнова «Рядом с нами» [2020], в одном из рассказов прочитала следующее: «Пространство вокруг себя Рычик считал своим полем и не терпел в нем чужого присутствия. Поза у него оставалась постоянно настороженной, и левая лапа была готова для атаки. ...бурые медведи являются, по нашим наблюдениям, левшами».

Позвонив Валентину Сергеевичу, я уточнила ситуацию, узнав, что среди медведей есть и правши, но, по видимому, преобладают левши (В.С. Пажетнов, д.б.н., известный ученый, занимался изучением бурого медведя много лет, на основанной им биостанции «Чистый лес» в Тверской области ведется реабилитация медвежат-сирот).

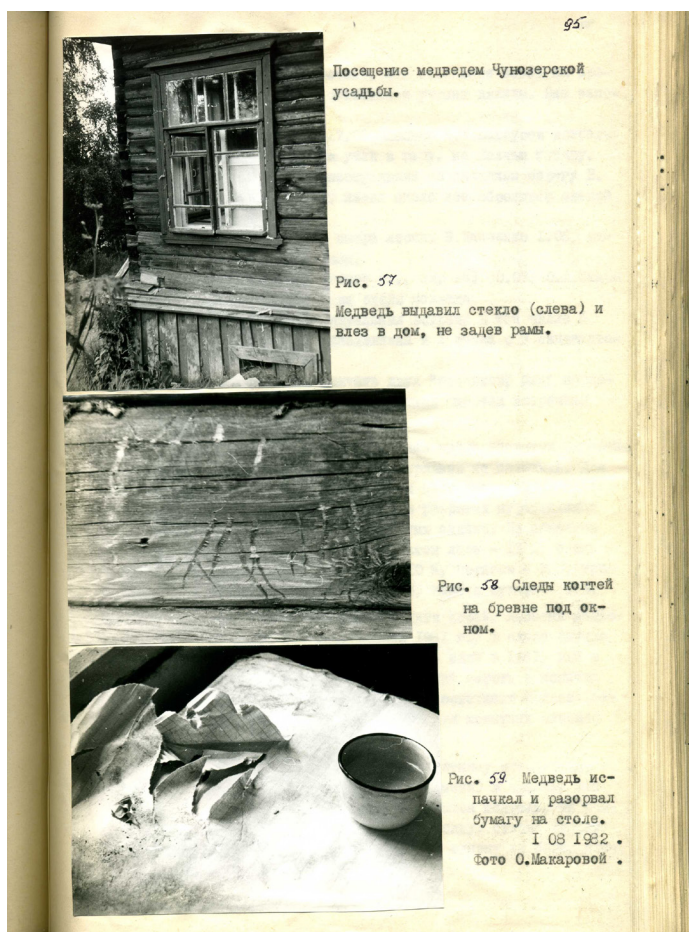
Вспомнился и другой случай «визита» медведя в старый дом на Чунозерской усадьбе. В Летописи природы за 1982 год сообщалось, что 28 июля 1982 г. ночью медведь поднялся по небольшой лестнице на веранду старого дома, все разбросал, нашел засохшие батоны и перетаскал их к роднику, что находился рядом в лесу через дорогу. Затем 30 июля, также ночью, с другой стороны дома этот же медведь влез на высокую завалинку к окну, выдавил стекло с левой стороны и проник в комнату, где вытащил рюкзак с сухарями и также утащил в лес.

По предположению О.И. Семенова-Тян-Шанского, составлявшего очерк в эту Летопись природы, возможно, там находился медвежонок. Остались следы когтей на бревне ниже окна и в комнате на ватмане, что покрывал стол.

Только сейчас, рассматривая снимки, которые я сделала 1 августа 1982 г., обратила внимание, что стекло было выдавлено с левой стороны и подпись под фото гласит о том же. Ранее не пришло в голову, что этот медведь – левша (фото О.А. Макаровой). Отсюда можно сделать вывод, что в Лапландском заповеднике и вообще на Кольском Севере среди медведей есть левши.

Всем полевикам, которые могут столкнуться со следами пребывания медведя, нужно быть более внимательными, и вполне возможно, найдется такой же левша.

*Следующие два наблюдения весьма редки. Хотя они и были опубликованы, но остались практически неизвестны даже среди специалистов-териологов.*



## Волк с переломом бедра

Волк нередко получает травмы, которые ему может нанести, например, лось, при нападении на него. Травмы конечностей для животного, которого «ноги кормят», нередко приводят к трагедии. Но нередко травмы вполне заживают.

18 марта 1985 г. отстреляли волка на оз. Пиренга. На границе Лапландского заповедника накануне охотники с вертолета обнаружили стаю из трех волков, добывших лося. В связи с необходимостью вернуться в аэропорт Кировск охотники вынуждены были прервать охоту и решили вернуться на это место на следующий день. Назавтра они вернулись, но на туше лося был только один волк. Его отстреляли, взяли на борт и улетели в Мурманши.

В эти дни я проводила авиаучет оленей и как раз летала примерно в этих же местах. Накануне обнаружила на оз. Пиренга в западной части волчьи следы. На следующий день, удалось забрать тушу волка с аэродрома Мурманши, по пути доставить ее на базу Лапландского заповедника и продолжить учетные работы.

Позже убитого волка осмотрели и установили следующее. У крупного взрослого весьма упитанного волка был обнаружен перелом левого бедра и нескольких ребер. По всей вероятности, примерно год назад волк был сбит автомашиной, но выжил. При этом ребра и перелом срослись. Примечательно, что в связи с изменением нагрузки один поясничный позвонок над тазобедренными суставами сильно увеличился, а левая суставная сумка стала более плоской и вытянутой. Благодаря этому длина правой и левой конечности различалась всего в 5 мм, то есть разница была ничтожной.

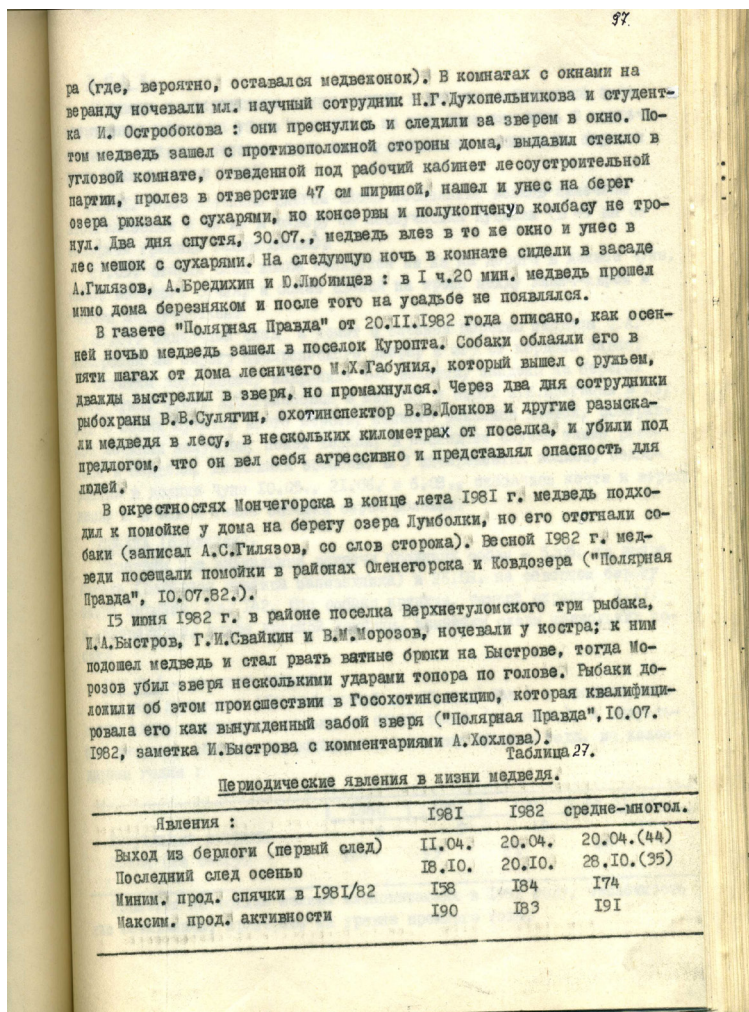
Все эти изменения помогли реабилитации животного, и он успешно охотился, а накануне прошел путь в 30 км к месту добычи лося стаей

волков. Стая волков сразу же ушла с места добычи, и, если бы не подошедший со стороны хищник, охотники остались бы без трофея.

Этот случай свидетельствует об удивительной выживаемости и об умственных способностях волка [Макарова, 1986].

## Росомаха (камни в почках)

Росомаха – типичный обитатель северных биоценозов, которого нередко называют «оленьим пастухом». Встречается в Мурманской области постоянно, но неравномерно, наибольшее число контактов в северо-восточной части региона, где сосредоточено оленеводство. В период промысла копытных зимой в 80-е годы XX века охотники госпромхоза «Мурманский» вели отстрел лося в долине р. Поной (основная база была в бывшей





деревне Ивановка – Чалмны-Варрэ). Одно- временно они вели добычу пушных зверей, в том числе и росомахи. Несколько туш росомахов удалось вывезти и обследовать.

В целом все звери было вполне здоровы. Но в одном случае у крупного самца была отмечена печень необычного цвета. Печень была глянцевая, ровного желтого цвета, вес обычный, желчный пузырь ничем не привлек внимания. Самец был упитанным, не травмированным. Причина осталась неизвестной из-за потери образца. Предположительно у росомахи был цирроз или жировая дистрофия печени, что, возможно, было вызвано закупоркой желчного пузыря.

В почках этого самца были обнаружены камни общим весом 0,4071 г [Макарова, 1982]. Одна почка весом 55 г была с перетяжкой – содержала 25 камней и песок, в другой почке (80 г)

был только песок. Самый крупный камень необычной формы весил 0,2759 г и имел размеры 14,25x10,25 мм, а самый мелкий – 0,0004 г. По внешнему виду камни были похожи на такие же образования у людей, темной окраски, очень прочные, легкие и необычной формы. В литературе нам не приходилось встречать описание подобных находок. Это действительно крайне редкий, возможно, уникальный случай [Макарова, 2019].

Заключая, отметим, что в природе еще очень много тайн и такие наблюдения добавляют к биологии этих хищных зверей интересные подробности. Они должны заставить нас не считать человека царем природы, а еще более внимательно и уважительно относиться к ней.

Особая благодарность за помощь научному отделу Лапландского заповедника.

## Литература

1. Бурый медведь / Летопись природы Лапландского гос. заповедника в 54 кн. Кн. 18. Мончегорск, 1982. С. 95-98.
2. Макарова О.А. Описание травмы у волка в Мурманской области. // Тезисы докл. IV съезда Всесоюз. териологического о-ва, М, 1986. Т. 3. С. 52-53
3. Макарова О.А. Почечные камни у росомахи. // Матер. III съезда Всесоюз. териологического о-ва, Млекопитающие. М, 1982. Т. 2. С. 280
4. Макарова О.А. Росомаха Русской Лапландии // Труды Лапландского государственного природного биосферного заповедника. Вып. VII. Апатиты, 2019. С. 195- 217.
5. Пажетнов В.С. Рычик // Рядом с нами (сборник рассказов). Тверь. 2020. С. 137-140.
6. Следы медведя, посетившего старый дом на Чунозерской усадьбе. Фото О.А. Макаровой // Летопись природы Лапландского государственного заповедника. Мончегорск. 1982.

DOI: 10.37614/2307-5228.2021.13.2.004

УДК 504.064.36

## ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОСТОЯНИЯ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЛАПЛАНДСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

**В.В. Ершов, Л.Г. Исаева, Т.А. Сухарева, Г.П. Урбанавичюс, Е.А. Иванова, Е.А. Белова**

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН

В статье представлена история мониторинговых исследований северотаежных лесов на территории Лапландского заповедника. Показано, что данные о состоянии различных компонентов лесных биогеоценозов, полученные с помощью многолетнего мониторинга, являются актуальными и не уступают европейскому уровню исследований. Результаты долговременных наблюдений выявили негативное влияние атмосферных выбросов металлургического комбината «Североникель» на еловые и сосновые леса заповедника. Для продолжения изучения реакций лесных экосистем на воздушное промышленное загрязнение требуется поддерживать стационарные мониторинговые исследования на особо охраняемых природных территориях.

### **Ключевые слова:**

*Мониторинг, лесные экосистемы, заповедник, многолетние исследования, воздушное загрязнение, медно-никелевое производство, Мурманская область*

## ORGANIZATION OF MONITORING STUDIES ON THE FORESTS CONDITIONS IN THE LAPLAND NATURE RESERVE

**V.V. Ershov, L.G. Isaeva, T.A. Sukhareva, G.P. Urbanavichus, E.A. Ivanova, E.A. Belova**

Institute of North Industrial Ecology Problems of KSC RAS

The article presents the history of monitoring studies of northern taiga in the Lapland Nature Reserve. It is shown that the data on the characteristics of various components of forest biogeocenoses obtained through long-term monitoring are relevant and are not inferior to the European level of research. The results of long-term monitoring revealed the negative impact of atmospheric emissions from the Severonikel metallurgical smelter on the spruce and pine forests of the Reserve. To continue studying the responses of forest ecosystems to industrial air pollution, it is necessary to support stationary monitoring studies in specially protected natural areas.

### **Keywords:**

*monitoring, forest ecosystems, nature reserve, long-term research, air pollution, copper-nickel industry, Murmansk region*

Лесные экосистемы играют важную роль в сохранении экологического равновесия, устойчивого функционирования биосферы, а также в обеспечении материальных и духовных потребностей человека [Смит, 1985]. Интенсивное развитие промышленности негативно сказалось на окружающей среде, а аэротех-

ногенное загрязнение стало одним из важнейших факторов, определяющих современное состояние лесных экосистем [Никонов и др., 2004]. Существует три класса взаимодействия между лесными биогеоценозами и атмосферным загрязнением. Взаимодействия 1-го класса характеризуются низким содержи-

ем примесей в выбросах, влияние их на лесную экосистему несет малозаметный эффект, 2-го класса – концентрации примесей имеют угнетающий для некоторых компонентов биоты эффект, 3-го класса – высокое содержание примесей, вызывает нарушения биогеохимических круговоротов и потоков энергии [Смит, 1985].

В 1970-е годы в Европе лесные экосистемы подверглись негативному воздействию кислотных осадков из-за увеличения антропогенных выбросов загрязнителей в атмосферу. Угнетенное состояние лесов вызвало общественное беспокойство, поэтому под эгидой Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций и Европейского союза была создана Международная кооперативная программа по оценке и мониторингу воздействия загрязнения воздуха на леса (ICP Forests) в середине 1980-х гг. [Lorenz, 1995]. Основная цель мониторинга уровня I этой программы состояла в приобретении данных о пространственных и временных изменениях состояния лесных биогеоценозов, а также о влиянии на них факторов стресса, включая атмосферное загрязнение. Позже выяснилось, что мониторинг экосистем при 1-м классе взаимодействия не способен ответить на во-

просы, касающиеся причинно-следственных связей, поэтому в 1994 г. началась общеевропейская программа интенсивного и непрерывного мониторинга экосистем при уровне взаимодействия класса 2 [Lorenz, Becher, 2012]. В составе показателей, измеряемых при реализации мониторинговой программы ICP Forests, были: прирост ствола дерева, состояние крон деревьев (степень дефолиации и обесцвечивания), биоразнообразие почвенного покрова, химический состав атмосферных выпадений, почвенных вод, почвы, хвои/листьев, метеорологические данные, качество окружающего воздуха, данные о наземной флоромассе. Исследования проводятся на специально выделенных площадях постоянного наблюдения [Ferretti et al., 2013]. Европейскими учеными было отмечено, что для успешного осуществления мер по сокращению влияния аэротехногенного загрязнения на лесные биогеоценозы необходимы многолетние непрерывные наблюдения [Ferm et al., 2019].

Проблема влияния промышленного загрязнения на экосистемы актуальна и для России, особенно для индустриально развитых регионов, таких как Красноярский край, Свердловская, Челябинская, а также Мурманская об-

ласти на территории, которых функционируют крупные металлургические комбинаты [Норин, Ярмишко, 1990; Менщиков, Ившин, 2006; Derome, Lukina, 2010; Евдокимова и др., 2012; Тацкий, 2012; Цветков, Цветков, 2012; Трубина и др., 2014; Жуйкова и др., 2015; Куркатов и др., 2016; Воробейчик, Кайгородова, 2017; Клюев, Яковенко, 2018; ].

Лапландский государственный природный биосферный заповедник находится в центральной части Мурманской области (рис. 1). Территория его полностью входит в зону северной тайги, граница которой с равнинной тундрой проходит в 70-90 км от северной границы заповедника; южная граница – в 120-130 км к северу от Полярного круга.

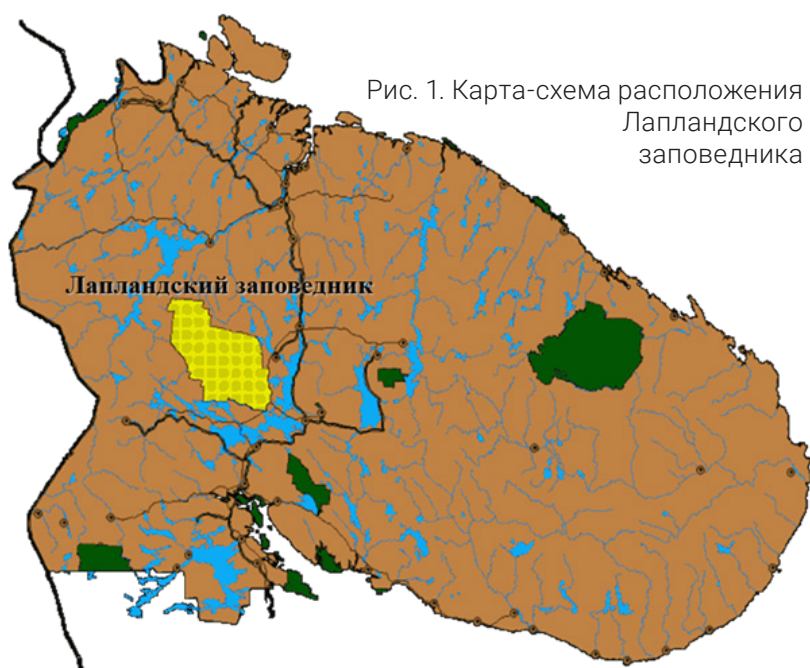


Рис. 1. Карта-схема расположения Лапландского заповедника

Приблизительно в 7 км от восточной границы заповедника находится медно-никелевый комбинат «Североникель» АО «Кольская ГМК» (г. Мончегорск) – источник промышленных выбросов в атмосферу, загрязнение которой привело к значительным нарушениям функционирования лесных экосистем в восточной и юго-восточной части заповедника. Основными поллютантами при переработке на «Североникеле» медно-никелевого сырья являются диоксид серы и пыль, содержащая тяжелые цветные металлы: никель, медь, кобальт. С конца 90-х годов прошлого столетия с переходом медно-никелевого производства на местную руду, а также в результате внедрения на комбинате «Североникель» новой системы очистки промышленных газов и современной технологии производства меди, значительно снизились выбросы сернистого газа и тяжелых металлов в атмосферу.

Цель работы – дать обзор истории развития мониторинговых исследований лесных экосистем на территории Лапландского заповедника.

Леса заповедника представляют типичные для бореальной зоны формации с преобладанием низкопродуктивных хвойных насаждений северотаежного облика, которые занимают около половины территории [Исаева, Костина, 2012]. По составу преобладают смешанные формации, но с отчетливым доминированием главных лесообразующих пород: ели, сосны, березы. В незначительных количествах встречаются осина, ольха кольская и серая, ива козья, рябина. Для заповедника характерны боры-ягельники «паркового» типа. Еловые леса представлены крупными массивами, разделенными на возвышенностях горными тундрами и березовыми криволесьями. Березовые леса с примесью ели располагаются вдоль рек и ручьев и на старых гарях. Сосновые леса занимают 30% покрытой лесом площади, еловые – 46%, березовые – 24%. Преобладают еловые насаждения, среди которых сохранились массивы старовозрастных лесов. Роль их в функционировании биоты огромна – сохранение естественного уровня биоразнообразия. Сосновые леса в значительной мере

испытали влияние таких негативных факторов, как пожары и рубки [Пушкина, 1960]. Наиболее широко распространены ельники зеленомошной группы. Среди сосновых лесов типичными являются сосняки кустарничково-зеленомошные с преобладанием брусники в напочвенном покрове и кустарничково-лишайниковые с хорошо развитым покровом лишайников [Исаева, Костина, 2012].

Первые упоминания о поражении лесов вокруг г. Мончегорска сделаны сотрудником заповедника П.М. Тютиным в 1946 г. Наблюдение за ухудшением состояния и гибели лесов на территории заповедника отражены в книге «Летопись природы» за 1966 г., в которой было отмечено массовое усыхание сосны в 17 км от комбината в южном направлении, сосны и ели в районе реки Вите, а также озера Курка. Научные исследования по поражению растительности аэротехногенным загрязнением на территории заповедника проводились в 1965 г. Е.А. Исаченко и Л.Н. Филипповой на склоне горы Ельнюн около Чунозерской усадьбы. В дальнейшем ухудшение состояния лесов отмечалось в книгах «Летопись природы» за 1967, 1969 и 1972 гг. Усыхание лесов из-за воздействия воздушного промышленного загрязнения на площади 578 га на территории Лапландского заповедника было отмечено в 1972 г. в результате проведенных лесоустроительных работ ГУП «Северо-западное государственное лесоустроительное предприятие». С 1972 по 1979 гг. на территории Лапландского заповедника и его охранной зоне исследования воздействия загрязнения на леса и оценка их лесопатологического состояния выполнялись Московским государственным лесотехническим институтом [Исследование..., 1979]. В 1977 г. сотрудником заповедника З.Х. Аблаевой были выделены лесные зоны в зависимости от уровня техногенного загрязнения: зона полного уничтожения растительности – 2,2 тыс. га, зона сильного повреждения – 4,5 тыс. га и зона деградации лесных сообществ – 9,2 тыс. га, общая площадь поражения 15,09 тыс. га [Аблаева, 1977]. Впервые было выполнено картирование территории заповедника по индексам чистоты атмосферы и показа-

но содержание микроэлементов в лишайниках и снежном покрове.

В 1978-1980 гг. сотрудником заповедника А.Д. Карпенко были заложены 45 постоянных (ППП) и более 300 временных пробных площадей для изучения влияния промышленного загрязнения на еловые фитоценозы Лапландского заповедника [Карпенко, 1984]. Выявлено, что еловые фитоценозы в процессе дигрессии проходят ряд стадий:

1. техногенной редины,
2. березово-ивового мелколесья,
3. техногенной пустоши.

Эти стадии характеризуются значительными изменениями, выражаемыми сменой эдификаторных синузий и упрощением структуры в сообществах.

В книге «Летопись природы» за 1979 г. выделено четыре зоны:

1. Охранная зона заповедника – полное разрушение фитоценозов.
2. Насаждения в районе реки Вите – сильное разрушение насаждений.
3. Часть территории заповедника до массива Чуна-тундры – зона устойчивости.
4. Юго-западная часть заповедника, район реки Мавра – зона слаборазрушенных фитоценозов.

В 1980 г. Московским специализированным лесостроительным предприятием (МЛСУП) на территории Лапландского заповедника выявлено примерно 26 тыс. га лесов неудовлетворительного состояния, испытывающих влияние промышленных выбросов комбината «Североникель» [Отчет..., 1980]. Периодически на ППП, заложенных А.Д. Карпенко и сотрудниками МЛСУП, осуществлялась оценка состояния древостоев [Исаева, 1994, 1997]. С 1998 г. наблюдения за состоянием фитоценозов на этих ППП не ведутся, ППП утеряны, хотя проблема гибели лесов на территории заповедника от промышленного загрязнения весьма актуальна.

Лесопатологическим обследованием, проведенным МЛСУП в 1990 г., на территории заповедника и в его охранной зоне выявлено

29.8 тыс. га, которые испытывают максимальное влияние аэротехногенного загрязнения [Исаева, 1998]. На территории заповедника выделены: зона максимального загрязнения – территориально совпадает с зоной активного влияния воздушного промышленного загрязнения на лес; зона начальной стадии загрязнения – территория в пределах Мончетундры и реки Чуна; условно чистая зона – площадь западнее реки Чуна. С 1990 года лесоустойчивые работы на территории заповедника не проводились, и площадь загрязнения лесов промышленными выбросами фактически не определялась.

В нашей стране наиболее интенсивно и успешно разрабатываются традиционные методы лесного мониторинга, основывающиеся на данных лесоустройства и лесопатологического обследования. В условиях распространяющегося на большие территории аэротехногенного загрязнения эти методы являются важными и необходимыми, но недостаточными. Они не позволяют оценить поступление поллютантов из атмосферы, их миграцию в почвах и биологическое поглощение, а также влияние загрязняющих веществ на миграцию элементов питания, определяющих производительность лесов [Отчет..., 1990; Никонов и др., 2001]. Известно, что высокая эффективность функционирования бореальных лесов достигается благодаря интенсивному постоянному обмену в системе «атмосфера – почва – биоценоз». Нарушение биогеохимических циклов, обусловленное воздушным промышленным загрязнением, вызывает повреждения лесных растений, нарушение процессов продуцирования органического вещества и деградацию лесов.

В 1991-1993 гг. в соответствии с выполнением научно-исследовательских работ по международному проекту «Повреждение лесов Лапландии» (1990-1995) на территории Лапландского заповедника в районе Чунозерской усадьбы Институтом проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН (ИППЭС КНЦ РАН) совместно с Институтом исследований леса (METLA, Финляндия) были заложены две пробные площади постоянного наблюдения

(ППН) в соответствии с международной программой мониторинга лесов: в окрестностях Чунозерской усадьбы и вблизи кордона «Пус» [Russian-Finnish..., 1993]. По окончании проекта вблизи кордона «Пус» ППН была демонтирована, в окрестностях Чунозерской усадьбы действует по настоящее время.

На ППН леса представлены ельником зеленомошно-кустарничковым и сосняком лишайниково-кустарничковым [Исаева, Лукина, 2007], в которых средний возраст ели – 220-240 лет, сосны – 80-120 лет. Доля мертвых деревьев (сухостой, бурелом, валеж) в еловых лесах составляет – 20%, в сосновых – 10% [Лукина, Никонов, 1996]. Каждая ППН оборудована десятью осадкоприемниками для дождевых выпадений (5 – под кронами, 5 – в межкроновом пространстве). Снег отбирается в конце марта – начале апреля (в период максимального снегонакопления) керном на глубину снежного покрова в трехкратной повторности (под кронами и между крон деревьев). Дождевые выпадения и почвенные воды отбираются ежемесячно с начала мая по начало октября. Каждая ППН оснащена лизиметрами гравитационного типа (12 шт.), расположенными на разной глубине в со-

ответствии с генетическими горизонтами почв (A0, E, Bhfa, BC/C) под кронами и в межкроновом пространстве деревьев [Ершов и др., 2019]. В сосняке расположены конические коллекторы для сбора древесного опада, который отбирается дважды в год, в июне и октябре (рис. 2, 3). В период 1995-2013 гг. коллекторы для сбора опада на учетных площадках были расположены равномерно по площади. В 2013 г. были ориентированы в межкроновых и подкроновых пространствах для выявления пространственных особенностей в составе и количестве древесного опада [Иванова, Исаева, 2019].

На ППН отбор образцов почвы выполняется по почвенным горизонтам 1 раз в 10 лет, в конце периода вегетации, с учетом парцеллярной структуры биогеоценоза. Растительные пробы отбираются один раз в 5 лет в августе. Образцы хвои (листьев) деревьев собирают из верхней трети кроны, растения напочвенного покрова и лишайники – в подкроновых и межкроновых пространствах. Один раз в 5 лет проводится отбор съедобных грибов и дикорастущих ягод [Лукина и др., 2005; Сухарева, 2013, 2016, 2018; Исаева, Сухарева, 2013]. Химико-аналитические исследования проб проводятся в Центре коллективного



а



б

Рис. 2. Оборудование на площадках постоянного наблюдения:  
а – отбор снегового керна, б – конические коллекторы (для сбора древесного опада)

пользования физико-химических методов анализа ИППЭС КНЦ РАН. Для оценки состояния крон деревьев, видового состава растительности, состояния эпифитного лишайникового покрова вблизи ППН были заложены пробные площадки, информация с которых обновляется один раз в 5-10 лет [Урбанавичюс, 2012].

В 2006 г., согласно международной программе мониторинга лесов ICP Forests, на территории заповедника были заложены еще две ППН интенсивного наблюдения в ельнике кустарничково-зеленомошном и сосняке кустарничково-лишайниковом. На площадках ICP Forests образцы атмосферных выпадений отбирались ежемесячно с коллекторов, расположенных в лесу и на открытом пространстве. Летом дождевые воды собирались в одну емкость с 20 осадкоприемников с помощью пластиковой мерной посуды (для замера объема дождевых вод, скопившихся в коллекторе за месячный период); на открытом пространстве с 3 коллекторов – в другую емкость. В каждой отдельной емкости осадки перемешивались. В зимний период снегосборники располагались по 8 в лесу и 3 – на открытом пространстве, в полевых условиях каждый пакет пробы снега нумеровал-

ся и срезался [Ершов и др., 2014]. Почвенные воды отбирались лизиметрами гравитационного типа (12 шт.), расположенными на разной глубине в соответствии с генетическими горизонтами почв (A0, E, Bhfa, BC/C) в межкروновых пространствах. В октябре 2012 г. в связи с отсутствием финансирования и трудоемкости работ ППН, заложенные по программе мониторинга лесов ICP Forests, были «заморожены», т.е. отбор проб атмосферных выпадений, почвенных вод, хвои/листвы и доминирующих видов напочвенного покрова не проводится.

Многолетние исследования функционирования лесов и состав различных компонентов лесного мониторинга (атмосферные и почвенные воды, почвы, хвоя и листва деревьев, древесный опад, растительность, лишайники и др.) фитоценозов необходимы и значимы. Результаты многолетних мониторинговых исследований выявили увеличение концентраций основных поллютантов в исследуемых компонентах биоценоза по сравнению с фоновой территорией (более 160 км от источника загрязнения), что указывает на существенное влияние аэротехногенных выбросов на лесные экосистемы заповедника.



Рис. 3. Оборудование на площадках постоянного наблюдения:  
а и б – почвенный лизиметр (для сбора почвенных вод); в – осадкоприемники  
(для сбора дождевых вод), коллекторы (для сбора древесного опада)

Постоянный мониторинг лесных экосистем Лапландского заповедника позволяет получить материалы натуральных наблюдений на высоком методическом уровне для формирования корректного представления о современных экосистемных процессах и не уступает уровню европейских исследований. Накопленный массив многолетних данных является основой для анализа пространственно-временной динамики лесных естественных и нарушенных экосистем. Перед заповедниками стоит важная задача сохранения наиболее ценных стационарных исследований и продолже-

ния наблюдений, без которых нельзя обойтись в изучении природы леса. Для продолжения изучения реакций лесных экосистем на воздушное промышленное загрязнение требуется поддерживать стационарные мониторинговые исследования в природных заповедниках.

Исследование выполнено в рамках Госзадания темы НИР №№ АААА-А18-118021490070-5 и гранта РФФИ № 18-05-60142\_Арктика, а также при поддержке научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования».

## Литература

1. Аблаева З.Х. Отчет «Влияние промышленного загрязнения на видовой состав, распространение, рост и развитие лишайников в районе города Мончегорска» (1973-1976 гг.) / Архив Лапландского государственного природного биосферного заповедника. 1977. 82 с.
2. Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова / под ред. Б.Н. Норина, В.Т. Ярмишко. Л.: Изд. Ботанического института АН СССР, 1990. 195 с.
3. Влияние промышленного загрязнения на еловые леса Лапландского заповедника за период с 1981-1983 гг.: отчет. Мончегорск, 1984. 123 с.
4. Воробейчик Е.Л., Кайгородова С.Ю. Многолетняя динамика содержания тяжелых металлов в верхних горизонтах почв в районе воздействия медеплавильного завода в период сокращения объемов его выбросов // Почвоведение. 2017. № 8. С. 1009-1024.
5. Евдокимова Г.А., Калабин Г.В., Мозгова Н.П. Оценка состояния покрова в процессе снижения воздействия воздушных выбросов комбината «Североникель» на окружающую среду // Цветные металлы. 2012. № 11. С. 53-58.
6. Ершов В.В., Исаева Л.Г., Горбачева Т.Т. Мониторинг состояния окружающей среды в лесных экосистемах Мурманской области // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2014. № 3 (40). С. 133-137.
7. Ершов В.В., Лукина Н.В., Орлова М.А., Исаева Л.Г., Смирнов В.Э., Горбачева Т.Т. Оценка динамики состава почвенных вод северотаежных лесов при снижении аэротехногенного загрязнения выбросами медно-никелевого комбината // Сибирский экологический журнал. 2019. Т. 26, № 1. С. 119-132.
8. Жуйкова Т.В., Мелинг Э.В., Кайгородова С.Ю., Безель Б.С., Гордеева В.А. Особенности почв и травянистых растительных сообществ в условиях техногенеза на Среднем Урале // Экология. 2015. № 3. С. 163-172.
9. Иванова Е.А., Исаева Л.Г. Динамика массы и состава древесного опада в сосняке Лапландского заповедника // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2019. Вып. 16. С. 211-215.
10. Исаева Л.Г. Влияние аэротехногенных промышленных загрязнений на древостои Лапландского заповедника // Научные исследования в заповедниках и национальных парках России (Федеральный отчет за 1992-93 годы). М., 1997. С. 147-148.
11. Исаева Л.Г. Лесопатологический мониторинг в еловых лесах Лапландского заповедника // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: тез. докл. Всерос. конф. 27-29 сентября 1994. М., 1994. С. 26-28.



12. Исаева Л.Г. Некоторые итоги многолетнего мониторинга лесов Лапландского биосферного заповедника // Антропогенное воздействие на природу Севера и его экологические последствия: тез. докл. Всерос. совещ. и выездн. сессия (22-25 июня 1998 г., Апатиты). Апатиты: КНЦ РАН, 1998. С. 223-224.
13. Исаева Л.Г., Костина Л.Г. Леса на территории заповедника // Труды Лапландского государственного природного биосферного заповедника. 2012. Вып. VI. М. Перо. 2012. С. 69-111.
14. Исаева Л.Г., Лукина Н.В. Мониторинг окружающей среды в зоне влияния медно-никелевого производства // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием. В 2 ч. Ч. 1. 27-29 ноября 2007, Киров. Киров, 2007. Вып. IV. С. 316-318
15. Исаева Л.Г., Сухарева Т.А. Элементный состав дикорастущих кустарничков в зоне воздействия комбината «Североникель»: данные многолетнего мониторинга // Цветные металлы. 2013. № 10. С. 82-86.
16. Исследование защиты леса: отчет по НИР / Архив Лапландского государственного природного биосферного заповедника. М.: МЛТИ, 1979. 145 с.
17. Карпенко А.Д. Влияние промышленных выбросов на еловые фитоценозы северной тайги Кольского полуострова: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тарту, 1984. 23 с.
18. Клюев Н.Н., Яковенко Л.М. «Грязные» города России: факторы, определяющие загрязнение атмосферного воздуха // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия экология и безопасность. 2018. Т. 26, № 2. С. 237-250.
19. Куркатов С.В., Михайлуц А.П., Иванова О.Ю. Формирование техногенных нагрузок химического загрязнения атмосферного воздуха в современных условиях развития производительных сил в Красноярском крае // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2016. Т. 24, № 4. С. 17-24.
20. Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения в 2 ч. Ч. 1, Апатиты: КНЦ РАН, 1996. 216 с.
21. Лукина Н.В., Сухарева Т.А., Исаева Л.Г. Техногенные дигрессии и восстановительные сукцессии в северотаежных лесах. М.: Наука, 2005. 245 с.
22. Менщиков С.Л., Ившин А.П. Закономерности трансформации предтундровых и таежных лесов в условиях аэротехногенного загрязнения. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 289 с.
23. Никонов В.В., Лукина Н.В., Безель В.С и др. Рассеянные элементы в бореальных лесах / отв. ред. А.С. Исаев. М.: Наука, 2004. 616 с.
24. Никонов В., Лукина Н., Дером Д. Опыт организации многолетних стационарных исследований в северотаежных лесах // Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы: материалы совещания. Тула: Гриф и Ко, 2001. С. 536-538.
25. Отчет Московского специализированного лесоустроительного предприятия по лесопатологическому обследованию Лапландского государственного заповедника Государственного комитета СССР по охране природы / Архив Лапландского государственного природного биосферного заповедника. М., 1980. 98 с.
26. Отчет Московского специализированного лесоустроительного предприятия по лесопатологическому обследованию Лапландского государственного заповедника Государственного комитета СССР по охране природы / Архив Лапландского государственного природного биосферного заповедника. Т. 1. М., 1990. 112 с.
27. Пушкина Н.М. Естественное возобновление растительности на лесных гарях // Труды Лапландского гос. заповедника. М., 1960. С. 5-125.
28. Смит У.Х. Лес и атмосфера. М.: Прогресс. 1985. 430 с.

29. Сухарева Т.А. Пространственно-временная динамика микроэлементного состава хвойных деревьев и почвы в условиях промышленного загрязнения // Известия вузов. Лесной журнал. 2013. № 6 (336). С. 19-28.
30. Сухарева Т.А. Элементный состав зеленых мхов фоновых и техногенно нарушенных территорий // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2018. № 3 (172). С. 89-96.
31. Сухарева Т.А. Элементный состав талломов лишайника *Cladonia stellaris* в условиях атмосферного загрязнения // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. № 4. С. 70-82.
32. Таций Ю.С. Эколого-геохимическая оценка загрязнения окружающей среды в зоне действия Карабашского медеплавильного комбината // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 12. С. 90-96.
33. Трубина М.Р., Мухачева С.В., Безель В.С., Воробейчик Е.Л. Содержание тяжелых металлов в плодах дикорастущих растений в зоне аэротехногенного воздействия Среднеуральского медеплавильного завода (Свердловская область) // Растительные ресурсы. 2014. Вып. 1. С. 67-83.
34. Урбанавичюс Г.П. Изменение разнообразия эпифитных лишайников в еловых лесах Мурманской области под влиянием аэротехногенных выбросов Мончегорского медно-никелевого комбината // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: материалы IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Ч. 1. Апатиты: КНЦ РАН, 2012. С. 130–132.
35. Цветков В.Ф., Цветков И.В. Промышленное загрязнение окружающей среды и лес. Архангельск: ИПЦСАФУ, 2012. 312с.
36. Derome J., Lukina N. Interaction between environmental pollution and land-cover/land-use change in Arctic areas / G. Gutman, A. Reissell (eds.). // Eurasian Arctic land cover and land use in a changing climate. Netherlands: Springer, 2010. P. 269-290.
37. Ferm M., Granat L., Engardt M., Pihl Karlsson G., Danielsson H., Karlsson P.E., Hansen K. Wet deposition of ammonium, nitrate and non-sea-salt sulphate in Sweden 1955 through 2017 // Atmospheric Environment: X. 2019. Vol. 2. P. 1-10.
38. Ferretti M., Beuker E., Calatayud V., Canullo R., Dobbertin M., Eichhorn J., Neumann M., Roskams P., Schaub M. Data quality in field surveys: methods and results for tree condition, phenology, growth, plant diversity and foliar injury due to ozone // Forest monitoring: methods for terrestrial investigations in Europe with an overview of North America and Asia. M. Ferretti & R. Fischer, 2013. Vol. 12. P. 397–414.
39. Lorenz M. International co-operative programme on assessment and monitoring of air pollution effects on forests – ICP forests // Water Air Soil Pollution. 1995. Vol. 85. P. 1221–1226.
40. Lorenz M., Becher G. (eds.). Forest Condition in Europe, 2012 Technical Report of ICP Forests. Work Report of the Thünen Institute for World Forestry 2012/1. ICP Forests, Hamburg, 2012. P. 159.
41. Russian-Finnish cooperation report / John Derome (ed.); Rovaniemi Research Station; The Finnish Forest Research Institute. Rovaniemi, 1993. 111 p.

### ВСПОМИНАЕМ ГЕННАДИЯ ЛУЗИНА<sup>1</sup>

4 апреля 2021 года исполнилось бы 85 лет Геннадию Лузину, первому директору Института экономических проблем Кольского научного центра, видному российскому экономисту, члену-корреспонденту Российской академии наук и депутату Государственной думы Российской Федерации.

Геннадий Павлович родился в 1936 году в Миассе. Он начинал свой путь в науку с Миасского геолого-разведочного техникума, который окончил в 1955 году, и Ленинградского горного института. В 1955-1977 гг. работал в организациях горной промышленности в Свердловской, Челябинской, Оренбургской области и в Москве, пройдя путь от рабочего до главного инженера Всесоюзного объединения Мингео СССР. В 1975 г. он получил степень кандидата геолого-минералогических наук. Тема его диссертации связана с промышленной оценкой месторождений с дискретным оруденением. До 1986 года Геннадий Лузин работал в Секретариате СЭВ и Международном институте экономических проблем СЭВ, а в 1986 г. возглавил Институт экономических проблем Кольского научного центра АН СССР. Спустя год он защитил диссертацию доктора экономических наук «Проблемы перестройки системы управления сотрудничеством в условиях интенсификации экономик стран — членов СЭВ», еще спустя десять лет стал членом-корреспондентом РАН и действительным членом Нью-Йоркской Академии. Он написал более двух сотен научных работ, в том числе два десятка книг.

Геннадий Лузин был лауреатом государственной премии СССР, имел звание «Заслуженный деятель науки РФ» и множество наград. Благодаря своей эрудиции, активности, целеустремленности и ответственности Лузин сформировал новое научное направление в от-



ечественной науке - экономикой «северного измерения», в рамках которой была создана самостоятельная научная школа и подготовлен ряд фундаментальных работ.

В годы его руководства институт активно участвовал в разработке теоретических и прикладных исследований по проблемам экономической реформы в России, трансформации социальной и экономической политики в территориальных системах Севера, экономики рационального использования природных ресурсов Севера России и Арктики, возрождения Северного морского пути, развития международных научных связей. В ИЭП РАН выполняли правительственные задания по районированию регионов Севера России по критерию дискомфортности в качестве научной базы для формирования системы новых трудовых отношений, транспортного разделения и формирования системы бюджетных трансфертов. И XXI век институт встретил как коллектив высококвалифицированных специалистов, готовый решать все усложняющиеся задачи социально-экономического развития пространства Севера и Арктики России в условиях глобализации.

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/vspominaem-gennadiya-luzina](http://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/vspominaem-gennadiya-luzina)).

Вот как вспоминали о Геннадии Лузине его коллеги Елена Башмакова, Елена Вербиненко и Ирина Гущина в статье, подготовленной к 65-летнему юбилею института:

“ ...О Геннадии Павловиче Лузине написано и сказано немало, но, как только приближается очередная круглая дата института, мы снова возвращаемся к этому человеку и его роли в организации и развитии института, в формировании «северных» направлений научных исследований. Почему? Чем больше лет проходит с того времени, как он ушел из жизни, тем более выпукло и весомо осознается его значимость для становления и развития научной жизни как в созданном им институте, так и на Севере вообще.

“ ...Структура института, руководимого Лузиным, постоянно менялась и совершенствовалась, происходили процессы, которые сегодня называются структуризацией или еще круче — оптимизацией, но не с позиций «как бы сократить количество управляемых структур или сотрудников для удобства управления». Ничего подобного. Наоборот, создавались новые подразделения, куда приглашали сотрудников как молодых, так и, по нынешним

меркам, не очень. Так, в рамках института появился вычислительный центр, в Мурманске был организован Центр по исследованиям Арктики и Северного морского пути (Арктик-центр) — и это в период, когда Север посчитали нерентабельным, ненужным! Был создан сектор внешнеэкономической деятельности, в состав института вошли филиалы Архангельске, Череповце, Вологде. Привлекались новые сотрудники из всех городов и весей, из научных организаций, из университетов, с производства. Геннадий Павлович молодежь любил, но не за молодость как таковую, а за хорошую работу, и точно так же он относился и к не очень молодым сотрудникам. Основой оценки сотрудников всегда была только работа, возраст не важен, лучшая похвала от него: «...Ну вот видишь, можешь же, когда захочешь...». Поэтому никаких противопоставлений «молодые/старые» не было, главное — качественно выполненное дело. Никто не кичился ни молодостью, ни опытом. Никого не увольняли ни за почтенный возраст, ни за молодость, уходили только по собственному желанию, и всегда Геннадий Павлович пытался удержать людей в институте, лично узнавал, почему хотят уйти, предлагал новые инте-



Коллектив Института экономических проблем. 1990-е годы

ресные проекты. Позиция директора была однозначна: больше сотрудников — больше исследований — выше позиция и значимость института.

...Каждую неделю (!) на областном мурманском телевидении Г.П. Лузин выступал с программой «Экономические чтения», причем на доступном, понятном всем языке — все слушают, все в курсе, что, как, зачем. И главное — не потому, что нужно отчитаться, нужно поставить галочку, а потому, что важно, чтобы народ понимал, что делается в экономике страны и области, как и почему. И ведь он был далеко не либерал, скорее государственный, выступления были довольно острые, критика действий правительств всех уровней нелицеприятная. И позже, когда он уже был в Государственной думе, тоже выступал резко, бился за Север, за возрождение Северного морского пути, доказывал с цифрами в руках, что и Север, и Арктика нужны и важны не только сами по себе, но и для всей страны, что рынок не всемогущ, особенно на Севере, здесь всегда будет необходимо государство. Вот только дошло это до общественного сознания почти через 20 лет, в XXI веке, и только тогда стало меняться отношение и к Северу, особенно к Арктике.

...Нужны специалисты высокой квалификации? Да, нужны, а ситуация экономическая сложная, не все могут детей отправить учиться в центр. И в 1994 году по инициативе и под руководством Лузина на базе института создается филиал Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета. Он стал первым директором филиала, он же возглавил экономический факультет тоже только что созданного филиала Петрозаводского государственного университета. Основополагающую роль при создании филиалов вузов сыграл тот факт, что в Апатитах расположен Кольский научный центр РАН, в состав которого во-

шло 11 научно-исследовательских институтов. В основу учебного процесса был заложен принцип тесной интеграции академической науки и высшей школы. Студенты учатся в Апатитах, дальше — аспирантура, диссертационные советы здесь же, в регионе, и вот они — кадры высшей квалификации для Севера, для Арктики! И для сотрудников всех институтов КНЦ РАН — вот оно, поле преподавательской работы, где можно реализовать свои знания и передать их студентам, аспирантам, соискателям и самим учиться вместе с ними. И как результат — прирост молодых высококвалифицированных кадров, хорошо адаптированных к работе и жизни в экстремальных условиях Севера и Арктики. Публикации нужны? В 1998 году по инициативе Лузина создан и издается по настоящее время научный журнал «Север и рынок: формирование экономического порядка», вышло уже 50 номеров. Писали и публиковались очень активно, и не потому, что нужно как можно больше публикаций «для галочки» — не за количеством гнались, а за качеством. Были интересные исследования — будут, значит, и статьи интересные, и монографий большое количество. Сотрудникам никогда не платили дополнительно за количество публикаций, и даже в голову не приходило, что за это можно платить, и роста публикаций не требовали, а они росли, и главная задача была: не сколько напечатано, а о чем, и чтобы статья была интересная и такого качества, чтобы за нее не было бы стыдно. Количество исследований и печатных работ росло и потому, что развивались новые направления исследований, постоянно приходили новые сотрудники с новыми идеями.

...Девяностые годы прошлого века отмечены в истории нашей страны как время лихолетья, когда рушились идеологические устои советского общества, обваливалась плановая экономика, трансформировались моральные и ценностные



Мемориальная табличка на здании Института экономических проблем имени Лузина

представления людей, звучало разноголосье о перспективах видения будущего России и Севера. И в этот самый сложный период в Институте экономических проблем КНЦ РАН не только активно развиваются исследования, но почти одновременно создаются два диссертационных совета – по защите кандидатских и докторских диссертаций. Многим это казалось шагом, не соответствующим задачам выживания, связанным с обременительными финансовыми затратами. Но с позиций сегодняшнего дня можно уверенно говорить о своевременности и масштабности этого решения. В противовес опасениям оно послужило мощным стимулом для развития как самого института, так и региональной экономической науки.

“ ...Первый директор института Геннадий Павлович Лузин, оказывается, был «эффективным менеджером» (возмож-

но, он об этом не знал и вряд ли задумывался) по всем современным параметрам, но, к нашему счастью, не таким образом, как это трактуется нынешними менеджерами от науки. Существенная разница между ним и теми, кто считает себя эффективными менеджерами сейчас, в том, что целью Лузина являлось не достижение формальных наукометрических и других показателей, а развитие науки, ее востребованность на предприятиях, в регионе, в обществе и стране, обеспечение максимально возможных благоприятных условий для своих сотрудников, бережное отношение к людям, работающим вместе с ним. Ведь удалось сохранить и даже приумножить коллектив института в трудное время 1990-х. Геннадий Павлович Лузин задал основной вектор развития института и экономическим исследованиям, производимым институтом.

## К ЮБИЛЕЮ ЛИДИИ ГЕРАСИМОВОЙ

28 апреля отметила юбилей доктор технических наук, главный научный сотрудник Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья, профессор кафедры химии и строительного материаловедения Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета Лидия Герасимова.

Более 50 лет Лидия Георгиевна работает в Институте химии после окончания Новомосковского филиала Химико-технологического института им. Д.И. Менделеева. В 1980 г она успешно защитила кандидатскую диссертацию, а в 2005 г. — диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук.

Лидия Георгиевна разрабатывает физико-химические основы и технологические направления комплексной переработки титаносодержащего сырья, в том числе и нетрадиционного сырья Кольского полуострова, а также техногенных отходов горнодобывающего, металлургического и химического производства. Продукты этой переработки — сорбенты для очистки стоков от радионуклидов и тяжелых металлов, высокостойкие пигменты и наполнители для клеев и герметиков, используемые и в авиа- или ракетостроении, и в строительстве, и в производстве лаков и красок, нетоксичные препараты для дубления кожи и вещества для производства титана. Многие разработанные под руководством Лидии Георгиевны технологии уже прошли полный цикл экспериментальных исследований и испытаны на предприятиях региона и страны. Новые технологии переработки концентратов минерального сырья, предложенные ею, являются потенциальной базой для развития горной и химической отраслей Мурманской области.

Лидия Герасимова написала более 300 научных работ, в том числе 5 монографий, получила около 100 авторских свидетельств и патентов на изобретения, в том числе 16 зарубежных.

Лидия Георгиевна активно и с большой заинтересованностью пропагандирует свои разработки, не раз отмеченные медалями



и премиями различных российских и международных выставок. Ее работа неоднократно отмечалась премиями и грамотами регионального и российского масштаба. Лидия Георгиевна Герасимова удостоена почетного звания «Заслуженный изобретатель Российской Федерации». Решением коллегии Военно-промышленной комиссии Российской Федерации об одобрении предложений Министерства промышленности и торговли Российской Федерации ей назначена стипендия за выдающиеся достижения и за значительный вклад в области оборонно-промышленного комплекса.

Много лет Лидия Георгиевна участвует в подготовке студентов-химиков Мурманского государственного технического университета. Она также давно является членом ученого и диссертационного советов ИХТРЭМС КНЦ РАН. Под ее чутким руководством защищены 2 кандидатские и 1 докторская диссертации, 20 дипломных работ и не менее 20 разработок внедрены в производство.

Мы от все души поздравляем Лидию Георгиевну с днем рождения и желаем не терять созидательной энергии и интереса к жизни. Крепкого вам здоровья и огромного счастья!

## К ЮБИЛЕЮ ВЕНИАМИНА ОРЛОВА

3 июня исполнилось 85 лет со дня рождения доктора технических наук, заведующего лабораторией металлургии редких элементов Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН, заслуженного металлурга Российской Федерации, кавалера ордена Дружбы Вениамина Моисеевича Орлова.

Вениамин Моисеевич родился в Ленинграде, в 1958 году закончил Ленинградский горный институт имени Г.В. Плеханова по специальности «металлургия цветных и редких металлов» и всю свою трудовую жизнь посвятил Институту химии и технологии редких элементов и минерального сырья, пройдя путь от старшего лаборанта до главного научного сотрудника.

Он признан одним из ведущих специалистов в области металлургии редких металлов, технологии и свойств материалов, используемых в анодах танталовых и ниобиевых объемно-пористых конденсаторов. Занимаясь разработкой инновационных материалов, повышающих эффективность комплексной переработки редкометалльного сырья, Вениамин Орлов внес огромный вклад в развитие науки и промышленности Кольского полуострова, укрепил обороноспособность России. Выполненные под его руководством фундаментальные физико-химические исследования позволили разработать ряд эффективных технологических процессов, используемых в промышленности, и создать новый класс материалов: наноразмерные мезопористые магнетермические порошки тугоплавких металлов с рекордной удельной поверхностью и высокой насыпной плотностью, не имеющие аналогов в мировой практике. Эти порошки являются перспективной основой для разработки катализаторов и накопителей энергии нового поколения.

В частности, промышленное производство танталовых конденсаторных матери-



алов, разработанных Вениамином Моисеевичем, на созданном под его руководством опытным участке ведет Федеральный научно-производственный центр «Научно-исследовательский институт прикладной химии». Первые отечественные натриетермические цирконовые порошки для производства устройств специального назначения, также разработанные нашим выдающимся земляком, выпускает участок производственного объединения «Маяк».

Вениамин Моисеевич Орлов много лет ведет преподавательскую деятельность в Апатитском филиале Мурманского арктического государственного университета (ранее – Кольский филиал Петрозаводского государственного университета) и активно занимается подготовкой кадров высшей квалификации в аспирантуре Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья.

Вениамин Орлов опубликовал 400 научных работ, в том числе 1 монографию, получил 27 авторских свидетельств и патентов на нашедшие широкое практическое применение изобретения. Три молодых исследователя подготовили и защитили под его руковод-



ством кандидатские диссертации. Вениамин Моисеевич входит в состав ученого и диссертационного советов института, экспертного совета Российского фонда фундаментальных исследований по конкурсу «Север», включен в Федеральный реестр экспертов научно-технической сферы Министерства образования и науки Российской Федерации. Долгое время он являлся членом Научно-технического совета города Апатиты.

Несомненные научные заслуги Вениамина Моисеевича были неоднократно отмечены почетными грамотами Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья и Кольского научного центра, почетной грамотой главы города Апатиты, благодарностями президента Российской

академии наук и губернатора Мурманской области. Решением коллегии Военно-промышленной комиссии Российской Федерации об одобрении предложений Министерства промышленности и торговли Российской Федерации в 2017 г. ему назначена стипендия за выдающиеся достижения и за значительный вклад в области оборонно-промышленного комплекса.

Мы поздравляем Вениамина Моисеевича с юбилеем и желаем ему несокрушимого здоровья и долгих лет жизни! Будьте благополучны и активны, не теряйте интереса к открытию нового, передавайте свой огромный опыт молодежи и оставайтесь примером продуктивного научного долголетия для всех коллег!

## ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА. ИНТЕРВЬЮ

### В АПАТИТАХ ПОЯВИЛАСЬ МЕМОРИАЛЬНАЯ ДОСКА, ПОСВЯЩЕННАЯ АКАДЕМИКУ Н. Н. МЕЛЬНИКОВУ<sup>1</sup>



16 июня на здании Горного института Кольского научного центра появилась новая мемориальная доска.

Коллеги увековечили память академика Мельникова, который возглавлял Горный институт с 1980 по 2015 гг. и являлся научным руководителем института до самой своей смерти в 2018 г.

Друзья, коллеги и ученики Николая Николаевича вспоминали, каким он был, сколько сделал для Горного института и для горной науки в целом. С теплыми словами обратились к собравшимся директор Горного института Сергей Лукичев, председатель КНЦ РАН, член-корреспондент РАН Сергей Кривовичев, заместитель главы города Апатиты Светлана Кательникова.



1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/v-apatitakh-poyavilas-memorialnaya-doska-posvyashchennaya-akademiku-n-n-melnikovu](https://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/v-apatitakh-poyavilas-memorialnaya-doska-posvyashchennaya-akademiku-n-n-melnikovu)).

## ПОЛЯРНИК ИЗ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА<sup>1</sup>

В девятый раз россияне отметили 21 мая День полярника. Эта дата выбрана не случайно: 21 мая 1937 г. советский летчик Михаил Водопьянов на самолете АНТ-6 первым в мире совершил посадку на лед в районе Северного полюса. На самолете он доставил группу зимовщиков, которые затем и организовали первую дрейфующую станцию «Северный полюс».

Не на полюсе, конечно же, но не так уж далеко от него, на архипелаге Шпицберген, живет и наш полярник – кировчанин Виталий Кулешов, с 1 декабря 2009 г. начальник Научно-исследовательской базы «Баренцбург» Кольского научного центра. Базу официально приняли в строй в августе 1986 г., хотя научную деятельность кольские ученые ведут на острове с 1965-го.

“ Вначале выстроили два здания для метеообсерватории: рабочее и общежитие. Позже построили по домику для Кольского филиала Академии наук и для геологов из Ленинграда. Так и появился научный городок, – говорит Виталий Геннадьевич.

”

Базой с тех пор пользуются сотрудники институтов КНЦ РАН, а также Полярного геофизического института, Мурманского морского биологического института, Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина, Единой геофизической службы, Институтов археологии и географии (Москва), а также Арктического и антарктического научно-исследовательского института из Санкт-Петербурга.

Ученые Полярного геофизического института, например, приезжают сюда для изучения авроральных явлений. А начались такие исследования больше ста лет назад, с первой российско-шведской экспедиции в 1899-1900 гг.–

тогда в задачи ученых входили регистрация и описание полярных сияний, поиск закономерностей их появления и нанесение положений сияний на астрономические карты.

“ Главное в работе базы и лично моей – обеспечение сохранности жизни и здоровья научных сотрудников, прибывающих в составе экспедиций, максимальная помощь в проведении полевых работ в различное время года и при разных погодных условиях, поддержание бытовых условий на базе на высоком уровне, сохранение и бережливое использование материальных средств и расходных материалов базы «Баренцбург», – рассказывает Виталий Кулешов.

”

База в настоящий момент состоит из одного двухэтажного здания и способна принять



Виталий Кулешов

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/polyarnik-iz-kolskogo-nauchnogo-tsentra](http://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/polyarnik-iz-kolskogo-nauchnogo-tsentra))

чуть более двадцати жильцов одновременно. Шесть лет назад базу впервые с 1986 г. капитально отремонтировали, и огромную роль здесь сыграл Виктор Снегов, заместитель председателя КНЦ РАН:

“ На Шпицберген очень дорогая доставка стройматериалов, а Виктор Владимирович приложил массу усилий, проявил искреннюю заинтересованность, чтобы ремонт состоялся: как опытный администратор и просто хороший человек, он сделал все возможное. В случае необходимости я всегда к нему обращаюсь за помощью и своевременно ее получаю. ”

В Баренцбурге сейчас проживают около 360 человек. Постоянного населения на Шпицбергене нет ни на российской, ни на норвежской стороне. Поговаривают, что одна норвежка живет тут около 40 лет, но и ее не считают коренной. А ведь люди, которые по той или иной причине выбрали такое место пребывания, – самые интересные.

**Бывают ли при таком сложном жизненном укладе какие-то конфликты, может быть, при долгом совместном пребывании на базе люди начинают раздражать друг друга?**

“ Понимаете, сюда приезжают, во-первых, обладатели определенного склада характера, во-вторых, влюбленные в свою работу. Конфликтовать особенно некогда. Благодаря совместной работе, как правило, складываются дружеские отношения. Для планирования совместных мероприятий я нахожусь в постоянной связи с заместителями директоров институтов по научной работе. ”

**А как Шпицберген пережил ковид? Были ли у вас какие-то ограничения?**

“ Это единственное место на планете, куда ковид не добрался. Попросту быстро закрыли въезд, вернее, очень строго его ограничили. У нас раз в два месяца был рейс московского чартера, с апреля



Губернатор Шпицбергена Кристьен Аскхольд, Генеральный консул РФ на Шпицбергене Сергей Гущин, директор рудника Баренцбург Василий Киселёв и представители российской науки 9 мая 2021 г.

2020 г. он отменен. Конечно, введены масочный и дистанционный режимы. Я думаю, период ковида у нас прошел легче, чем на материке.

”

Из-за пандемии Виталий Кулешов пропустил отпуск – он не был на большой земле уже больше двух лет. Тоскует ли он по морю, жаре, какой-то обычной, южной еде?

” Все правильно, по всему этому тут скучаешь. Но... тяжело только первые пять лет, а потом привыкаешь. Хотя, что уж скрывать, недостаток общения присутствует, хотелось бы поболтать с друзьями, чай-кофе с ними попить.

”

**Вам из-за такой работы больше завидуют или сочувствуют?**

” Ни то и ни другое – просто есть интерес.

”

**А отличаются ли на архипелаге подобные световые периоды от материковых?**

” По продолжительности они совершенно иные. Здесь полярный день длиннее, и солнце за горизонт не садится, ходит по кругу прямо на глазах. А вот Полярная ночь – темная, густая, – длится почти четыре месяца.

”

Про быт в Баренцбурге Виталий Кулешов рассказывает немногословно. В поселке есть бар и ресторан, рассчитанный главным образом на туристов. Обычно сотрудники базы посещают рабочую столовую поселка либо покупают продукты в магазине и сами готовят на кухне. Продукты тут продают самые обычные, хотя изобилия фруктов, конечно, не найдешь, и цены на питание из-за удаленности места очень высокие. В поселке работает спортзал, где люди, тренируются, поддерживают физическую форму.

” Имеется спортивный уголок и на базе: велотренажер, турник, штанга и гантели.

В выходные весной особенно приятно совершить лыжную прогулку. В свободное от работы время можно принимать участие в художественной самодеятельности поселка, а также заниматься творчеством в центре ремесел, повышать свой профессиональный уровень. Так я, например, в прошлом году дистанционно окончил обучение в Нью-Йоркском институте фотографии.

”

Кстати, одно из знаменитых фото кота Кеши, которое растиражировали СМИ из-за недавней его кончины, сделал именно Виталий Геннадьевич.

” Мы с Кешей частенько в столовую ходили. Вообще-то звали его Василием, а Кешей начали называть наши научные сотрудники из ПАБСИ, и это имя прижилось. Местные жители видели не раз, как он дрался с песцами и выходил из этих сражений победителем. Хозяев постоянных у него не было: люди приезжали и уезжали. Никто не знает, как он появился в Баренцбурге, поскольку котов сюда завозить запрещено. В любом случае россияне на Шпицберген с животными не поедут – дорого. Зато у нас на базе давным-давно, чуть ли не с советских времен, живут рыбки-гуппи.

”

**А что насчет медведей? Стучат в окно?**

” Конкретно ко мне не стучали, но бывает всякое. К тому же, тут очень серьезные ограничения, за пределы поселка запрещено выходить в одиночку и без оружия. Мы руководствуемся правилами норвежской стороны, а они именно такие.

”

Мы желаем Виталию Кулешову и всем полярникам, чтобы каждая из трудных дорог вела домой, где их ждут, любят и надеются на скорую встречу!

Беседовала  
Наталья Чернова.

## НАУЧНЫЙ АРХИВ: 90 ЛЕТ КОЛЬСКОЙ НАУКИ В ДЕТАЛЯХ, ДАТАХ И ЦИФРАХ<sup>1</sup>

9 июня 2021 г. отмечался Международный день архивов. В структуре Кольского научного центра есть небольшое, но очень важное звено – Научный архив, который 26 ноября 1957 г. был включен в структуру Кольского филиала АН СССР как самостоятельное научно-вспомогательное подразделение. А 3 октября 1963 г. было утверждено «Положение об Архиве АН СССР» с возможностью постоянного государственного хранения материалов Академии наук в региональных центрах. Этот документ позволил хранить документы КНЦ на территории Мурманской области, а не передавать их в государственный архив страны.

Заведующая Научным архивом Елена Макарова знакомит с тем, как именно сформирован архив и с какой тщательностью в нем подходят к структурированию хранения документов, рассказывает факты из истории работы архива.

“ Сформировавшийся за 90 лет истории Кольского научного центра РАН Архивный фонд КНЦ РАН включает научные результаты исследовательской деятельности по различным направлениям науки, – рассказывает Елена Ивановна, – а также документы научно-организационной деятельности по координации фундаментальных исследований, в том числе и в электронном формате. Кроме того, архив комплектуется личными документами выдающихся ученых и организаторов Кольской науки. В фондах Научного архива документы научных подразделений Центра за 1920-2015 гг.

Почему именно до 2015 г. – опишем подробнее. Сложная работа по комплектованию архива имеет множество нюансов, но в 90-е годы

даже в такой, казалось бы, стройной, четкой и регламентированной структуре, как архив, произошли перемены.

“ Социально-политические и экономические изменения повлекли смену политической системы управления страной, разрушив сложившуюся за предыдущие семь десятилетий социалистическую структуру государственного и общественного устройства, – рассказывает Елена Макарова. – Согласно Указу Президента РСФСР «Об организации Российской академии наук» от 21 ноября 1991 года, научные учреждения, находящиеся в составе АН СССР и расположенные на территории РСФСР, в том числе Кольский научный центр Академии наук, были переданы в Российскую академию наук – правопреемницу АН СССР.

Уже с 2004 г. внутри архивной службы Академии наук произошли серьезные изменения. Существовавшая ранее взаимосвязь системы научных архивов учреждений Кольского научного центра (ПГИ, ММБИ, ИПЭС, ИХТРЭМС) с практикой функционирования под методическим контролем Научного архива КНЦ фактически развалилась, а вскоре почти все архивы институтов, кроме ПАБСИ, ИЭП и ГоИ, перестали существовать как подразделения.

Таким образом, с 2004 г. централизованное развитие архивной деятельности КНЦ было прекращено. Следующие 15 лет стали не лучшим периодом в истории Научного архива.

17 июня 2010 г. состояние архивной службы было в повестке заседания Президиума КНЦ РАН. Единогласно за Научным архивом было закреплено осуществление научно-методиче-

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/nauchnyy-arkhiv-90-let-kolskoy-nauki-v-detalyakh-datakh-i-tsifrakh](http://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/nauchnyy-arkhiv-90-let-kolskoy-nauki-v-detalyakh-datakh-i-tsifrakh)).

ской деятельности по обеспечению формирования всего архивного фонда КНЦ РАН, контроля за сохранностью, учетом и организацией использования документов.

Успешно реализовать постановление Президиума КНЦ не удалось. Выяснилось, что делопроизводство самостоятельных институтов КНЦ в конце 1980-1990-х гг. стало очень разнообразно, а систематизация поступающих материалов была технически невозможна. Требовалось структурное изменение делопроизводства в институтах. Наложилось и отсутствие финансирования на цифровизацию академического архива.

Научный архив тем не менее перестроил свою работу над опубликованием «знаковых» для истории Кольской науки архивных документов. Так увидела свет первая летопись изучения и освоения Кольского полуострова, подготовленная к печати в 1936 г. ученым секретарем КБАН СССР А.М. Оранжевой: «Работа Академии наук СССР и социалистическое строительство на Кольском полуострове. 1920-1935». После 70 лет хранения в архиве рукопись была вышла в печать.



“ Не менее значимым для истории кольской науки стала публикация в 2009 г. другого архивного документа, пролежавшего «в архивной пыли» почти 80 лет, – материалов состоявшейся в 1931 г. в Ленинграде первой конференции по обсуждению и согласованию научно-исследовательских, экспедиционных работ в Мурманском крае. В этот ряд можно поставить и издание на базе архивных документов коллективного труда сотрудников КНЦ – энциклопедических справочников «Ученые Кольского научного центра» (2005 и 2010 гг.), а также юбилейного выпуска «Кольский научный центр. Летопись 1930-2010». Работа над справочными материалами в какой-то мере способствовала возобновлению «старых» связей, в том числе и с методическим центром архивной службы – Архивом РАН, – подчеркивает Елена Макарова. ”

В 2004–2006 гг. Архив РАН разработал базу данных, были созданы специализированное программное обеспечение и современная технологическая среда, обеспечивающая доступ к документам Архивного фонда РАН. В 2007 г. создан программно-информационный комплекс «Информационная система Архива РАН», которая после всесторонней проверки стала внедряться в системе РАН.

В 2012-2013 гг. Архив РАН через взаимодействие с другими архивами Академии наук внедрил автоматизированный Научно-справочный аппарат (НСА) «Архивы РАН», который предоставляет широкие возможности оперативного и многоаспектного поиска архивных документов фонда РАН.

В 2013 г. для КНЦ РАН, как и для всей Академии наук, начался период реформ и преобразований. Структура Академии наук перестала существовать в прежнем формате: в частности, региональные научные центры были переданы под юрисдикцию ФАНО (существовавший в 2013–2018 гг. федеральный орган исполнительной власти, осуществлявший функции по нормативно-правовому регулированию и оказанию государственных услуг в области науки, образования, здравоохранения и агро-

промышленного комплекса, а также по управлению федеральным имуществом, находящимся в ведении Российской академии наук (ru.wikipedia.org)). Некоторые институты отделились от общей структуры, некоторые получили статус научных центров при КНЦ, а некоторые перестали существовать. Все это сказалось и на состоянии архивного дела в КНЦ. Круг правовых обязательств Научного архива как методического центра архивной службы КНЦ РАН был установлен только к концу 2016 г., а Кольский научный центр был включен в Перечень научных организаций, осуществляющий постоянное хранение документов Архивного фонда Российской Федерации, находящихся в государственной собственности, что утверждено Распоряжением Правительства РФ от 23 декабря 2016 г. № 2800-р.

С июля 2017 г. Кольский научный центр возглавил член-корреспондент РАН Сергей

Кривовичев. В команду нового руководителя вошли молодые, креативно мыслящие кадры – ученые и организаторы науки, связывающие перспективы развития управленческих служб КНЦ с возможностями перехода на цифровой формат и с обеспечением их новыми информационными технологиями. Соответственно будет трансформироваться и архивная система КНЦ, опирающаяся на оснащение Научного архива современными техническими средствами, чтобы продолжать организацию комплектования, учета и хранения архивных материалов и их оперативного использования. В этом и есть главная цель существования архива. Научный архив КНЦ с нетерпением ждет 2022 год – год 65-летия со дня основания архива.

*Беседовала  
Наталья Чернова.*

## ПОРА ВОСПИТЫВАТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОЗНАНИЕ: В ДИСКУССИОННОМ КЛУБЕ ЛУР ПОРА ОБСУДИЛИ ЭКОВОЛОНТЕРСТВО<sup>1</sup>

28 мая в дискуссионном клубе Лаборатории устойчивого развития (совместный проект Проектного офиса развития Арктики (ПОРА) и Кольского научного центра РАН) обсудили экологическое волонтерство в Мурманской области, в частности, в области раздельного сбора и сортировки отходов. Тон беседе задал управляющий Мурманским отделением ПАО «Сбербанк» Сергей Филиппов. Он подчеркнул, как важно при планировании деятельности, пусть даже напрямую не связанной с защитой природы, делать акцент на экологической безопасности и социальной ответственности.

Заместитель директора Мурманского филиала крупнейшего оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами АО «Ситиматик» Виталий Измайлов развил тему воспитания экологического сознания:

“ Мы можем поставить три контейнера для раздельного сбора мусора, но, если хотя бы один человек кинет банановую кожуру в контейнер для пластика, вся затея потеряет смысл. Экологичный стиль жизни возможен только в том случае, если большинство понимает, зачем он нужен.

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/pora-vozpityvat-ekologicheskoe-soznanie-v-diskussionnom-klube-lur-pora-obsudili-ekovolonterstvo](https://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/pora-vozpityvat-ekologicheskoe-soznanie-v-diskussionnom-klube-lur-pora-obsudili-ekovolonterstvo)).



**Реализация дополнительных общеобразовательных программ естественнонаучной направленности (эколого-биологического цикла)**



ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»  
ФГБОУ ВО «Мурманский арктический гуманитарный университет»  
АО «Мурманский морской торговый порт»  
филиал ФГБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Северо-западному федеральному округу»-«Центр лабораторного анализа и технических измерений по Мурманской области»  
ФГБУ «Мурманское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»



ЭКОПАТРУЛЬ

Возраст: 14 – 17 лет




Возраст: 13 – 17 лет

Цель программы - формирования теоретических знаний и практических навыков в области экологии в контексте эгоцентрического подхода к развитию человеческой цивилизации.

Цель программы – создание условий для формирования компетенций в области экологического мониторинга окружающей среды через проектную и исследовательскую деятельность в эколого-биологическом направлении.



Волонтер из Мончегорска Ольга Зыпельт призналась, что экологичное поведение действительно очень увлекает:

“ Мы погрузились в тему раздельного сбора отходов в 2017 г. и не можем остановиться. Внедряем эту практику через семьи и соседей, через сослуживцев. Очень важно действовать своим примером, потому что если ты только на словах ратуешь за защиту природы, результат будет нулевым. Важно видеть, что твои действия приводят к какому-то результату. Так, в одной из школ установили эко-скамейки из переработанного пластика, собранного учениками. Видели бы вы глаза ребят, когда они поняли, что в этих скамейках есть частичка их труда!

Главная цель эковолонтеров Мончегорска – обучить всех горожан правильному поведению во время раздельного сбора мусора, собрать базу пунктов приема отработанных батареек, макулатуры, старой мебели и стройматериалов, сломанной бытовой техники.

Начинать экологическое воспитание важно с самого детства, ведь именно дети наиболее к нему восприимчивы, – об этом говорила Галина Лупанова, старший воспитатель мурманского детского сада № 151. Здесь при поддержке центра экологических инициатив «Чистая

Арктика» – единственной в регионе организации, чьи волонтеры ведут работу с детскими садами, – несколько лет существует проект «Сделай мир чище своими руками».

Координатор проектов «Чистой Арктики» Илья Посохов рассказал об акции «Батарейка, сдавайся!» и детской эколого-биологической лаборатории, а также о широкомасштабном проекте «Сад памяти», в котором участвовало более пяти сотен человек: волонтеры высадили тысячу деревьев вдоль трассы Е105, где проходили самые ожесточенные бои с фашистами. В реализацию «Сада памяти» вложили много сил и КНЦ РАН, Проектный офис развития Арктики и многие другие организации Мурманской области.

Методист Центра детского творчества «Лапландия» Антон Бояринов анонсировал третьи командные соревнования «Чистые игры» по уборке в Мурманске и объяснил, что такое гражданская наука:

“ Это новое для нас явление, когда исследования проводят не ученые, а любые заинтересованные люди. Специалисты составляют методики и адаптируют их, создают базы, куда неравнодушные граждане загружают данные, а затем на основе этих данных, например, составляются карты. Актуальная проблема современности – микропластик. Несколько между-

народных проектов по мониторингу микропластика осуществляются с помощью студентов и школьников. Полученные результаты очень впечатляют.

Модератор дискуссии, заместитель председателя Кольского научного центра Евгений Боровичев рассказал, как сотрудники центра привлекают к исследованиям волонтеров гражданской науки.

“ КНЦ РАН и ПОРА составили интерактивную карту экологических проблем Баренц-региона. Каждый из нас может помочь в этом, написав о существующих проблемах, используя форму обратной связи на сайте [barentsmap.com](http://barentsmap.com). Для фиксации наблюдений за животными и растениями можно использовать приложение «iNaturalist» – это интересно и полезно.

Экологические проекты в форме игр привлекают больше участников. Это отметили руководитель АНО «Уборочка51» Иван Канцарин, пресс-секретарь движения «Природа и молодежь» Дарья Матвеевкова и куратор программы эковолонтерства «Комбинат добра» компании «Норильский никель» Ольга Горчакова. Волонтер «Комбината добра» Юлия Быстрова поделилась опытом воспитания экологиче-

ского сознания среди взрослых. Проект «Моя собака – горожанин», развивающийся в Заполярном, прививает владельцам собак культуру поведения в городских условиях:

“ На удивление оказалось, что это вопрос наболевший: все любят маленьких щеночков, но не любят последствия их прогулок по всему городу. Когда сошел снег, оказалось, что собаки всю зиму пили, курили и разбрасывали бутылки по всему городу. Из-за мусора угорожан возникает агрессия, а мы пытаемся решить вопрос мирным путем. Какции присоединились библиотеки, кафе, была разработана сувенирная продукция, а специалист-кинолог предложил провести курс лекций по корректировке поведения собак, а иногда – и их хозяев.

Судя по рассказам участников дискуссии, с экологическим волонтерством в Мурманске дела обстоят неплохо: горожане охотно участвуют в уборке территорий, готовы собирать бытовые отходы для вторичной переработки, помогают в исследованиях. Однако не надо забывать, что проблем еще много. Об этом напомнил представитель Республики Коми, председатель совета республиканской общественной организации по развитию туризма «Русский арктический парк» Эдуард Петров.



Волонтеры, участвующие в акции «Сад памяти»

“  
Есть в нашей работе позитивные моменты. Например, в результате регулярных уборок, проводимых волонтерами, люди стали меньше оставлять мусора в местах своего отдыха. Готов к реализации масштабный проект по посадке хвойного леса за Полярным кругом. Ели в окрестностях Воркуты не растут, однако исследования показали, что они прекрасно приживаются. Но в Республике Коми много экологических проблем. Два раза за месяц произошли нефтяные разливы. Для борьбы с гололедом используют шлак – токсичный материал 4-го класса опасности. Существуют альтернативные материалы, но пока борьба с шлаком идет только на бумажном уровне.”

Эдуард Алексеевич обратился к экспертам в области экологического права за помощью в составлении документов, которые позволят

прекратить практику использования токсичного шлака.

Преподаватель Российской академии народного хозяйства и государственной службы Игорь Голубченко попросил «взять на карандаш» студентов, которые учатся по программе «управление экосистемами» для участия в летних экспедициях ПОРА.

“  
Вы на карандаше! – заверил его Евгений Боровичев.”

Подводя итоги встречи, он отметил, что рад был увидеть горящие глаза равнодушных людей, у которых есть желание сделать мир чище, и выразил надежду на то, что завязавшиеся в ходе дискуссии контакты окажутся полезными для всех участников.

Беседовала  
Надежда Щур.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ. СОБЫТИЯ. ХРОНИКА

### ВСТРЕЧА ПРЕДСЕДАТЕЛЯ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА С МОЛОДЫМИ УЧЕНЫМИ<sup>1</sup>

13 мая в конференц-зале Кольского научного центра молодые ученые, аспиранты, инженеры из разных институтов и лабораторий встречались с руководством КНЦ РАН.

Председатель КНЦ Сергей Кривовичев, приветствуя молодых коллег, напомнил, что один из пунктов Стратегии развития Арктической зоны РФ непосредственно относится к Кольскому научному центру, и предложил вместе поразмышлять над тем, как модернизировать и омолодить науку в Апатитах.

“ *Ваша деятельность – в ваших руках, – сказал он. – Сегодня нужно обдумать, в чем вы нуждаетесь, и заложить основы молодежной политики центра.* ”

Заместитель председателя Владимир Дядик подчеркнул, как важно услышать именно от молодежи о препятствиях, которые мешают ей в работе, узнать о том, какие проблемы необходимо решить в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

Руководство Кольского научного центра было настроено на диалог, и он действительно получился. Вопросы посыпались и из зала, и от тех, кто присоединился к встрече в онлайн-режиме. Они были разные, порой непростые: о планировании закупок и ремонтах, об оценке эффективности научной работы, о перспективах развития сельского хозяйства на Севере и финансовой поддержке научных организаций из областного бюджета. На каждый вопрос представители руководства Кольского научного центра отвечали обстоятельно, старались вместе найти решение проблем, которые на первый взгляд могли показаться неразрешимыми.

В заключение встречи Сергей Кривовичев отметил, что обмен мнениями прошел конструктивно, и предложил сделать такие встречи регулярными. Кроме того, он настоятельно попросил при возникновении срочных вопросов или предложений не ждать нового собрания, а обращаться напрямую к нему или к его заместителям.



1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/vstrecha-predsedatelya-kolskogo-nauchnogo-tsentra-s-molodymi-uchenymi](https://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/vstrecha-predsedatelya-kolskogo-nauchnogo-tsentra-s-molodymi-uchenymi))

## ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГУБЕРНАТОРА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ И НАУКЕ ЮРИЙ ФОМИН ПОСЕТИЛ КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР<sup>1</sup>

14 мая состоялась встреча руководства Кольского научного центра, Полярного геофизического института и Полярно-альпийского ботанического сада-института с заместителем губернатора Мурманской области по высшему образованию и науке Юрием Фоминим.

Открывая встречу, председатель Кольского научного центра Сергей Кривовичев выразил надежду на то, что с назначением нового вице-губернатора диалог региональной власти и науки станет более глубоким и продуктивным. Юрий Фомин – выходец из академической среды: кандидат физико-математических наук, выпускник Московского физико-технического университета, работал в Институте проблем управления РАН, МФТИ, университетском центре на Шпицбергене и в Институте океанологии РАН. В 2019 г. он занял должность советника губернатора по вопросам образования и науки и менее чем за два года успел разработать стратегию развития Мурманского государственного технического университета, а также внести свою лепту во включение Кольского Заполярья в ряд федеральных проектов.

Сергей Кривовичев вкратце описал возможные пути развития Кольского научного центра и задачи, которые необходимо решить для каждого из этих путей, а также выразил озабоченность сложившейся в регионе ситуацией с высшим образованием.

Юрий Фомин отметил, что несколько лет назад, когда появились планы объединения университетов, не были учтены очень важные моменты. В частности, при таком объединении может возникнуть опасность потери некоторых лицензий и аккредитации стратегически важных специальностей. «Правительство готово к диалогу и готово помогать науке», – добавил он.



Важным направлением Юрий Владимирович назвал популяризацию науки и работу с молодежью, чтобы вчерашние школьники продолжали образование в области. Еще в школе мурманчане начинают ориентироваться на учебу в столице и других крупных городах страны и в итоге получают не те компетенции, которые востребованы в родном регионе.

Выступление вице-губернатора вызвало множество вопросов и предложений. Ученые интересовались подробностями организации межрегионального научно-образовательного центра и работой его Мурманского офиса, возможностью дополнительного финансирования молодежных исследований из областного бюджета.

Руководитель Центра наноматериаловедения, член-корреспондент РАН Анатолий Николаев напомнил собравшимся о существовании координационного совета. Юрий Фомин поддержал идею возобновить заседания координационного совета и предложил обдумать конкретные предложения по каждому поднятому сегодня вопросу. На формирование этих предложений отвели несколько месяцев: следующую встречу планируется провести в сентябре.

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/zamestitel-gubernatora-murmanskoy-oblasti-po-vysshemu-obrazovaniyu-i-nauke-yuriy-fomin-posetil-kolsk](https://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/zamestitel-gubernatora-murmanskoy-oblasti-po-vysshemu-obrazovaniyu-i-nauke-yuriy-fomin-posetil-kolsk))

## КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН ПОСЕТИЛА ДЕЛЕГАЦИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА МИРОВОГО УРОВНЯ «РОССИЙСКАЯ АРКТИКА»<sup>1</sup>

28 апреля состоялось совместное заседание руководства Кольского научного центра и других академических организаций Мурманской области с делегацией научно-образовательного центра (НОЦ) мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования». Его темой стала организация и планирование работы нового центра.

Встречу открыл председатель Кольского научного центра, член-корреспондент РАН Сергей Кривовичев. Он поприветствовал представителей НОЦ «Российская Арктика»: проректора по инновационному развитию Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, научного руководителя центра Марата Есеева, исполнительного директора центра Людмилу Силуанову и ведущего эксперта экспертно-аналитического отдела Дирекции центра Дилмурада Яхаева.

Марат Есеев изложил перспективы организации научно-образовательного центра и рассказал о том, что уже удалось воплотить в жизнь, а Людмила Силуанова особое внимание присутствующих обратила на организационные детали. Она описала тонкости участия и партнерства в НОЦ, включая необходимость серьезного подхода к его образовательной части, а также к планированию работы и отчетности по ней.

Сергей Кривовичев поделился с участниками встречи некоторыми результатами работы Кольского научного центра в 2020 г. и планами на 2021 г., а также привел статистику по арктическим исследованиям в России и в мире. Он рассказал о молодых сотрудниках ФИЦ КНЦ РАН, которые активно занимаются научной и практической работой, в том числе с при-

влечением внебюджетных средств, включая гранты Российского научного фонда. Несмотря на пандемию, в 2020 г. в Апатитах удалось провести несколько крупных мероприятий, в том числе «Плаксинские чтения». Кроме того, Кольский научный центр ведет активную издательскую деятельность: помимо специализированных трудов, выходят и научно-популярные издания, интересные широкому кругу читателей. Председатель КНЦ напомнил присутствующим на встрече о важной роли кольской науки в промышленном развитии области и о том, что ученые Центра внесли неоценимый вклад в открытие новых месторождений, разработку новых технологий добычи и переработки ресурсов, энергосбережения и минимизации антропогенной нагрузки на природу.

Директор Полярного геофизического института Борис Козелов рассказал на встрече о его деятельности. Полярный геофизический институт – единственная исследователь-



1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/kolskiy-nauchnyy-tsentr-ran-posetila-delegatsiya-nauchno-obrazovatel'nogo-tsentra-mirovogo-urovnya-ro](https://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/kolskiy-nauchnyy-tsentr-ran-posetila-delegatsiya-nauchno-obrazovatel'nogo-tsentra-mirovogo-urovnya-ro)).



ская организация такой тематики, расположенная целиком в высоких широтах. Работы ученых ПГИ и их давнее международное сотрудничество со скандинавскими коллегами, имеют огромное значение не только для России, но и для Арктики в целом.

Институт располагает уникальными научными приборами и установками. Сейчас актуальны координированные сети для мониторинга состояния среды, и ПГИ занимается созданием и внедрением таких сетей. Кроме того, он активно сотрудничает в сфере образования по российско-норвежской программе «Arctic space training», которая помогает в подготовке нового поколения квалифицированных молодых исследователей, способных разрабатывать новые экспериментальные проекты, и объединяет научные группы Норвегии и России в международный открытый центр по изучению проявлений космической погоды в высоких широтах.

Борис Владимирович поинтересовался, может ли помешать участию Полярного геофизического института в НОЦ «Российская Арктика» то, что он не относится к структуре ФИЦ КНЦ РАН. Марат Каналбекович уверил, что препятствий подобного рода не возникнет, главное, чтобы представители научной организации ставили перед собой реальные задачи и могли их выполнить, а также были готовы к совместной работе с другими коллективами.

Подводя итоги более чем двухчасовой встречи, Сергей Кривовичев поблагодарил всех участников за конструктивную дискуссию, а также подчеркнул, что проект организации НОЦ мирового уровня – перспективный и Кольский научный центр готов к участию в нем после прояснения всех процедурных вопросов. Марат Есеев уточнил: каждая исследовательская организация вольна расставлять приоритеты.

## В КОЛЬСКОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ ПРОШЛА НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ ХИМИКОВ<sup>1</sup>

С 21 по 23 апреля в Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья прошла XV Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых специалистов и студентов вузов «Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий».

В первый день работы конференции слушали пленарные доклады и сообщения студентов МГТУ и аспирантов КНЦ. Собранных в актовом зале Института химии поприветствовал директор института, доктор химических наук Сергей Кузнецов. Он отметил, что присутствие в составе участников конференции победителей конкурса ЮНЕСКО и конкурса на гранты Президента Российской Федерации свидетельствует о высоком уровне конференции, несмотря на ее региональный характер. Затем были представлены два пленарных доклада. Кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института общей и неорганической химии Российской академии наук Ирина Козерожец рассказала о наноразмерных порошках оксидов и гидроксидов, подробно описала особенности их синтеза, свойств и сферы применения, а также познакомила слушателей с кластерной моделью состояния воды на их поверхности. Доктор географических наук, главный научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Владимир Даувальтер коснулся в своем докладе особенностей формирования химического состава воды и донных отложений озер Мурманской области. Оба доклада вызвали множество вопросов из зала. Дискуссия с учеными продолжилась и в неформальной обстановке во время кофе-брейка.

Свои исследования в области создания новых строительных и технических материалов с улучшенными свойствами, переработки отходов металлургической промышленности

представили студенты Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета и аспиранты Кольского научного центра.

Работа второго дня конференции началась с выступления кандидата химических наук, ведущего научного сотрудника Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья Александра Касикова, который рассказал об отходах медно-никелевого производства и вовлечении их в хозяйственный оборот.

Свои доклады представили молодые сотрудники ИХТРЭМС, Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г.Мержанова РАН и Института технической химии Уральского отделения РАН. По сравнению со студенческими работами область научных интересов молодых ученых оказалась ожидаемо шире. Помимо задач современного материаловедения и утилизации промышленных отходов они занимаются экстракцией полезных веществ из растений, исследуют монокристаллы ниобата лития и разрабатывают новые технологии ресурсосберегающей комплексной переработки разных видов минерального сырья.

В последний день конференции подводили итоги и награждали лучших участников дипломами и денежными премиями. В номинации «Студенты» третье место заняла Светлана Лунева с докладом о синтезе и свойствах композиционного материала «Mo<sub>2</sub>C-углеродное волокно», второе место – Антонина Сенета с исследованием теплоизоляционного материала на жидкостекольном связующем, первое – Таисия Кузина, определившая содержание органических примесей в растворах кобальтового производства и продуктах очистки. Все лауреаты – студенты АФ МГТУ. В номинации «Молодые ученые» третье место у Максима Смирнова, он

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/v-kolskom-nauchnom-tsentre-proshla-nauchnaya-konferentsiya-molodykh-khimikov](http://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/v-kolskom-nauchnom-tsentre-proshla-nauchnaya-konferentsiya-molodykh-khimikov)).





занимается фотолюминесценцией кристаллов ниобата лития. Второе место – у Артема Соколова, изучающего влияние одновалентных высаливателей на извлечение трехвалентного железа из растворов. На первом месте работа Кирилла Яковлева «Адсорбция фосфат-ионов из водных растворов слоистым двойным гидроксидом магния и алюминия, полученным методом твердофазного синтеза». Отдельно был отмечен высокий уровень работы Никиты Цветова по извлечению биологически активных соединений из растительного сырья при помощи глубоких эвтектических растворителей.

Участники конференции представили 27 устных и 23 стендовых доклада. Материалы некоторых из них будут опубликованы в журнале «Труды Кольского научного центра».

Модератор конференции, старший научный сотрудник ИХТРЭМС КНЦ РАН Денис Домонов рассказал о работе секции «Юные ученые», которая проходит в рамках конференции третий год подряд под руководством Любви Бобровой. В ней участвуют ученики школ городов Апатиты и Кировск. В этом году свои исследования представили не только старшеклассники, но и учащиеся младших классов. 23 апреля в трех виртуальных залах на платформе Zoom участники представляли результаты своих исследовательских работ по направлениям «Физика», «Химия», «Биология». Члены жюри не только оценивали, но и давали советы и рекомендации юным исследователям.

По итогам работы секции определили призовые места. По направлению «Химия» второе место заняла Арина Савельева (10-й класс, Кировск, школа №7), третье место – у второклассницы Татьяны Никифоровой (Апатиты, школа №14) и одиннадцатиклассницы Ирины Кангасниemi (Апатиты, школа №5). По направлению «Физика» первое место занял Тимофей Курбатов (11-й класс, школа №15, Апатиты), второе место – девятиклассница Хибинской гимназии Мария Тырбылева, третье место – Анна Конькова (11-й класс, Апатиты, школа №4). В направлении «Биология» среди младших классов первое место у Евгения Старосоцкого, ученика 6-го класса (Апатиты, школа №7), второе – у Софьи Ивановой, шестиклассницы Хибинской гимназии, третье – у пятиклассницы Екатерины Грачевой (Апатиты, школа №7). Среди старших классов все призовые места достались ученицам выпускных классов апатитских школ. Победила Тамара Дядик из школы №15, на втором месте – Юлия Поломошнова из школы №14, на третьем – ученица школы №5 Ирина Бобровникова.

Организаторы выражают благодарность за активное участие в работе секции всем юным ученым и их научным руководителям, членам жюри – сотрудникам ИХТРЭМС и Института проблем промышленной экологии Севера.

Следующая конференция состоится через год – в апреле 2022 г.

## ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КНЦ РАН ПРОВЕЛ ТРАДИЦИОННУЮ КОНФЕРЕНЦИЮ<sup>1</sup>

С 30 марта по 5 апреля в Апатитах проходила IX Всероссийская конференция «Теория и практика системной динамики», организованная Институтом информатики и математического моделирования Кольского научного центра РАН совместно с Отделением нанотехнологий и информационных технологий РАН и Институтом системного анализа ФИЦ «Информатика и управление» РАН при поддержке компании «Смарт Энджинс Рус». В конференции приняло участие более полусотни сотрудников научно-исследовательских институтов и промышленных предприятий из Апатитов, Москвы, Санкт-Петербурга, Карелии и Татарстана.

Встречи участников проходили в Институте информатики и на базе Дома ученых «Тьетта». Часть докладов прозвучала в онлайн-формате. Конференцию открыли доктор технических наук, директор ИИММ КНЦ РАН Андрей Олейник и доктор технических наук, директор ИСА ФИЦ ИУ РАН, академик

РАН Юрий Попков. Они рассказали о современном подходе к машинному обучению и организации баз данных.

Высокий темп развития современного общества требует разработки новых систем управления. Особенно явно это выражается на региональном уровне. Изучение и развитие российской Арктики происходит на фоне постоянно изменяющейся внутренней и внешней среды региона и высокой динамики рынка. Быстро распространяются технологии цифровой экономики, возникают новые задачи по управлению и безопасности. При разработке и внедрении управляющих систем необходимо учитывать высокую степень неопределенности и рисков.

Большое значение имеет использование цифровых технологий в промышленности – не только непосредственно в производственном процессе, но и для обеспечения информационной и физической безопасности. Системы видеонаблюдения и экстренного



1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/institut-informatiki-i-matematicheskogo-modelirovaniya-knts-ran-provel-traditsionnyu-konferentsiyu](https://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/institut-informatiki-i-matematicheskogo-modelirovaniya-knts-ran-provel-traditsionnyu-konferentsiyu)).



оповещения, определения вредных факторов среды должны срабатывать без сбоев и грамотно отрабатывать «ложную тревогу», обладать способностью к самообучению.

В течение нескольких дней ученые делились опытом эффективного использования машинного обучения и искусственного интеллекта в исследовании сложных региональных систем, применения современных математических методов в эффективном проектировании элементов горного производства, обсуждали вопросы математического и имитационного моделирования сложных систем, прогнозирования социально-экономических процессов, в том числе в условиях пандемии COVID-19.

Подводя итоги конференции, председатель программного комитета академик РАН Юрий Попков отметил важность сохранения и укрепления традиций межрегионального научного сотрудничества в решении современных

научных задач, ориентированных в том числе на актуальные проблемы регионального развития, подчеркнул необходимость организации и проведения междисциплинарных исследований для изучения сложных разнородных динамических систем в современных условиях.

Юрий Соломонович также отметил важную роль ИИММ КНЦ РАН не только как института, качественно проводящего актуальные исследования под научным руководством Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН, но и как проводника современных научных идей в регионах Арктической зоны РФ, что особенно важно для реализации стратегических планов развития цифровой экономики.

На заключительном заседании организаторы отобрали наиболее интересные доклады, которые будут опубликованы в сборнике трудов конференции.

## МЕДИЦИНА И БИОЛОГИЯ НА СЕВЕРЕ: ДЛЯ ЖИЗНИ, РАБОТЫ И НАУКИ<sup>1</sup>



27 апреля в зале заседаний Президиума Кольского научного центра РАН состоялся круглый стол «Развитие медико-биологических технологий Северо-Западного региона», который организовал Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике.

Его директор, кандидат медицинских наук Владимир Мегорский, выступил с приветственным докладом, в котором коротко рассказал о том, что же такое медико-биологический центр, для чего создается новый междисциплинарный кластер и какие именно проблемы северян он призван решать.

Еще в 1990-х гг. медики, ученые из Полярно-геофизического института и Института проблем промышленной экологии Севера начали совместные исследования влияния на жителей Арктики магнитных бурь и экологических особенностей мест проживания, а также техногенных загрязнений природной среды. А в условиях продолжающегося вот уже тридцать лет оттока населения из Мурманской области ключевую роль в решении

региональных задач играет состояние здоровья и качество жизни населения.

Собственно научно-исследовательский центр появился в 2015 г., спустя три года появилась рабочая группа по развитию биотехнологий, а в 2019-м — молодежная лаборатория. Были определены основные факторы, влияющие на человека, а значит, и на экономику региона: экстремальный климат с низкими температурами и сильными ветрами; низкая плотность населения и очаговое заселение территорий; зависимость человека и в целом хозяйственной деятельности от поставок из центральных регионов страны; высокая ресурсоемкость и удаленность от промышленных центров, а также низкая устойчивость экологических систем при антропогенных воздействиях. Исследованию воздействия на человека этих факторов и посвящена деятельность НИЦ.

Уже сегодня НИЦ МБП готов решать комплексные задачи по медико-биологическому обеспечению промышленного производства на Севере. Это медицинская помощь при горноспасательных работах, дополнительное об-

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/meditsina-i-biologiya-na-severe-dlya-zhizni-raboty-i-nauki](http://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/meditsina-i-biologiya-na-severe-dlya-zhizni-raboty-i-nauki)).

учение персонала, в том числе по программам критической медицины, спасательной службы и производственной токсикологии, дополнительный удаленный мониторинг состояния работников на основе телемедицинских систем, предоставление методик когнитивного отбора сотрудников, разработка программ адаптации и реабилитации для вахтовых и постоянных работников Севера, снижение риска профзаболеваний с помощью коррекции питания.

Отдельно Владимир Мегорский затронул алгологию — лечение и изучение хронического болевого синдрома, который является разрушительным фактором не просто для жизненного тонуса и психического равновесия отдельного человека, но и влияет на экономику в целом. Человек, страдающий от боли, — работник далеко не эффективный. В НИЦ МБП болевым синдромом занимаются несколько лет, а в этом году, когда были созданы специальные группы для изучения постковидных симптомов, оказалось, что многие из них, особенно в психологической, эмоциональной и когнитивной сферах, очень схожи: человек испытывает продолжительное депрессивное состояние, социальное отстранение, усталость и апатию.

Как подчеркнул в своем выступлении Владимир Жиров, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН и научный руководитель НИЦ МБП КНЦ РАН, важ-

ными инновационными направлениями регионального медико-биологического кластера следует считать минимизацию негативных эффектов промышленных производств на человека, создание и реализацию берегающих здоровье технологий, развитие местного биофармацевтического и аграрного производств, например, научно-промышленного комплекса по разработке и выпуску на основе местной сырьевой базы ингредиентов для фармакологической, косметической и пищевой продукции. Речь идет о рыбьем жире и белке, дающем коллаген и эластин для косметологических препаратов, а также о производстве витаминно-минеральных комплексов, напитках для профилактики заболеваний работников вредных производств, экстремальных пайков (высококалорийного и легко усваиваемого питания), перевязочного материала, пленки искусственной кожи, парентерального питания для критических больных и питательных сред для микробиологии.

“ Эта работа в перспективе направлена на очень важный момент, который стал очевиден в ковидном году — развитие локальных производств, что сделает область не такой зависимой от поставщиков из других регионов. Это стратегическая задача для всей Арктики, — отметил Владимир Мегорский.

”





Но чтобы развитие медико-биологических производств быстрее преодолело расстояние от планов и идей до практического внедрения, необходимо финансирование, и немалое. Для получения крупных грантов, поддержки на региональном и федеральном уровне, а также для длительного мониторинга на основе самого современного оборудования нужно объединяться в научно-исследовательские группы. Например, медицинские и образовательные учреждения, научные институты и центры разного уровня, общественные организации могут войти в инновационный территориальный биомедико-технологический кластер. Для обсуждения таких возможностей и собрались участники круглого стола.

В течение дня слово было предоставлено присутствующим в зале и онлайн-участникам. Обсуждали взаимодействие с аграрными вузами средней полосы, представителями власти, сотрудниками ботанических садов и заповедников, специалистами по морским и водным биоресурсам. Коснулись вопросов создания биобанков и современных молекулярно-биологических подходов в концепции внедрения персонализированной медицины, геотехнологий, ландшафтной и садовой терапии. Наталья Белишева, доктор биологических наук, главный научный сотрудник НИЦ МБП КНЦ РАН, подробно рассказала о биологически активных добавках на основе морских организмов

для восстановительной и сопроводительной терапии, а также для успешной адаптации населения к длительному проживанию в арктическом регионе.

“ Интерес нашей области к медико-биологическим технологиям не случаен, потому что северная специфика накладывает большие ограничения на организм человека, – подчеркнул председатель КНЦ РАН Сергей Кривовичев в приветственном слове. – Я и сам переехал на Север из другого региона и лично почувствовал, как влияют на человека и другие живые системы – природа и климат.

Я хотел бы выразить надежду, что этот круглый стол не только позволит поднять вопросы взаимодействия биологии, медицины и современных технологий на благо людей, но и обеспечит сотрудничество в развитии дальнейших проектов и исследований. Особенно хочу подчеркнуть, что ориентироваться нужно все же на результат, чтобы диалог был продуктивен и вылился в совместные работы, чтобы прикладная наука не была забыта. Желаю успеха как присутствующим, так и заочным участникам встречи и надеюсь, что она послужит началом для плодотворного и продуктивного сотрудничества.

”

## ОЗЕРО КАК ТОЧКА СОПРИКОСНОВЕНИЯ. ШКОЛА-ПРАКТИКА – НОВЫЙ МЕТОД ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОЛОДЕЖИ И АКАДЕМИЧЕСКОЙ НАУКИ<sup>1</sup>

С 11 по 17 апреля на берегу озера Имандра проходила Полярная школа-практика для молодых лимнологов (озероведов). Организаторами школы выступили Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН и Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН. Мероприятие поддержано грантом Проектного офиса развития Арктики (ПОРА).

Школа была задумана как второй этап VI Международной конференции молодых ученых «Водные ресурсы: изучение и управление», прошедшей в сентябре 2020 г. в Петрозаводске. В ней приняли участие около 30 молодых ученых, живущих и работающих в городах Севера России: Апатиты, Мурманск, Петрозаводск, Санкт-Петербург, Калининград, Вологда и Архангельск. Лекции и практические занятия провели научные сотрудники Кольского и Карельского научных

центров РАН. В дистанционном формате выступили партнеры школы из России, Финляндии и Китая.

Во время теоретических и практических занятий участники школы получили знания об антропогенном и климатическом воздействии на водоемы, о рациональном природопользовании, об охране и управлении водных ресурсов, а также базовые сведения о работе различных специалистов-лимнологов (гидрофизиков, гидрохимиков, гидробиологов, ихтиологов). Под руководством опытных ученых участники познакомились с основами весенне-зимних исследований водоемов со льда: отбирали пробы воды и донных отложений, измеряли температуру, минерализацию, мутность, прозрачность и другие параметры воды, а также занимались лабораторной подготовкой и камеральной обработкой отобранных образцов. Например, часть участников школы получила ценный опыт



1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/ozero-kak-tochka-soprikosnoveniya-shkola-praktika-novyy-metod-vzaimodeystviya-molodezhi-i-akademicheskoy-nauki](https://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/ozero-kak-tochka-soprikosnoveniya-shkola-praktika-novyy-metod-vzaimodeystviya-molodezhi-i-akademicheskoy-nauki)).

исследования живых организмов при помощи микроскопа, а ихтиологическая группа овладела основами лабораторного разделывания рыбы и исследования рыбной чешуи под биноклем.

Как рассказал один из руководителей школы, старший научный сотрудник ИППЭС КНЦ РАН Захар Слуковский, слушатели получили теоретические знания и практические навыки, которые может дать не каждый университет, поскольку большинство вузов ограничивается общими представлениями о лимнологии и не проводит полевых практик. Захар Иванович отметил, что полярная школа-практика в будущем поможет привлечь начинающих ученых в региональные научные центры, чтобы заниматься лимнологией и смежными дисциплинами.

“ Для специалистов из Москвы, Санкт-Петербурга и других городов это замечательная практическая возможность познакомиться с местными условиями, сотрудниками, природой. В столицах молодые люди часто жалуются на то, что нет работы по специальности, а у нас, наоборот, нехватка молодых кадров. Может быть, именно здесь произойдет точка соприкосновения этих двух запросов, – подытожил ученый.

”

В последний день школы-практики участники подготовили и защитили доклады по группам: гидрофизики, гидрохимии, гидробиологии и ихтиологи. Для некоторых из них это был первый опыт публичного выступления, а кто-то впервые столкнулся с новой для себя областью знаний. Кураторы групп и организаторы школы-практики отметили высокий первоначальный уровень подготовки ребят и хорошую способность к усвоению нового. По окончании мероприятия были вручены сертификаты об участии в школе-практике.

Следует добавить, что в ходе работы школы-практики участники получили не только научные знания по лимнологии, во время ice-break party состоялись научно-популярные лекции известных в Мурманской области и за ее пределами популяризаторов науки – Дмитрия Степенщикова, Владимира Даувальтера, Захара Слуковского и Дмитрия Денисова. После докладов состоялась оживленная дискуссия. Кроме того, в один из дней школы прошли экскурсии в Музейно-выставочный центр АО «Апатит» и Полярно-альпийский ботанический сад-институт.

Организаторы школы-практики, молодые лимнологи и их преподаватели выражают надежду, что мероприятие станет традиционным и поможет в будущем укрепить связи между исследователями разных регионов и стран.





## НА ОТКРЫТИИ ФЕСТИВАЛЯ «КАМЕННЫЙ ЦВЕТОК – 2021» УЧЕННЫЕ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ПОЛУЧИЛИ РЕГИОНАЛЬНЫЕ И МУНИЦИПАЛЬНЫЕ НАГРАДЫ<sup>1</sup>



22 апреля прошло официальное открытие фестиваля «Каменный цветок-2021», на котором были вручены награды сотрудникам Кольского научного центра РАН. Открыл фестиваль исполняющий обязанности министра инвестиций и развития предпринимательства Мурманской области Андрей Варич. Он вручил благодарственное письмо губернатора Мурманской области кандидату геолого-минералогических наук, старшему научному сотруднику Геологического института КНЦ РАН Юлии Михайловой за многолетний добросовестный труд и большой вклад в развитие геологических исследований. Благодарственного письма Министерства образования и науки Мурманской области за плодотворный добросовестный труд, значительные успехи в датировании горных пород и процессов с использованием самарий-неодимового и рубидий-стронциевого методов, высокую публикационную активность был удостоен

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Геологического института Павел Серов.

От губернатора Мурманской области директором Геологического института Кольского научного центра РАН Николаем Козловым передана благодарность за многолетний добросовестный труд и весомый вклад в дело изучения минерального разнообразия Кольского региона кандидату геолого-минералогических наук, старшему научному сотруднику Геологического института Людмиле Лялиной. Шлифовщица горных пород Елена Никифорова получила благодарность от губернатора за многолетний добросовестный труд и вклад в получение научных и практических результатов в изучении геологии Мурманской области.

Благодарственное письмо за добросовестный труд, вклад в геохронологические исследования ГИ КНЦ РАН и высокую публикационную активность глава администрации города

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/na-otkrytii-festivalya-kamennyy-tsvetok-2021-uchenye-kolskogo-nauchnogo-tsentra-poluchili-regionalny](https://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/na-otkrytii-festivalya-kamennyy-tsvetok-2021-uchenye-kolskogo-nauchnogo-tsentra-poluchili-regionalny)).

Апатиты Николай Бова вручил младшим научным сотрудникам Геологического института Евгению Кунаккузину и Екатерине Стешенко.

За многолетний добросовестный труд и вклад в исследование минерального разнообразия Кольского региона глава города Апатиты Алексей Гиляров награждает научных сотрудников Геологического института — кандидата геолого-минералогических наук Айю Базай и Евгения Савченко. Также глава города вручил Благодарственное письмо за плодотворный добросовестный труд, значительные успехи в исследовании электромагнитных полей и компьютерном моделировании применительно к задачам глубинного электрического зондирования Земли кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Геологического института Александр Шевцов.

Исполняющий обязанности президента Торгово-промышленной палаты Мурманской области Андрей Ильин вручил сертификат победителя выставки-ярмарки «Инновационное предпринимательство» кандидату химических наук, научному сотруднику Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья, генеральному директору ООО «Экстракты Цветов» Никите Цветову. С помощью этого сертификата Никита Сергеевич сможет год бесплатно пользоваться web-сервисами Торгово-промышленной палаты. В ближайшее время молодой ученый-предприниматель станет также резидентом фонда «Сколково».

Поздравляем отмеченных наградами сотрудников Кольского научного центра и желаем им не останавливаться на достигнутом!

## НАУКА ПЛЮС БИЗНЕС: ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ НА ВСТРЕЧЕ С ИННОВАТОРАМИ<sup>1</sup>

19 мая Министерство развития Арктики и экономики Мурманской области и Мурманский региональный инновационный бизнес-инкубатор организовали встречу губернатора Мурманской области с инноваторами. В центре «Мой бизнес» собрались молодые и энергичные ученые и предприниматели, авторы новых технологий и рационализаторских предложений, получатели грантов на инновационную деятельность.

Андрей Чибис начал с «десерта»: поздравил Григория Сафонова с выходом в финал конкурса проектов в рамках «StartupTour 2021 в г. Мурманске». Его проект предполагает реконструкцию системы городского отопления для перехода на более эффективные и безопасные источники энергии. Научный сотрудник Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья Алевтина Гостева получила свиде-

тельство победителя конкурса 2021 г. на право получения грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук. Она разрабатывает катализаторы, необходимые для очистки воздуха от опасных загрязнителей. Также губернатор области награждает дипломом Фонда содействия инновациям победителя конкурса «УМНИК» 2020 г. — младшего научного сотрудника Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН Андрея Горячева. В рамках проекта будет разработана экологически и экономически эффективная технологическая схема, позволяющая перерабатывать некондиционное медно-никелевое сырье.

В своей приветственной речи Андрей Чибис поблагодарил всех собравшихся за инициативу и готовность вместе работать для развития Мурманской области, напомнил о том, что в ре-

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/nauka-plus-biznes-voprosy-i-otvety-na-vstreche-s-innovatorami](http://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/nauka-plus-biznes-voprosy-i-otvety-na-vstreche-s-innovatorami)).

гионе запущена программа «Инновационный ваучер» для поддержки интеллектуальных стартапов. Он также поделился идеей создания венчурного фонда помощи тем, кто начинает свое уникальное дело.

«Основным блюдом» встречи стала презентация инновационных проектов. Большинство из них принадлежит ученым Кольского научного центра.

В частности, научный сотрудник Института химии Никита Цветов, победивший в конкурсе «Старт-1» Фонда содействия инновациям 2020 года, рассказал о разработанной им методике экстракции биологически активных веществ из растений Кольского полуострова. В своей работе Никита Сергеевич использует инновационные растворители, извлекающие максимальное количество полезных веществ и безвредные для человека. Полученные с помощью этой методики экстракты молодой ученый и предприниматель собирается использовать для производства косметических средств и биологически активных пищевых добавок, полезных прежде всего северянам. Никита Цветов до переезда в Апатиты жил в Санкт-Петербурге и на личном опыте знает, как важно адаптироваться к заполярным условиям. Планируемые к производству продукты из местных растений, как считает исследователь, помогут в этой адаптации.

Свой доклад в онлайн-режиме представил второй победитель конкурса «Старт-1» — научный сотрудник Горного института Александр Потокин. Он работает над созданием промышленной электроимпульсной установки для повышения эффективности освоения рудных месторождений. Использование такого метода при дроблении горных пород уменьшает потери сырья и повышает эффективность использования ресурсов, а также способствует снижению антропогенной нагрузки на природу. Александр Сергеевич поделился опытом взаимодействия с крупным бизнесом региона и предложил развить систему кооперации инновационных предпринимателей и промышленников.

Победитель конкурса «УМНИК» 2019 г., научный сотрудник Института химии КНЦ РАН Анна Цырятьева, тоже выступала онлайн: сейчас в лаборатории института идет непрерывный процесс, экспериментальную установку необходимо проверять каждый час. Анна Сергеевна занимается разработкой титаносиликатных добавок в бетон с использованием промышленных отходов. Аналогичные добавки требуют для своей активации ультрафиолетового излучения, а разработанному коллективом ИХТРЭМС составу достаточно обычного видимого света. Покрытие, имеющее в составе титаносиликатную добавку, будет способствовать очистке



воздуха от загрязнений. Анна Цырятьева сформулировала общий для большинства молодых ученых-инноваторов вопрос: как совмещать науку и предпринимательство, приносить пользу региону без полного ухода в бизнес-процессы?

Ее поддержала Алевтина Гостева: когда талантливый ученый разрабатывает новые технологии и понимает, насколько эти разработки важны для промышленности региона, насколько они могут улучшить экологическую обстановку (ведь конечная цель каждого представленного на встрече проекта так или иначе — это снижение техногенной нагрузки на природу), то как не потерять на пути развития этих технологий фокус на научной деятельности?

Такой вопрос вызвал живейший отклик у губернатора области. Действительно, чем власть может помочь консолидации науке и промышленности?

Директор Мурманского бизнес-инкубатора Денис Скрыганов предположил, что в области назрела необходимость создания более профессионального центра консультирования по подобным проектам. Вопрос здесь не столько в финансовой поддержке — перспективные проекты «взлетят», да и пути помощи предпринимателям в области неплохо проработаны, в том числе в правовом поле.

Андрей Чибис предложил несколько возможных решений: поддержать инновационные технологии в рамках работы Научно-образо-

вательного центра мирового уровня «Российская Арктика», а также создать четкую схему диалога между инициативами и региональными промышленными предприятиями, которые являются непосредственными потребителями этих инноваций. Здесь проектный офис по обеспечению деятельности научно-образовательного центра выступит в качестве управляющей компании.

Алевтине Гостевой Андрей Владимирович предложил собрать инициативную группу среди ученых Кольского научного центра и в течение месяца сформулировать идеи для проектного офиса, чтобы «сложить мозаику» из инноваторов, научных организаций и конечных потребителей.

“ Я горжусь, что у нас работают такие инициативные ребята, которые не только занимаются фундаментальной наукой, но и предлагают конкретные идеи для развития экономики, производства, народного хозяйства. Это самое дорогое, что у нас есть, самые важные люди для страны и области. Мы постараемся в ближайший месяц все вместе придумать систему поддержки, получения инвестиции на их проекты, помимо грантов, которые мы даем. Думаю, привлечем к этому наших ключевых промышленных партнеров в рамках подписанных с ними соглашений, — подвел итоги встречи губернатор. ”



## ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ КНЦ РАН ТОРЖЕСТВЕННО ОТКРЫЛ СВОИ ДВЕРИ<sup>1</sup>



24 июня в здании Института экономических проблем торжественно открыли единый Центр коллективного пользования. Это еще один шаг к созданию единой научной инфраструктуры Кольского научного центра.

Без современного оборудования немислимы не только открытия, но и рутинная, ежедневная работа ученых, которая будет конкурентоспособна на международном уровне. В 2020 г. Министерство высшего образования и науки Российской Федерации в рамках реализации национального проекта «Наука» провело конкурс на получение грантов в целях обновления приборной базы ведущих научных организаций. Среди 89 победителей был и Кольский научный центр. Субсидия более 70 миллионов рублей позволила начать модернизацию приборного парка КНЦ – впервые за многие годы настолько масштабную.

В здании на улице Ферсмана, 24а, будут размещены микроскопы и дифрактометры. Доступ к оборудованию Центра коллективного пользования получают заинтересованные сотрудники всех подразделений Кольского научного центра.

Первой ласточкой стал сканирующий электронный микроскоп ZEISS EVO 25, на приобретение которого потратили около 40 миллионов рублей. Объем камеры этого микроскопа позволяет исследовать даже крупные образцы и размещать многочисленные аналитические детекторы для решения самых сложных задач микроанализа. Микроскопы линейки ZEISS EVO дают возможность изучать образцы при пониженном давлении и в естественных условиях, а также биологические образцы, материалы, выделяющие газы, детали и узлы механизмов без предва-

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/tsentr-kollektivnogo-polzovaniya-knts-ran-torzhestvenno-otkryl-svoi-dveri](https://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/tsentr-kollektivnogo-polzovaniya-knts-ran-torzhestvenno-otkryl-svoi-dveri)).

рительной пробоподготовки. Одновременно с изображением образца возможно получить и данные о его элементном составе. Микроскоп ZEISS EVO 25 необходим для исследования химического и минерального состава горных пород (в том числе стратегически важного минерального сырья с месторождений Кольского полуострова), отходов горно-обогачительной промышленности, новых высокотехнологичных материалов и вновь открытых минералов.

Статус ведущей научной организации Российской Федерации, недавно подтвержденный Министерством высшего образования и науки,

позволяет Кольскому научному центру в 2021 г. участвовать в новом конкурсе на обновление приборной базы. До 2025 г. планируется не только обновить приборный парк повседневного научного оборудования, но и приобрести, наладить и начать использовать на полную мощность уникальные дорогостоящие приборы, без которых не может существовать современная наука.

Создание современной научной инфраструктуры – одна из задач, стоящих на пути модернизации Кольского научного центра как ведущей академической научной организации России.

## КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР И КОМПАНИЯ «ФОСАГРО» СОЗДАДУТ ЛАБОРАТОРИЮ, ИЗУЧАЮЩУЮ ПЕРЕРАБОТКУ ТРУДНООБОГАТИМЫХ АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД<sup>1</sup>

11 июня Кольский научный центр принимал многолетних партнеров заполярных ученых – руководство компании «ФосАгро». Главной темой встречи стало обсуждение совместной инициативы Кировского филиала АО «Апатит» и ФИЦ КНЦ РАН по созданию лаборатории для исследования переработки труднообогатимых апатит-нефелиновых руд. Важность решения научно-производственных задач, положенных в основу проекта, обусловила самый серьезный формат организации встречи. В обсуждении приняли участие председатель Кольского научного центра Сергей Кривовичев, заместитель председателя совета директоров ПАО «ФосАгро» Андрей Гурьев, генеральный директор АО «Апатит» Александр Гильгенберг, директор Горного института Сергей Лукичев, директор Геологического института Николай

Козлов и директор КФ АО «Апатит» Андрей Абрашитов.

С приветственным словом и краткой презентацией сегодняшнего этапа развития Кольского научного центра выступил Сергей Кривовичев. Он вручил Андрею Гурьеву памятный подарок – книгу «Строительство и жизнь православных храмов в устной и письменной истории заполярного города», изданную Кольским научным центром совместно с Мурманской Митрополией РПЦ при поддержке компании «ФосАгро».

Обсуждение вопросов научно-технического сотрудничества началось докладом Владимира Дядика «Решение проблемы переработки труднообогатимых апатит-нефелиновых руд КФ АО «Апатит». В рамках этого проекта ученые Кольского научного центра проведут минералогические исследования и выявят все

1. Впервые опубликовано на сайте ФИЦ КНЦ РАН ([ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/kolskiy-nauchnyy-tsentr-i-kompaniya-fosagro-sozdadut-laboratoriyu-izuchayushchuyu-pererabotku-trudno](https://ksc.ru/press-sluzhba/novosti/novosti-nauki/kolskiy-nauchnyy-tsentr-i-kompaniya-fosagro-sozdadut-laboratoriyu-izuchayushchuyu-pererabotku-trudno)).



значимые для производства разновидности апатит-нефелиновой руды, разработают оптимальные режимы рудоподготовки и селективной флотации, составят трехмерные технологическо-минералогические карты запасов руды, подберут максимально эффективные и экологически безопасные флотационные реагенты и разработают технологии их использования. Представители промышленности активно обсудили реализацию поставленных перед наукой задач. Практическая работа над этим уже идет, и специалисты КФ АО «Апатит» используют ее результаты в практике обогатительного производства.

После совещания руководители компании «ФосАгро» посетили опытный корпус, в котором будет расположена новая лаборатория.

Завершая визит, представители компании «ФосАгро» поблагодарили ученых Кольского научного центра за сотрудничество, высоко оценив масштабы проведенных исследований, и предложили расширить и усилить совместную работу по улучшению технологий комплексного обогащения апатит-нефелиновых руд.

## ВЫШЕЛ В СВЕТ ДОКЛАД О СОЦИАЛЬНОМ ПАРТНЕРСТВЕ В АРКТИКЕ

«Социальная Арктика. Практики социального партнерства в развитии арктических территорий» – так озаглавлен научно-аналитический доклад сотрудников Института экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра Российской академии наук (ИЭП КНЦ РАН) – кандидатов экономических наук Екатерины Торопушиной, Елены Башмаковой и Ларисы Рябовой.

Работа посвящена исследованию форм партнерства, нацеленного на достижения социальных целей в мировой Арктике.

Доклад состоит из двух частей. Первая посвящена теоретическим вопросам социального партнерства, предпосылкам его возникновения и формам, которое оно принимает. Рассмотрены такие формы партнерства, как сотрудничество на основе формальных и неформальных соглашений, государственно-частное партнерство (ГЧП), корпоративная социальная ответственность (КСО) и социальная лицензия на деятельность (СЛД). Анализ данных форм приведен в контексте социальной сферы мировой Арктики.

Вторая часть доклада включает конкретные примеры арктического социального партнерства, которые также сгруппированы по формам взаимодействия. Рассматриваются как отечественные, так и зарубежные примеры: от сотрудничества в социальной сфере в проекте «Путь к независимости» (Анкоридж, США) до ГЧП в сфере детских садов и начальной школы в Ямало-Ненецком автономном округе, от корпоративной социальной ответственности компании «Air Greenland» (Гренландия) до социальной лицензии на деятельность АО «Апатит» и АО «СЗФК». По каждому примеру дан подробный анализ с обширным фактическим материалом.



ИНСТИТУТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ИМ. Г.П. ЛУЗИНА  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА  
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

Торопушина Е.Е., Башмакова Е.П., Рябова Л.А.

### СОЦИАЛЬНАЯ АРКТИКА

#### ПРАКТИКИ СОЦИАЛЬНОГО ПАРТНЕРСТВА В РАЗВИТИИ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД



Работа апатитских экономистов будет интересна научным работникам, государственным и муниципальным служащим, представителям органов общественного управления и некоммерческих организаций, руководителям и менеджерам компаний, преподавателям и студентам, жителям регионов российской Арктики, а также всем, кому небезразличны проблемы развития арктических территорий в современном мире.

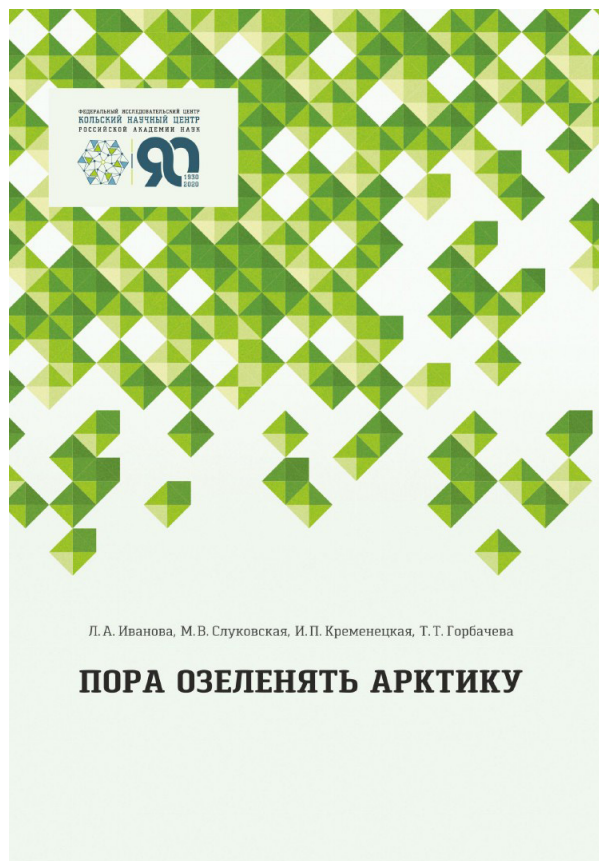


## «ПОРА ОЗЕЛЕНЯТЬ АРКТИКУ»: НОВАЯ КНИГА О ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ «ЗЕЛЕННОГО ЗАПОЛЯРЬЯ»

Коллектив сотрудников Кольского научного центра и Полярно-альпийского ботанического сада-института подготовил и выпустил в свет методическое издание «Пора озеленять Арктику. Инновационные газонные технологии для создания травяного покрова различного назначения в условиях Заполярья». Труд выпущен в виде хорошо иллюстрированной брошюры при поддержке грантовой программы экспертного центра «Проектный офис развития Арктики» (ПОРА). Издание содержит общие и специализированные рекомендации по созданию высококачественной ковровой дернины для проведения озеленительных работ в арктических регионах. Авторы – Любовь Иванова, Марина Слуковская, Ирина Кременецкая и Тамара Горбачева – обобщили в нем свой многолетний опыт полевых и лабораторных исследований по формированию качественных и устойчивых ковровых газонных покрытий в сложных климатических условиях Крайнего Севера.

Издание включает главы об условиях произрастания растений Мурманской области – метеорологических, агроклиматических и почвенных, о классификации газонов, гидропонных технологиях создания и ремонта газонов, о достоинствах ковровой дернины, выращенной по экспресс-технологиям, о влагоемких субстратах-почвозаменителях. В работе воедино сведены методические рекомендации по созданию качественных и устойчивых ковровых газонных покрытий для сложных северных почв. Читатели почерпнут сведения о том, как создаются газонные покрытия широкого спектра назначения: интерьерные, партерные, садово-парковые, луговые и спортивные, а также зеленые витаминно-кормовые коврики для домашних животных и крупного рогатого скота.

В основе разработанного авторами метода комплексное использование влагоемких гидропонных субстратов-почвозаменителей, применение которых улучшает условия прорастания семян и позволяет сократить продолжитель-



ность периода их прорастания до пяти дней, что очень важно в нестабильных погодных условиях Крайнего Севера.

Интерес к возможностям уникальных озеленительных работ на Крайнем Севере возник более двадцати лет назад. Инициатором проведенных исследований выступила доктор биологических наук, заведующая лабораторией цветоводства и озеленения ПАБСИ, ведущий научный сотрудник Института проблем промышленной экологии (ИППЭС) Севера Любовь Андреевна Иванова, позже к ней присоединились другие специалисты. Теперь в разработках принимают участие специалисты ИППЭС, Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья, Горного института и образовательных учреждений – Петрозаводского и Череповецкого университетов. Результаты сотрудничества служат основой разработки но-

вого экологического направления — ускоренно-го конструирования растительных композиций, устойчивых к антропогенному влиянию в условиях Заполярья.

“ *Исследования по разработке инновационных способов выращивания ковровой дернины для озеленения северных городов начались в 2004 г., продолжают-ся и в настоящее время, — рассказывает Любовь Андреевна. — Цель — разработка и внедрение эффективных, быстрых и малозатратных способов в области газонных технологий. Основная задача — найти более дешевые и доступные субстраты-почвозаменители, преимущественно из отходов, например, деревообрабатывающей промышленности. Так, в наших технологиях нашли применение свежие и компостированные древесные опилки, жмых хвой, а также древесная кора в сочетании со штормовыми выбросами морских водорослей («турой»).*

”

В 2018-2020 гг. был разработан и апробирован в лабораторных и масштабных полевых исследованиях новый экспресс-способ создания ковровой травяной дернины методом штабелирования. Он позволяет экономить производственные площади, использовать для выращивания любые подсобные помещения, не требует специального оборудования и дорогостоящих материалов, электроосвещения и отопления помещений, а самое главное — способен сократить срок формирования дернины до 7-10 дней! Важно, что в технологии, разработанной специалистами ФИЦ КНЦ РАН и ПАБСИ, использованы природные материалы без изъятия почвенных ресурсов на других территориях. Экспресс-методы выращивания газонных покрытий — экономически эффективный способ озеленения и реабилитации антропогенно нарушенных территорий. Они достаточно просты в освоении, что позволяет внедрять их силами малых предприятий с минимальными вложениями.

Результатом плодотворного сотрудничества ученых в области рекультивации нарушен-



ных территорий явилась разработка инновационных методов создания газонных покрытий с применением отходов добычи руд, главным образом месторождений Мурманской области. Это позволяет снизить себестоимость рекультивационных работ на региональном уровне и расширить область применения методов. На сегодняшний день технологии наших ученых запатентованы, прошли комплексные испытания, в том числе при организационной и финансовой помощи АО «Кольская ГМК» и Российского научного фонда.

Но почему же северным территориям нужны какие-то особые способы озеленения и рекультивации нарушенных территорий? Почему нельзя действовать общепринятыми методами? Дело в том, что не все газонные травосмеси и растения подойдут для северных широт. Кроме климатических особенностей, стоит учитывать и почвенные условия: в северных регионах почвы бедны питательными элементами, а многие, особенно в местах активных промышленных разработок, еще и подвержены негативному воздействию загрязняющих веществ. Поэтому в основу ряда технологий специалисты положили использование песчаных горнопромышленных отходов, выступающих в качестве нетрадиционных мелиорантов для создания экранирующего слоя на загрязненных территориях.

“ С 2008 г. наши технологии использовались для научных исследований по рекультивации загрязненного грунта в районе Мончегорска. Они явились расширением исследований, проводимых на этих территориях с конца 80-х годов под руководством доктора биологических наук Вячеслава Никонова (ИППЭС), – рассказывает Любовь Андреевна. – Тогда предлагалось вносить различные мелиоранты и удобрения для корректировки химического состава нарушенной почвы с одновременным прямым посевом рекультивационных травосмесей. В начале 2000-х силами Мончегорского лесхоза на техногенных пустошах были проведены масштабные работы по посадке сажен-

цев древесных пород на насыпной грунт на основе торфа либо осадка сточных вод регионального предприятия ЖКХ. Мы, несомненно, учитываем богатый опыт, накопленный коллегами – экологами ИППЭС, но применяем несколько иной подход: растения мы высаживаем в загрязненный грунт путем настила предварительно выращенной ковровой травяной дернины. Помимо этого, предварительно наносим на загрязненный грунт песчаные горнопромышленные отходы, в составе которых есть кальций и магний, что позволяет создавать благоприятные условия для выращивания на нем растений и защитить их корневую систему от излишней кислотности. Дернина позволяет очень быстро, за один вегетационный сезон, формировать качественный растительный покров из разных видов многолетних растений. ”

**Метод использования для грунтовой «подушки» горнопромышленных отходов выглядит абсолютно уникальным. А кто был автором идеи?**

“ Это идея коллективная. В работе по применению горнопромышленных отходов для реабилитации нарушенных территорий участие, кроме ПАБСИ, принимали совместно с ПАБСИ сотрудники ИХТРЭМС Ирина Кременецкая и Светлана Дрогобужская, ГоИ – Сергей Терещенко и Светлана Алексеева, ИППЭС – Тамара Горбачева, лаборатории природоподобных технологий и техносферной безопасности Арктики – Марина Слуковская и Ирина Мосендз. ”

**Каким образом проходили испытания новой технологии?**

“ Работы проводились в несколько этапов. Первоначально прошли лабораторные испытания двух видов отходов (карбонатных и серпентиновых), затем – пилотные (пробные) полевые исследования на двух экспериментальных площадках с разными грунтами, отличающимися исходным

составом и уровнем загрязнения. В завершение проведены полевые полупромышленные испытания, в которых были исследованы восемь видов местных горнопромышленных отходов. Применены широкий ассортимент травянистых многолетних видов растений, несколько технологий создания ковровой дернины, изучено влияние различных факторов на формирование устойчивого растительного покрова. Нарботанные подходы позволили повысить эффективность восстановления территорий в зоне аэротехногенного воздействия горно-металлургических предприятий, причем не только в Мончегорске, но и в Заполярном.

**Почему ваш метод до сих пор не так хорошо известен, почему нарасхват не используется на самых разных арктических территориях страны?**

Мы очень рады, что в 2019 г. в Апатитах под руководством директора ПОСВИРа Ирины Михайловой были проведены первые экспериментальные работы по использованию горнопромышленных отходов в городском озеленении. О перспективах пока говорить преждевременно, но мы очень надеемся, что совместными усилиями обязательно получим обнадеживающие результаты.

А отвечая на вопрос о том, почему пока не отмечается широкой популярности технологии, то я думаю, тут дело в недостаточном освещении их в СМИ, а кроме того, пока не все городские коммунальные службы имеют достаточные финансовые и трудовые ресурсы для ее широкого внедрения в практику. Остается надежда на спонсорскую помощь градообразующих предприятий, заинтересованность малого бизнеса в освоении самих технологий производства ковровой дернины и, конечно, молодежное волонтерское движение.

Вот как раз для того чтобы и предприниматели, и муниципальные власти, и СМИ ознакомились со способами повышения комфортности проживания населения в арктических городах, и предназначена выпущенная брошюра. Ее материалы могут быть полезны службам благоустройства коммунальных, строительных и промышленных предприятий, общественным организациям, заинтересованным в реабилитации нарушенных территорий, а также всем, кто хотел бы создать радующие глаз зеленые зоны вокруг мест работы, проживания и отдыха.

## НОВОЕ ИЗДАНИЕ О ФИНАНСАХ АРКТИКИ

Без достаточного количества финансовых ресурсов невозможно сформировать современную, эффективно действующую региональную экономическую систему. Но концентрация внимания только на финансовых ресурсах региона ограничивает модернизацию экономики и придание ей инновационного характера. Эта тема исследовалась неоднократно, однако часто такие исследования бессистемны и концентрируются на бюджетно-налоговом потенциале, без учета влияния на экономику крупных предприятий, кредитных и страховых организаций, инвестиционных компаний и фондов, а также интересов и возможностей населения региона.

Коллектив сотрудников Института экономических проблем им. Г.П. Лузина под руководством Галины Кобылинской постарался привлечь во внимание ошибки предшественников и изложил результаты глубокого системного исследования процессов формирования финансово-инвестиционного потенциала в аналитическом докладе «Финансы Арктики. Реализация функций финансово-инвестиционного потенциала в развитии арктических регионов Российской Федерации».

Высокий ресурсный потенциал Арктической зоны РФ является причиной ее стратегической важности для государства и повышенного интереса к ней крупных корпораций. Авторы постарались рассмотреть функциональные особенности каждого звена региональной экономики и выявить их взаимосвязь. В центре внимания работы — построение финансового механизма для обеспечения стабильного развития арктического региона в долгосрочной перспективе.

В процессе работы над докладом исследователи собрали большой объем статистических данных по экономике АЗРФ.

Исследование сущности финансово-инвестиционного потенциала и функционирования различных экономических агентов (таких как хозяйствующие субъекты, домохозяйства, государственные органы и финансовые институты) позволило сделать вывод о том, что научный подход к оценке финансово-инвестиционного



потенциала должен учитывать не только ресурсы и результаты их использования, но и процессы, ведущие от ресурса к результату. Важно не терять из виду и вовлеченность региональной экономики в экономическое развитие страны, и локальные интересы. Разные регионы, относящиеся к АЗРФ, обладая одним и тем же набором воздействий на финансово-экономическое развитие, используют элементы этого набора по-разному. Поэтому количественные факторы оценки потенциала региона необходимо сочетать с качественной составляющей, которая учитывает, как в конкретном регионе регулируется это развитие.

В работе учтены суровые климатические условия АЗРФ и специфика реализации основных функций финансово-кредитных систем. Экономическое развитие здесь в основном базируется на добыче и переработке природного сырья. Благополучие регионов, с одной стороны, зависит от мировой конъюнктуры, с другой — от ко-

лебаний числа населения в зависимости от открытия новых и истощения старых источников ресурсов. Прибыль поступает неравномерно, что порождает непредсказуемость формирования бюджетных доходов региона и затрудняет процессы планирования расходов. Большая доля денежных средств в АЗРФ находится «на руках» и не вовлекается в инвестиционные процессы. В арктических регионах складывается противоречивая ситуация: обладая повышенным уровнем дохода, население сталкивается с высокой стоимостью жизни и не может формировать достаточные сбережения либо создает накопления в неорганизованной форме. Финансово-инвестиционный потенциал, который мог бы позволить модернизировать производство и обеспечить инновационный тип развития экономики, формируется медленно.

В роли стабилизатора экономической ситуации может выступать малый бизнес – создавать новые рабочие места и снижать уровень безработицы, а также формировать комфортные условия жизни и труда для занятого на крупных предприятиях населения. К сожалению, несмотря на усиленную поддержку государства, процесс взаимодействия малых и крупных компаний проходит недостаточно активно.

Авторами исследования представлен целостный структурный подход к вопросу финансово-инвестиционного потенциала в арктических регионах. Издание будет интересно представителям государственной власти, предпринимателям, финансистам, а также преподавателям экономических дисциплин и студентам профильных специальностей высших учебных заведений.

## ЗОЛОТО НАШЕГО КРАЯ

В издательстве Кольского научного центра вышла книга «Минералогия и особенности генезиса месторождения золота Оленинского (Кольский полуостров)». Ее авторы – Аркадий Калинин, старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук, и Евгений Савченко, научный сотрудник лаборатории физических методов исследования пород, руд и минералов Геологического института КНЦ РАН, а также Всеволод Прокофьев, заведующий лабораторией Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, доктор геолого-минералогических наук.

В книге вдумчивый читатель не только найдет ответ на вопрос «Есть ли золото на Кольском?», но и обнаружит подробные данные по геологии Оленинского золоторудного месторождения, результаты геохимических и минералогических исследований его руд и рудовмещающих пород, характеристики минеральных ассоциаций руд и последовательность минералообразования.

Кольский полуостров считается настоящим кладом разнообразных минералов, но благородные металлы, в том числе и золото, в российской части Фенноскандинавского щита не извлекают. Хотя немногочисленные объекты, которые, предположительно, относятся к метаморфизованным эпиптермальным месторождениям, имеются на территории Финляндии: это золоторудное месторождение Кутемаярви, рудопроявление золота Кюльмякангас и месторождение серебра (с золотом и цинком) Тайвалъярви.

Впрочем, геологические предпосылки открытия месторождений золота имеются и в нашей части щита. Так, были открыты мелкие золотоносные рудопроявления в Оленинском и Няльм-1 в северо-западной части пояса Колмозеро-Воронья, а также Сергозерское рудопроявление в Стрельнинском поясе (восточная часть Кольского полуострова).

Оленинское месторождение золота расположено в Ловозерском районе, в 50 км к северу от села Ловозеро и в 40 км к югу

от Серебрянской ГЭС на реке Вороньей, в экономически неосвоенном районе, куда можно добраться либо вертолетом, либо гусеничным транспортом. Этот район привлекал пристальное внимание геологов начиная с 40-х годов, так как здесь расположены редкометалльные пегматитовые месторождения Васин-Мыльк и Полмос. В ходе поиска редких металлов в пределах одного из перспективных участков на хребте Оленьем были обнаружены признаки минерализации золота. Проявление золота на северном окончании хребта Оленьего установлено в конце 1960-х гг. при участии геологов Мурманской экспедиции и Центрального научно-исследовательского Геологоразведочного института цветных и благородных металлов. Активное изучение месторождения продолжалось с 1976 по 1985 и с 1998 по 2009 гг. Именно тогда здесь пробурили свыше тридцати скважин, прошли сеть канав. Месторождение изучали сотрудники Геологического института КНЦ РАН и Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН.

Оленинское месторождение интересно из-за особенностей его минерального состава, резко отличающегося от прочих золоторудных объектов, расположенных на кристаллических щитах докембрия: здесь в составе руды присутствуют различные соединения серебра, сурьмы, свинца, более характерные для месторождений в вулканических поясах фанерозойского возраста.

Новая монография об Оленинском месторождении содержит большое количество скрупулезно собранной и тщательно выверенной информации, которая позволяет рассматривать исследуемую площадь как Вороньетундровский полиметалльный полигенетический рудный узел. Приведено полное геологическое строение месторождения, рассказано о породообразующих минералах его метасоматических пород.

Отдельные главы посвящены геологическому строению как конкретного месторождения, так и всей северо-западной части пояса Колмозеро-Воронья. Сопоставляя

Оленинское с месторождениями Финляндии, ученые показали, что его геологическая позиция весьма сходна с таковой на месторождении Кюльмякангас. Геохимические и минералогические особенности Оленинского месторождения (развитие минералов серебра, свинца, сурьмы, распространенность фрейбергита и дискразита) при этом ближе к характеристикам месторождения Тайвалъярви.

Вывод ученых таков: золоторудная зона Оленинского месторождения представляет собой серию сближенных линз на площади 900x50 м. Среднее содержание золота по месторождению составляет 7.6 г/т. Кроме того, на месторождении Оленинское впервые в Кольском регионе обнаружены редкие минеральные виды, такие как семсеит, учукчакуаит, рамдорит, физелиит и некоторые другие. Установлена ранее не описанная в мировой литературе железистая разновидность учукчакуаита, в которой железо преобладает над марганцем. Также впервые на Фенноскандинавском щите обнаружено и изучено горчичное золото, выделения которого, как правило, ассоциируют с самородным. На Оленинском месторождении горчичное золото было выявлено в турмалин-арсенопирит-кварцевых метасоматитах с золото-серебряно-сурьмяной минерализацией в образцах, отобранных с полотна канав, а также из рыхлого материала, перекрывающего коренные породы.

Месторождение Оленинское отнесено авторами труда к редкому в зеленокаменных поясах докембрия типу регенерированных (метаморфизованных) эпиптермальных месторождений. В центральной зоне располагается медно-молибден-порфировое рудопроявление Пеллапахк, во внешней — золотосеребряное месторождение Оленинское.

Новая монография ученых КНЦ и ИГЕМ адресована специалистам в области геологии, минералогии и геохимии рудных месторождений.

## НОВАЯ КНИГА ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ПОДДЕРЖКИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В АРКТИКЕ

В издательстве Кольского научного центра вышла монография «Организация инфраструктурной поддержки арктической нефтегазовой отрасли», подготовленная коллективом авторов под научной редакцией доктора экономических наук, профессора Виктора Богачева и доктора экономических наук, профессора Николая Веретенникова.

В книге рассматривается широкий спектр вопросов регионального экономического взаимодействия между его различными участниками, подробно изложены разные точки зрения на роль регионов и сохранение экономического баланса между ними.

По мнению авторов, для современной экономики региональный уровень является отправной точкой поиска наиболее оптимальной стратегии экономического роста, что, в свою очередь, служит предпосылкой к созданию возможностей определения макроэкономической политики. Ученые отмечают, что в условиях прихода нефтегазовых корпораций в регион требуется не только поиск компромисса между субъектами управления, но и развитие инфраструктурной поддержки нефтегазовой отрасли.

Особое внимание в работе уделено изучению и анализу промышленных корпораций в нефтегазовой отрасли Арктики. В исследовании рассматривается современное состояние и перспективы их развития на рынке сервисных услуг, методы и формы взаимодействия холдинговых и сервисных структур, эффективность их совместной работы в системе управления промышленными корпорациями, а также принципы и методы формирования дохода.

Авторы детально исследуют инвестиционную политику в нефтегазовой отрасли и приводят основные принципы ее эффективности. Отмечена важность структурного подхода к кадровым вопросам: существующая региональная система подготовки руководителей



и специалистов не в полной мере обеспечивает тот уровень знаний, умений и навыков, которые позволяют осуществлять эффективное руководство.

Исследование особенностей организации логистики, в том числе и для обеспечения военной безопасности Арктики, рассматривается в главе «Развитие логистической подсистемы региональной инфраструктуры».

Монография представляет интерес для широкого круга научных работников, преподавателей и студентов, а также может быть полезна представителям власти и бизнеса, специалистам в области экономики промышленности, природопользования, логистики и транспорта.



## ЧЕЛОВЕК СЕВЕРА: ЕГО ЗДОРОВЬЕ, МИНЕРАЛЬНЫЙ БАЛАНС И ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ВАЖНЫЕ ВЫВОДЫ МЕДИКОВ И БИОЛОГОВ

Весной в Кольском научном центре прошел круглый стол «Развитие медико-биологических технологий Северо-Западного региона». Казалось бы, зачем науке, ориентированной в основном на развитие промышленного комплекса, «сотрудничать» с медициной на Крайнем Севере? И каковы задачи медицины в контексте основной цели края – роста и бесперебойной работы горнопромышленного комплекса?

Некоторые ответы можно найти в книге, которая в конце 2020 г. вышла в издательстве Кольского научного центра. Подготовили эту работу кандидат медицинских наук Александр Никанов, доктор биологических наук Владимир Дорофеев, директор НИЦ МБП КНЦ РАН, кандидат медицинских наук Владимир Мегорский и советник руководителя ФИЦ КНЦ РАН, член-корреспондент РАН Владимир Жиров.

Книга носит название «Экологические аспекты накопления минеральных элементов в организме населения, проживающего в районах интенсивной промышленной деятельности в европейской части Арктической зоны России». Таким образом, данные, приведенные здесь, относятся практически к каждому из нас. Авторы обобщили результаты многолетних исследований оценки концентраций химических элементов в организме человека, проживающего в Мурманской области. Основное внимание уделили характеру накопления, а также методам коррекции минерального обмена у детей и взрослых.

Даже из фантастических фильмов и научно-популярной литературы известно, что проживание в зонах техногенного загрязнения меняет людей, ведь человеческий организм реагирует на концентрацию тяжелых металлов. Сегодня не вызывает сомнений, что в высоких широтах люди намного более восприимчивы к токсическим агентам, чем в средних и южных. Вызывает большие опасения низкий уровень здоровья детей, проживающих в райо-

нах интенсивной промышленной деятельности Крайнего Севера. Поэтому важно углубленно изучить влияние интенсивной промышленной деятельности на взрослых и детей и разработать методику коррекции нарушений с учетом геохимических особенностей региона.

На здоровье человека влияет само проживание в Кольском Заполярье: низкие температуры воздуха зимой, частые перепады атмосферного давления и геомагнитные бури, резкие колебания индекса магнитной напряженности Земли, короткий световой день зимой и длинный летом, а также ежегодный активный смыв в водоемы химических веществ в период таяния снегов. Большое значение имеет характерный ветровой режим с развитием частых, сильных и порывистых ветров различных направлений. Скорость ветра для медицинской климатологии наиболее важна, так как движение воздуха усиливает охлаждение организма. Высокий уровень относительной влажности воздуха (более 75%) при низких температурах снижает устойчивость организма.

Зимой над окружающими города предгорьями образуются инверсии, способствующие концентрации атмосферных загрязнений в приземном слое атмосферы. Частота низких инверсий на Кольском полуострове в районах Никеля, Заполярного, Мончегорска достигает 90% всех дней наиболее холодного периода. В итоге зимой на территориях, прилегающих к действующим металлургическим предприятиям, существенно увеличивается содержание вредных веществ в воздухе.

При этом результаты наблюдений говорят все же о довольно низком среднегодовом уровне загрязнения атмосферы городов Мурманской области благодаря активным циклонам и сильным ветрам. Повышение концентрации загрязняющих веществ отмечается обычно только при штиле и длительном ветре со стороны комбинатов. Анализ питьевой воды показал наличие в ней широкого спектра метал-

лов, количество которых не зависит от сезона. Значительным отличием химического состава питьевой воды Мончегорска от других регионов являются относительно высокие концентрации меди, никеля, кобальта и железа. Концентрации никеля в воде Мончегорска выше по сравнению с водой Кировска в 44.3 раза, Санкт-Петербурга — в 47.7 раза, Белгорода — в 51.7 раза; меди соответственно в 80.3, 55.2 и 27.6 раза, железа — в 1.6, 2.6 и 2.8 раза. Однако содержание этих металлов в питьевой воде Мончегорска ниже ПДК.

Для понимания демографической обстановки ученые исследовали данные по городам и районам, образованным для горнодобывающего, обогащительного и перерабатывающего производства, с 1989 по 2015 гг. На начало 2016 г. на изучаемых территориях проживало 229.1 тысячи человек — 30% населения области. По сравнению с 1989-м численность населения Мурманской области сократилась на 33.5%, конкретно в Апатитах — на 36.2%. С 1989 по 2015 гг. население Мурманской области резко постарело: доля лиц 60 лет и старше в общей структуре выросла в 2.4 раза и составила 16.4%. В городах горноперерабатывающего комплекса этот показатель увеличился в 2.9 раза. Родилось в те же годы на этих территориях на 56% меньше (темп снижения в среднем по Мурманской области — на 38.5%, по России — 10.2%).

На территориях горнодобывающих городов смертность преобладает над рождаемостью с 1993 г. Еще одна причина сокращения численности — миграция, и тут 40.2% — те, кто окончил школу и уезжает учиться.

На фоне меняющейся демографической ситуации в Мурманской области происходят значительные изменения в состоянии здоровья населения. Сохранять его мешают экстремальные климатогеографические условия высоких широт, которые делают организм человека более чувствительным к социальным и экономическим коллизиям. Своеобразие геохимического состава почв и вод также не может не влиять на человека. Приезжим трудно адаптироваться к северным условиям, а отъ-



ЦЕНТР МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА В АРКТИКЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА  
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»



езды в длительные отпуска заставляют северян переадаптироваться ежегодно.

Непродуманность социально-экономических преобразований в северных регионах привела к значительному росту заболеваемости и смертности, связанных, прежде всего, с увеличением стрессовых воздействий на население. Хронические заболевания у пришлого населения Заполярья возникают на 8–10 лет раньше, отмечается преждевременное старение, а продолжительность жизни сокращается на 10–15 лет. Более того, после проживания на Севере более 15–20 лет пришлое население приобретает негативные качества здоровья, которые сужают адаптивные свойства организма и в ряде случаев не позволяют безболезненно переехать обратно в более комфортабельные регионы. Заболеваемость детей Мурманской области примерно на 40% выше, чем по России в целом.

Важный раздел работы посвящен биогеохимии. От элементного состава среды обитания зависит вся жизнь организмов, размножение,

рост и развитие, а нарушение баланса вызывает тяжелые патологоанатомические изменения. Антропогенное загрязнение серьезно усиливает агрессивность внешней среды.

Сегодня человечество оказалось заложником им же созданной биологической системы, которая в свою очередь отрицательно влияет на него же. Ежегодная эмиссия в атмосферу диоксида серы, окиси азота, твердых веществ, летучих органических соединений в России — более 50 млн т (около 300 кг на одного жителя). В воздух попадают свинец, мышьяк, сурьма, ванадий, марганец, хром, никель, фтор, цинк — от десятков до тысяч тонн ежегодно. Загрязнения распространяются на большие расстояния в концентрациях, значительно превышающих ПДК, затем частично оседают на почву и воду. Некоторые индустриальные города сегодня представляют собой экстремальные зоны обитания.

Экологическая ситуация в городах обостряется также из-за автотранспорта. По официальной статистике, только 15% городского населения России проживает на территориях с загрязнением атмосферы, не превышающем гигиенические нормативы, в 84 городах и промышленных центрах регистрируются загрязнения выше 10 ПДК.

Авторы книги дают некоторые разъяснения относительно содержания разнообразных химических элементов, поступающих в организм северян и накапливающихся в нем, разъясняют взаимосвязь этого процесса с состоянием здоровья.

Обычно высокое число болезней органов дыхания у детей Мончегорска связывают с высоким содержанием диоксида серы в выбросах предприятий. Однако в последние годы появились сведения о неблагоприятном воздействии даже относительно небольших концентраций тяжелых металлов на систему иммунитета. При обследовании группы детей, часто болеющих простудными заболеваниями без клинических признаков органических изменений в органах дыхания, оказалось, что особенностью минерального состава их волос является повышенный уровень накопления пяти малотоксичных металлов: бария,

никеля, сурьмы, стронция и титана. Выявленные концентрации этих элементов вряд ли токсичны для организма ребенка. Тут речь может идти или о тонком влиянии на регуляцию иммунитета, или о более высоком уровне накопления этих элементов на фоне частых простудных заболеваний.

В связи с экстремальными климатическими условиями жители Севера более нуждаются в железе, поэтому среди них распространены железодефицитные состояния. Низкая минерализация воды признана важным фактором риска развития атеросклероза.

Важны для человека кальций и магний. Для их усвоения необходим витамин D. Недостаток витамина D и дефицит кальция и магния в воде и пище приводят к развитию многих заболеваний. В волосах детей, по сравнению со взрослыми, содержится больше алюминия. Не установлена прямая зависимость его содержания в организме от концентрации в воде и пище, однако на этот процесс активно влияет дефицит витамина D.

Дефицит меди в организме человека является гораздо большей проблемой, чем избыток этого элемента, особенно в Северо-Западном регионе. При дефиците меди развиваются изменения в соединительной и костной тканях, нарушения со стороны центральной нервной системы. Предполагается связь избытка молибдена — физиологического антагониста меди — в пище с развитием подагры.

Никель может поступать в организм через желудочно-кишечный тракт, легкие и кожу. При повышении его концентрации нарушаются функции ряда органов и систем. Известно и его канцерогенное действие. Вблизи предприятий по переработке никеля этот металл является одним из важнейших загрязнителей окружающей среды, при этом выбросы в атмосферу постоянно возрастают. Имеются данные о повышении содержания никеля в организме детей, проживающих в зонах техногенного загрязнения этим элементом.

На сегодня свинец является приоритетным загрязнителем окружающей среды: его промышленные и транспортные выбросы превышают 4 млн т в год, а высокие кумулятивные

свойства делают его особенно опасным. Наиболее чувствительны к воздействию свинца дети. При хронической свинцовой интоксикации поражается нервная, сердечно-сосудистая и другие важные системы.

Избыток кремния в питьевой воде вызывает уролитиаз, а высокое его содержание во вдыхаемой пыли приводит к развитию силикоза. В некоторых районах, где вода и растения богаты стронцием, у человека может развиваться стронциевый рахит и другие нарушения минерального обмена. А дефицит цинка характеризуется задержкой роста, репродуктивными и обменными нарушениями у человека.

Таким образом, на жителей Крайнего Севера одновременно действуют несколько разнонаправленных процессов: техногенное загрязнение окружающей среды производственными выбросами, автотранспортом и бытовыми отходами; характерная для северян «блокада» усвоения микроэлементов, а также региональный дефицит основных витаминов и минеральных веществ.

Выявленные нарушения минерального обмена в связи с дефицитом или избытком тех или иных элементов стимулировали поиск различных методов их коррекции: минеральных вод определенного состава, специальных диет, пищевых добавок, содержащих сорбенты или минералы, лекарственных препаратов и витаминно-минеральных ком-

плексов. Однако сорбенты могут способствовать выведению не только токсичных металлов, но и жизненно важных биоэлементов, что для жителей Севера представляется вполне реальным с учетом особенностей минерального обмена.

Чтобы выявить все закономерности, детям предложили месячный курс приема морской капусты совместно с напитком «Альгапект» (на основе яблочного пектина). В результате содержание свинца, кадмия и стронция в крови снизилось без потери жизненно важных биоэлементов. Оценили также эффективность применения лечебно-профилактического киселя «Леовит» и биологически активной добавки «Зостерин-Ультра-60» при работах во вредных условиях труда на предприятиях цветной металлургии Кольского Заполярья. Полученные результаты показали, что по отношению к токсичным ионам металлов оба напитка проявляют схожие по своей эффективности детоксикационные свойства.

В работе «Экологические аспекты накопления минеральных элементов в организме населения...» можно не только найти ответы на вопрос, как жизнь в сложных условиях влияет на наше здоровье, но и почерпнуть информацию о том, как это самое здоровье укрепить. Книга будет полезна для экологов, биологов, медицинских работников, а также для студентов колледжей и вузов.

# 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 КНЦ РАН, 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, принципиально важных событиях его истории, памяти выдающихся ученых региона, внесших неоценимый вклад в развитие российской науки.

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

Материалы для опубликования в журнале «Вестник Кольского научного центра РАН» необходимо направлять по адресу [vestnik2@ksc.ru](mailto:vestnik2@ksc.ru).

Полный архив номеров: [rio.ksc.ru/zhurnaly/vestnik](http://rio.ksc.ru/zhurnaly/vestnik). Страница журнала: [ksc.ru/issledovaniya/zhurnaly/vestnik](http://ksc.ru/issledovaniya/zhurnaly/vestnik).

## Структура статьи

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

- **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 (в т.ч. неразрывный пробел в инициалах). 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 его 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.

Формат рисунка должен обеспечивать четкость передачи всех деталей. Обозначения кривых и на осях графиков должны быть набраны достаточно крупным шрифтом.

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 300dpi.

Все формулы должны быть созданы с использованием компонента Microsoft Equation или в виде чётких 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 цитируются несколько работ, то они перечисляются в хронологическом порядке, например: [Костылева, Бонштедт, 1921; Цинзерлинг, 1932; Макаров и др., 2018] – последнее в случае трех и более авторов, либо указывают инициалы и фамилии авторов без скобок, а год издания –

в квадратных скобках, например, А. Е. Ферсман [1968] указывал...

## Список литературы

Все упомянутые в тексте работы должны быть приведены в конце рукописи в алфавитном порядке, русскоязычные источники перед источниками на иностранных языках. Надлежит использовать общепринятые сокращения названий журналов. Указываются все авторы цитируемой публикации, независимо от их количества.

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

В список литературы не включаются неопубликованные работы и учебники.

Сначала приводится список работ на русском языке и на языках с близким алфавитом (украинский, болгарский и др.), а затем – работы на языках с латинским алфавитом. В списке литературы между инициалами не ставится пробел.

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 приводится ответственный редактор (редакторы).

### 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 издания, место издания (для журнала не приводится), том, номер (для журнала), страницы от–до (т.е. первая и последняя страницы публикации).

**Примеры:**

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

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

Макаров Д.В., Маслобоев В.А., Кошкина Л.Б., Сулименко Л.П., Светлов А.В., Мингалева Т.А., Денисова Ю.Л., Красавцева Е.А. Исследования по обоснованию снижения экологической опасности отходов горнопромышленного комплекса: основные результаты и перспективы научного направления // Тр. Кольского НЦ РАН. Прикладная экология Севера. Вып. 6. 2018. №4. Т. 1. 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.-практ. 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](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. х.... наук (д-ра х.... наук), т.е. конструкция «на соискание ученой степени» заменяется многоточием с указанием степени и области научного знания, затем город, год и число страниц: «автореф. дис. ... канд. хим. наук».

**В ссылке на диссертацию после двоеточия:** дис. ... д-ра х... наук, 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. ... докт. хим. наук. Петрозаводск, 2006. 481 с.

**Ссылки на патенты:** Патент РФ № 2000130511/28. 04.12.2000.

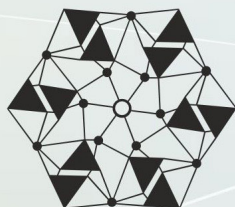
Еськов Д. Н., Серегин А. Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745. 1998. Бюл. № 33.

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

