

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



- НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ СТАТЬИ
- НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ, СОБЫТИЯ, ХРОНИКА
- ЮБИЛЕИ И ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫЕ ДАТЫ
- ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА.
ИНТЕРВЬЮ С УЧЕНЫМИ
- ПАМЯТИ УШЕДШИХ
- РЕЦЕНЗИИ, БИБЛИОГРАФИЯ

ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

3/2020



3/2020 (12)

издается с декабря 2009 года

ISSN 2307-5228

Российская Академия Наук

ВЕЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

Научно-информационный журнал

Основан в 2009 году

Выходит 4 раза в год

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

Главный редактор, председатель Редакционного совета
С. В. КРИВОВИЧЕВ, чл.-корр. РАН, д. г.-м. н., проф.

Заместитель главного редактора В. К. ЖИРОВ, чл.-корр. РАН
Ответственный секретарь А. С. КАРПОВ, к. т. н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

В. А. МАСЛОБОВЕВ, д. т. н., руководитель редколлегии
Н. К. БЕЛИШЕВА, д. б. н.
Е. А. БОРОВИЧЕВ; к. б. н.
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.
А. Г. ОЛЕЙНИК, д. т. н.
Т. В. РУНДКВИСТ, к. г.-м. н.
С. В. ФЕДОСЕЕВ, д. э. н.

Печатается по решению Ученого совета ФИЦ КНЦ РАН

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

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

Тел.: 8-81555-79-380

E-mail: v.bondarenko@ksc.ru

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Б. В. ЕФИМОВ, д. т. н., проф., заслуженный энергетик РФ
Б. В. КОЗЛОВ, д. ф.-м. н.
Н. Е. КОЗЛОВ, д. г.-м. н., проф.
С. А. КУЗНЕЦОВ, д. х. н. заслуженный металлург РФ
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.
А. И. НИКОЛАЕВ, чл.-корр. РАН, д. х. н., проф.,
заслуженный деятель науки РФ
В. А. ПУТИЛОВ, д. т. н., проф.; заслуженный деятель науки РФ
И. А. РАЗУМОВА, д. и. н., проф.

Научное издание

Ответственные редакторы

Е. А. Боровичев, Н. Е. Королева
Редактор С. А. Шарам
Технический редактор В. Ю. Жиганов

Подписано к печати 25.08.2020

Формат бумаги 60×84 1/8

Усл. печ. л. 9.42. Заказ № 64. Тираж 300 экз.

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

Междисциплинарный журнал, включен в систему Российского индекса научного цитирования

С правилами для авторов, редакционной политикой журнала, а также с архивом выпущенных номеров можно ознакомиться на сайте журнала по адресу: <http://www.naukaprint.ru/zhurnaly/vestnik/>

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ СТАТЬИ

<i>Домонов Д. П., Печенюк С. И.</i> Термическое разложение двойных комплексных соединений 3d-металлов	5
<i>Маслова М. В., Мудрук Н. В.</i> Отходы чистят отходы	15
<i>Светлов А. В., Красавцева Е. А., Горячев А. А., Поторочин Е. О.</i> Проблема переработки бедных руд и техногенных отходов, снижение негативного влияния на окружающую среду от деятельности предприятий горнопромышленного комплекса	21
<i>Казакова К. С.</i> «Стипендию имени Пушкина назначить...»: качество жизни и материальное обеспечение студента XIX века	34
<i>Ильин Г. С.</i> Заброшенные рудники Хибин	44

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ, СОБЫТИЯ, ХРОНИКА

<i>Боровичёв Е. А., Королева Н. Е., Стогова Я. А., Данилин К. П., Чернова Н. Ю.</i> Научно-популярные лектории на карантине	48
--	----

ЮБИЛЕИ И ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫЕ ДАТЫ

К юбилею Надежды Алексеевны Константиновой	52
--	----

ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА. ИНТЕРВЬЮ С УЧЕНЫМИ

<i>Бодрова О. А., Стогова Я. А.</i> Летопись Кольского научного центра. 2013 год	55
<i>Чернова Н. Ю.</i> Проект исследования микрочастиц задействовал ученых из разных отраслей науки и медицины. Разговор с Владимиром Маслобоевым	66
<i>Чернова Н. Ю.</i> О самом редком и самом ценном, или Дело для Шерлока Холмса. Беседа с Евгением Козловым	70

ПАМЯТИ УШЕДШИХ

Памяти Владимира Яковлевича Евзерова (30.09.1935—19.06.2020)	73
--	----

РЕЦЕНЗИИ, БИБЛИОГРАФИЯ

<i>Давыдов Д. А., Давыдова А. С.</i> Рецензия на книгу «Природа и коренное население Арктики под влиянием изменения климата и индустриального освоения: Мурманская область». Москва, 2020. 180 с.	75
«Кольское застолье»: о питании на Севере и традициях северян	81

3/2020 (12)

Published since December 2009

ISSN 2307-5228

Russian Academy of Sciences
HERALD
of the Kola Science Centre of RAS

Publisher — Federal State Budgetary Science Institution Federal Research Centre “Kola Science Centre of RAS”

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
V. K. ZHIROV, Corr. Member of RAS

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

EDITORIAL BOARD

V. A. MASLOBOEV, Dr. Sci. (Eng.), Head of the Editorial Board
N. K. BELISHEVA, Dr. Sci. (Bio)
E. A. BOROVICHEV, PhD (Bio)
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)
A. G. OLEJNIK, Dr. Sci. (Eng.)
T. V. RUNDKVIST, PhD (Geol. & Mineral.)
S. V. FEDOSEEV, Dr. Sci. (Econ.)

EDITORIAL COUNCIL

B. V. EFIMOV, Dr. Sci. (Eng.),
Honoured Power Engineer of the RF, Prof.
B. V. KOZELOV, Dr. Sci. (Phys. & Math.)
N. E. KOZLOV, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Prof.
S. A. KUZNETZOV, Dr. Sci. (Chem.), Honoured
Metallurgist of the RF
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.
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.

Scientific Publication

Editors E. A. Borovichev, N. E. Koroleva
Editor S. Sharam
Technical Editor V. Yu. Zhiganov

The journal has been included in the Russian Science Citation Index (RISC) since 2009

Published by decision of the Academic Council of FRC KSC RAS

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:
<http://www.naukaprint.ru/zhurnaly/vestnik/>

184209, Fersman str., 14, Apatity, Murmansk Oblast.
Tel.: 8-81555-79-380
E-mail: v.bondarenko@ksc.ru

© Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Centre “Kola Science Centre of RAS”, 2020

CONTENTS

POPULAR SCIENCE ARTICLES

<i>Domonov D. P., Pechenyuk S. I.</i> Thermal decomposition of double complex compounds of 3D metals	5
<i>Maslova M. V., Mudruk N. V.</i> Waste purifying waste	15
<i>Svetlov A. V., Krasavtseva E. A., Goryachev A. A., Potorochin E. O.</i> The challenge in mineral processing for low-grade ores and man-made waste: how to reduce the negative environmental impact from the mining industry?	21
<i>Kazakova K. S.</i> “To establish a scholarship named after Pushkin...”: quality of life and material support of students in the 19 th century	34
<i>Ilyin G. S.</i> Abandoned mines in Khibiny Mts.	44

SCIENCE CONFERENCES, EVENTS, CHRONICLE

<i>Borovich E. A., Koroleva N. E., Stogova Ya. A., Danilin K. P., Chernova N. Yu.</i> Popular science lectures in quarantine	48
---	----

ANNIVERSARIES AND SIGNIFICANT DATES

To the anniversary of Nadezhda Alekseyevna Konstantinova	52
--	----

LIFE OF KOLA SCIENCE CENTER, INTERVIEW WITH SCIENTISTS

<i>Bodrova O. A., Stogova Y. A.</i> Annals of the Kola Science Center. Year 2013	55
<i>Chernova N. Yu.</i> Research project of microparticles study involved scientists from various branches of science and medicine. Conversation with Vladimir Masloboev	66
<i>Chernova N. Yu.</i> About the rarest and most valuable things, or the Case for Sherlock Holmes. Conversation with Evgeny Kozlov	70

IN MEMORY OF THOSE WHO HAVE PASSED

In memory of Vladimir Yakovlevich Evzerov	73
---	----

SURVEY. BIBLIOGRAPHY

<i>Davydov D. A., Davydova A. S.</i> Review of the book “The nature and indigenous inhabitants of the Arctic under the influence of climate change and industrial development: Murmansk Region”. Moscow, 2020. 180 p.	75
“Kola Feast”: about northern cuisine and food traditions	81

DOI:10.37614/2307-5228.2020.12.3.001

УДК 546

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ДВОЙНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ 3d-МЕТАЛЛОВ

Д. П. Домонов, С. И. Печенюк

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И. В. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты

Аннотация

Работа посвящена исследованию термоллиза двойных комплексных соединений (ДКС) металлов I переходного ряда. Было синтезировано и охарактеризовано 30 ДКС с различными сочетаниями металлов — центральных атомов (Co-Fe, Cu-Fe, Ni-Fe, Cr-Fe, Cr-Co) и лигандов (аммиак, мочеви́на (ur), этилендиамин (en), 1,3-диаминопропан (tn), цианид-, оксалат- и нитрит-анионы). Проведено полное исследование термических свойств указанных ДКС в трех видах атмосферы: окислительной (воздух), инертной (Ar, N₂, отчасти He) и восстановительной (H₂) — в области температур 20–1000 °C при постоянной скорости нагрева 10 °C/мин. Изучены твердые и газообразные продукты термоллиза. В воздухе твердые продукты термоллиза представляют собой смеси оксидов центральных ионов (ц. и.) или смешанные оксиды типа M^IM^{II}2O₄. Основными газообразными продуктами термоллиза являются в области температур ниже 300 °C — NH₃, HNCO (для мочеви́нных ДКС) и HCN (для цианокомплексов), а выше 300 °C — CO₂. Кроме того, в газовой фазе присутствуют неразложившиеся лиганды, CO, оксиды азота и, вероятно, азот. Термоллиз изученных ДКС происходит наиболее сложным образом в инертных атмосферах. Твердые продукты термоллиза представляют собой гетерогенные смеси металлов (Cu, Fe), твердых растворов Co_xFe_{1-x}, интерметаллидов Ni₃Fe, оксидов, карбидов и нитридов ц. и. и аморфного углерода; содержание последнего достигает 58 % от исходного содержания в комплексе. В число газообразных продуктов термоллиза входят те же соединения, кроме CO₂, что и в атмосфере воздуха, но и иных соотношениях. В атмосфере H₂ все изученные ДКС, кроме Cr-содержащих, восстанавливаются до суммы ц. и. — Cu+Fe или твердые растворы Co-Fe и Ni-Fe, практически не содержащие углерода. Газообразные продукты те же, что и в инертной атмосфере, но повышенный выход NH₃ и пониженный выход CO₂ и/или HCN говорят в пользу частичного гидрирования лигандов до углеводородов. Обзорное изучение каталитических свойств твердых продуктов термоллиза ДКС (~170 образцов) показало, что около 1/3 их активны в модельных реакциях (каталитическое разложение пероксида водорода, термическое разложение перхлората аммония).

Ключевые слова:

двойные комплексные соединения, металлы, термоллиз, водород, аргон, воздух.

THERMAL DECOMPOSITION OF DOUBLE COMPLEX COMPOUNDS OF 3d METALS

Denis P. Domonov, S. I. Pechenyuk

I. V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity

Abstract

The paper is devoted to the study of thermolysis of double complex compounds (DCC) of metals in the I transition series. 30 DCC with various combinations of metal-central atoms (Co-Fe, Cu-Fe, Ni-Fe, Cr-Fe, Cr-Co,) and ligands (ammonia, urea (ur), ethylenediamine (en), 1,3-diaminopropane (tn), cyanide, oxalate and nitrite anions) were synthesized and characterized. A complete study of the thermal properties of these DCCs in three atmospheres was carried out: oxidizing (air), inert (Ar, N₂, partly He) and reducing (H₂), in the temperature range of 20–1000 °C and at constant heating rate of 10 °C/min. The solid and gaseous thermolysis products were studied. In the air solid thermolysis products are represented by mixtures of central ions oxides or mixed oxides of the M^IM^{II}2O₄ type. The main gaseous products

of thermolysis under the temperature below 300°C include NH₃, H₂CO (for urea DCC) and HCN (for cyanocomplexes), and above 300 °C — CO₂. In addition, undecomposed ligands, CO, nitrogen oxides and probably nitrogen are presented in the gas phase. Thermolysis of the studied DCC goes in the most complex way in inert atmospheres. Solid thermolysis products are heterogeneous mixtures of metals (Cu, Fe), solid solutions of Co_xFe_{1-x}, Ni₃Fe intermetallic compounds, oxides, carbides and nitrides of central ions and amorphous carbon; the content of the latter reaches 58 % of the initial content in the complex. The gaseous products of thermolysis include the same compounds, except for CO₂, as in the atmosphere of air, but also in different ratios. In an H₂ atmosphere, all studied DCCs, except Cr-containing ones, are reduced to the sum of central ions — Cu + Fe or solid solutions Co-Fe and Ni-Fe, practically free of carbon. Gaseous products are the same as in an inert atmosphere, but an increased yield of NH₃ and a reduced yield of CO₂ and/or HCN speak in favor of partial hydrogenation of the ligands to hydrocarbons. A review of the catalytic properties of solid products of DCC thermolysis (~ 170 samples) showed that about 1/3 of them are active in model reactions (catalytic decomposition of hydrogen peroxide, thermal decomposition of ammonium perchlorate).

Keywords:

double complex compounds, metals, thermolysis, hydrogen, argon, air.

Введение

Получение различных функциональных материалов является интенсивно развивающейся областью современной химии. В качестве одного из перспективных способов получения полиметаллических систем можно рассматривать термическое разложение двойных комплексных соединений (ДКС), то есть соединений, состоящих из комплексного катиона и комплексного аниона, где центральными атомами являются разные металлы [Korenev et al., 2003]. Интерес к этому вызван тем, что некоторые материалы не могут быть получены иными методами, это, например, ряд метастабильных биметаллических систем или металл-углеродных композиций [Asanova et al., 2013; Gubanov et al., 2013]. Термолиз, в общем, представляет собой твердофазный сложный процесс, включающий окислительно-восстановительные реакции и реакции замещения в объеме твердой фазы и на границах раздела твердых фаз, образование новых твердых фаз и границ раздела с формированием пористой структуры, кристаллизацию и элиминирование газов из твердой фазы. Поскольку мы хотим направлять ход процесса на получение определенных продуктов, то сложность процесса заставляет принимать во внимание многие факторы. Во-первых, природе центральных ионов (ц. и.) и лигандов, определяющую термодинамическую устойчивость комплекса. Как количественные характеристики здесь могли бы быть приняты энтальпии образования соединений и термодинамические константы устойчивости комплексов. Во-вторых, поскольку реакции замещения

участвуют в общем процессе, необходимо было бы учитывать кинетические характеристики (константы скорости реакций замещения) исходных и промежуточных продуктов. В-третьих, так как образование новых твердых фаз и удаление газообразных продуктов термолиза сопряжены с диффузией атомов внутри твердой фазы и через границы раздела, то значение имеет кристаллическая структура исходного и промежуточных продуктов. Важную роль играет природа газовой атмосферы, в которой производится термолиз. Ниже будет показано, что от этого зависит механизм термолиза и природа продуктов. Отсюда видно, во-первых, насколько сложна задача направленного термического синтеза функциональных материалов и, во-вторых, что наши возможности по учету всех действующих факторов очень ограничены ввиду отсутствия необходимой информации в отношении как самих ДКС, так и комплексов предшественников.

Известны многочисленные работы, посвященные термолизу ДКС, содержащих только платиновые металлы, а также платиновые металлы в сочетании с некоторыми благородными металлами (Ni, Co, Fe, Cr, Zn, Cd, Re) [Большакова и др., 1992; Мартынова и др., 2007; Плюснин и др., 2008; Шубин, Корнев, 2002; Шубин и др., 2002; Шубочкин и др., 1989; Юсенко и др., 2002; 2007]. В этих работах в качестве лигандов обычно используются аммиак и хлорид-ион в составе комплексного катиона и аниона соответственно. Твердые продукты, если речь идет о ДКС, содержащих исключи-

тельно БМ, представляют собой твердые растворы или смеси свободных металлов, причем характер состав атмосферы, в которой протекает термолиз, очень мало влияет на этот состав. Аналогичные работы для ДКС только благородных металлов малочисленны и носят несистематический характер. В них авторы обычно исследуют термолиз отдельно взятого комплекса в какой-то одной атмосфере.

Цель работы — систематическое исследование процессов и продуктов термического разложения двойных комплексных соединений 3d-металлов в зависимости от природы лигандов и атмосферы (воздух, водород и аргон), а также испытание их активности в модельных каталитических реакциях для поиска областей применения твердых продуктов термолиза.

Материалы и методы

Было синтезировано 30 ДКС с различными сочетаниями металлов I переходного ряда с общей формулой $[M1A_6] \cdot [M2L_6]y$, где M1 — Co, Cu, Ni, Cr; M2 — Co, Fe, Cr, Cu, Mn; A — NH_3 , $CO(NH_2)_2$ (ur-мочевина), $1/2en$ (этилендиамин), $1/2tn$ (1,3-диаминопропан); L — CN^- , NCS^- , $1/2C_2O_4^{2-}$, NO_2^- , $1/3C_7H_4O_3^-$ (салицилат). Их состав и строение были подтверждены физико-химическими методами анализа: элементный анализ, РДА, ИК-спектроскопия, пикнометрия, термический анализ, РСА, кристаллооптический анализ.

Сначала все полученные соединения подвергали термическому анализу в атмосфере воздуха, аргона/азота и некоторые из них в водородно-гелиевой смеси с получением кривых ТГ, ДТГ и ДСК при скоростях нагрева 5 и 10 °С/мин. На основе данных термического анализа проводили масштабные изотермические эксперименты при температурах, соответствующих характерным точкам ТГ-ДТГ, в различных атмосферах с изучением твердых и газообразных продуктов термолиза. Используемые аппаратура и методы анализа описаны в работах [Домонов и др., 2014; Домонов, Печенюк, 2016; Печенюк и др., 2012а, б; Pechenyuk et al., 2007, 2010, 2012, 2015, 2017 а, б; Domonov et al., 2007, 2019, 2020 а, б; Pechenyuk, Domonov, 2011].

Результаты и их обсуждение

Большая часть исследуемых ДКС является соединениями островной структуры (рис. 1): комплексные катионы и анионы в известном порядке занимают чередующиеся позиции в кристаллической решетке, не будучи связаны между собой ничем, кроме электростатических сил и слабых ван-дер-ваальсовых взаимодействий. В этом случае мы имеем дело с практически неискаженными координационными полиэдрами. При соотношениях ц. и., равных 3:2 или 4:3, в островной структуре ДКС существуют туннели, заполненные молекулами кристаллизационной воды. Некоторая часть соединений, содержащих tn или биметаллические анионы $[FeMn(CN)_6]$, имеют более сложную структуру. Рассматривая кривые термического анализа изученных ДКС применительно к кристаллической структуре, находим, что принадлежность ДКС к той или иной сингонии в общем мало влияет на вид кривой термического анализа. Отличия заключаются в числе стадий разложения, количестве и величине тепловых эффектов, температурном интервале их существования.

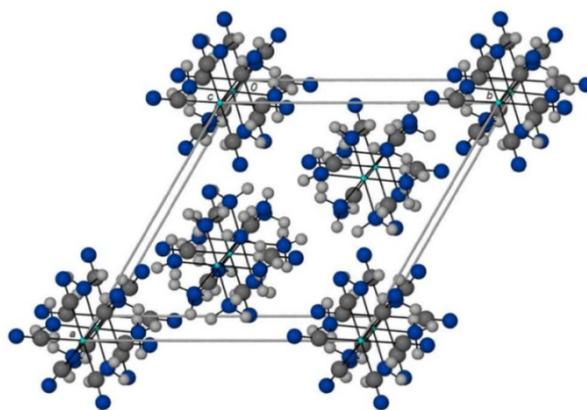


Рис. 1. Структура ДКС $[Co(NH_3)_6][Fe(CN)_6]$. Синий — N, темно-серый — C, светло-серый — Fe

Мы убедились, что существуют две основные причины, вызывающие ярко выраженное различие в термическом поведении ДКС: во-первых, природа ц. и. и лигандов как в катионной, так и анионной части ДКС; во-вторых, природа газовой атмосферы, в которой проводится термолиз. Второй фактор является не менее важным, чем первый.

Использование ИК- и МС-спектроскопии позволило качественно определить природу

выделяющихся газообразных продуктов термолитиза. Количественно это можно оценить лишь приблизительно из-за различий в коэффициентах полос поглощения. Основными газообразными продуктами термолитиза оказались H_2O , NH_3 , CO , CO_2 , HCN , H_2S , en , tn , ur (т. е. собственно лиганды в количестве 10–20 % от числа координированных групп), азот, углеводороды и продукты деструкции лигандов, некоторые из которых удалось идентифицировать: ($HNCO$, NH_3). Общий порядок выделения газообразных продуктов: сначала выделяется вода, потом координированный NH_3 , далее выделяются амины и мочевины (частично в исходном виде, а частично в виде продуктов их деструкции) и одновременно частично окислы углерода и в последнюю очередь — продукты деструкции цианида и роданида.

Следует отметить общие черты в поведении при термическом разложении ДКС на воздухе

(рис. 2). Так как большая часть изученных ДКС содержит в своем составе кристаллизационную воду, а их катионы — координированные аммиак и амины, то, как правило, на кривых ДТА наблюдался сначала эндозффект в области около 200 °С, который и связан с отщеплением воды, аммиака и некоторой части координированных в составе катиона лигандов (ur , en , tn). Наблюдается широкий экзотермический эффект в интервале 300–450 °С, связанный с окислением (сгоранием) углеродных компонентов ДКС до CO и CO_2 . Параллельно с разрушением катиона в случае цианокомплексов еще до начала окисления выделяется некоторое количество HCN . Процесс термического разложения практически полностью заканчивается при температуре до 500 °С, и кривая ТГ выходит на плато.

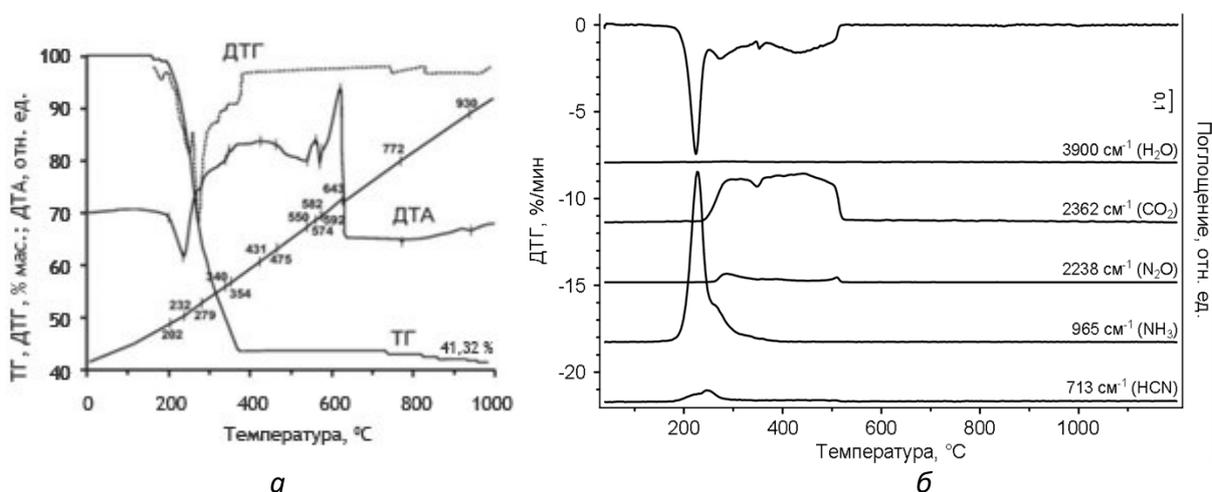


Рис. 2. Кривые термического анализа (а) и изменение интенсивности полос в ИК-спектрах продуктов (б), выделяющихся из ДКС $[Co(NH_3)_6][Fe(CN)_6]$ в атмосфере воздуха

При термолитизе на воздухе твердыми продуктами являлись простые или смешанные оксиды ц. и. При наличии в комплексе серосодержащего лиганда SCN^- образовывались также сульфиды (в небольших количествах при 350 °С) и сульфаты ц. и. В области температур 200–350 °С твердые остатки рентгеноаморфны. В случае медьсодержащих ДКС образуется металлическая Cu .

Таким образом, разложение ДКС на воздухе сводится к отщеплению части лигандов из катиона, выделению части лигандов из аниона и окислению всей оставшейся части лигандов до

CO , CO_2 , N_2O , N_2 и оксидов ц. и. Молекулярный азот не обнаруживается использованными методами, но составление материального баланса по продуктам показывает, что он должен быть в числе продуктов.

Термический анализ в атмосфере водорода показал, что сначала, как и в атмосфере воздуха, отщепляются вода и координированные лиганды из катиона, однако в области высоких температур происходит полное или частичное гидрирование лигандов из аниона (табл.): цианид превращается в аммиак и углеводороды (УВ), преимущественно метан, тиоцианат — в

аммиак, сероводород и УВ, а оксалат — частично в УВ и частично — в $\text{CO}+\text{CO}_2$. Координированный аммиак отщепляется в неизменном виде. В большинстве случаев суммарное

содержание углеводородов, отличных от метана, не превышает 15 % от содержания последнего. Повышение температуры термолитического разложения способствует повышению относительного выхода метана.

Таблица

Состав газообразных углеводородных продуктов термолитического разложения ДКС в атмосфере водорода при температуре 350 °С

ДКС/DCC	Продукты термолитического разложения (метан:алканы:алкены) Thermolysis products (methane:alkanes:alkenes)
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{CH}_4:\text{C}_n\text{H}_{2n+2}:\text{C}_n\text{H}_{2n}=1:0,18:0,88$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$	$\text{CH}_4:\text{C}_n\text{H}_{2n+2}:\text{C}_n\text{H}_{2n}=1:0,16:0,13$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Cr}(\text{NCS})_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CH}_4:\text{C}_n\text{H}_{2n+2}:\text{C}_n\text{H}_{2n}=1:0,03:0,15$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$\text{CH}_4:\text{C}_n\text{H}_{2n+2}=1:0,01$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Cu}(\text{C}_7\text{H}_4\text{O}_3)_2]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CH}_4:\text{C}_n\text{H}_{2n+2}:\text{C}_n\text{H}_{2n}=1:0,01:0,02$
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$	CH_4
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]_3[\text{Cr}(\text{NCS})_6]_2$	$\text{CH}_4:\text{C}_n\text{H}_{2n+2}:\text{C}_n\text{H}_{2n}=1:0,11:0,56$
$[\text{Ni}_2(\text{en})_3(\text{H}_2\text{O})_6][\text{MnFe}(\text{CN})_6]_2$	$\text{CH}_4:\text{C}_n\text{H}_{2n+2}:\text{C}_n\text{H}_{2n}=1:0,01:0,03$
$[\text{Cu}(\text{en})(\text{H}_2\text{O})_2][\text{MnFe}(\text{CN})_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{CH}_4:\text{C}_n\text{H}_{2n+2}:\text{C}_n\text{H}_{2n}=1:0,01:0,13$

Твердыми продуктами в атмосфере водорода при термолитическом разложении ДКС, содержащих Ni и Fe или Co и Fe, являются однофазные системы — твердые растворы $\text{Ni}_{0,6}\text{Fe}_{0,4}$ и $\text{Co}_{0,6}\text{Fe}_{0,4}$, или интерметаллиды CoFe , Ni_3Fe (табл. 3). При термолитическом разложении соединений, содержащих Cu, получены двухфазные порошки $\text{Co}+\text{Cu}$ и $\text{Cu}+\text{Fe}$. Марганец был найден в составе твердых продуктов только в оксидной форме, но, вероятно, он выделяется в виде высокодисперсного металла, который быстро окисляется на воздухе, потому что продукты восстановления были пиррофорными. Термолитическое разложение ДКС, содержащих Cr, не приводит к образованию металлического хрома. ДКС с серосодержащими лигандами не образуют при термолитическом разложении чистых металлических фаз.

Наиболее сложным образом происходит термическое разложение ДКС в инертной атмосфере (аргон, азот), и особенно ДКС, содержащих в качестве анионной части цианометаллаты (рис. 3). Кривые термического анализа в атмосфере аргона очень похожи на соответствующие кривые для атмосферы, содержащей водород (гелий + 8 об. % H_2), хотя процесс заканчивается при значительно более высокой температуре, чем в водороде. При термолитическом разложении в атмосфере аргона и азота ДКС, содержащих амины и цианогруппы, в интервале температур от ~300 до 600 °С наблюдается большая потеря

массы, ИКС газообразных продуктов в этой области регистрирует сильное одновременное выделение NH_3 и HCN 2–3 группы $\text{CN}/1$ ион цианометаллата. В интервале температур 600–720 °С наблюдается потеря 6–10 % массы, которую мы относим к выделению элементарного азота из оставшихся цианогрупп, так как при проведении ИКС-анализа газообразных продуктов не было зафиксировано какого-либо сигнала, но потеря массы в указанной области температур наблюдается, а в остатке нет азота, а только углерод.

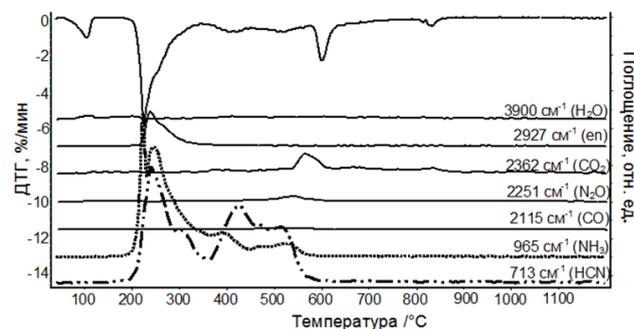


Рис. 3. Кривая ДТГ и изменение интенсивности полос в ИК-спектрах продуктов, выделяющихся из ДКС $[\text{Co}(\text{en})_3][\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в атмосфере азота

Процесс потери массы в атмосфере аргона происходит вплоть до температуры 1000 °С и,

возможно, даже при этом не заканчивается. Остатки от прокаливания во всех температурных интервалах показывают значительное содержание углерода. Так, минимальное остаточное содержание углерода среди соединений с цианогруппами (7,1 %) остается при температуре 800 °С для ДКС $[\text{Cu}(\text{tn})_3][\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, максимальное (58 %) — при термолизе при 900 °С ДКС $[\text{Co}(\text{en})_3][\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Выделение каждого газообразного продукта в инертной атмосфере происходит в несколько четко выраженных стадий, чего не наблюдалось в атмосфере воздуха, при этом пиков выделения газообразного продукта больше, они выше и шире по температурному интервалу. Так, в атмосфере воздуха газообразные продукты выделяются в 1–2 (ДКС $[\text{Co}(\text{en})_3][\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,) или 2–3 стадии (ДКС $[\text{Cu}(\text{tn})_3][\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), а в атмосфере N_2 наблюдается 3 или более стадий для всех ДКС.

Если же в состав ДКС вместо цианогрупп входят оксалато- или нитрогруппы, ход термолиза существенно отличается от термолиза цианидных ДКС. Координированные оксалат-ионы в инертной среде разлагаются с выделением CO_2 (максимально до 80 %) и CO (до 41 %), причем выход CO_2 возрастает с повышением температуры термолиза. Начальные стадии термолиза и этих ДКС протекают отчасти с отщеплением лигандов катиона. Исключением является соединение $[\text{Cr}(\text{ur})_6][\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$, при термолизе которого вне зависимости от газовой среды координированная нитрогруппа реагирует с координированной мочевиной с образованием аммиака, азота и углекислого газа.

В качестве твердых продуктов термолиза в инертной атмосфере образуются смеси интерметаллидов, твердых растворов и бинарных смесей металлов-комплексобразователей (за исключением хрома) и оксидов, если в исходном комплексе присутствует вода или если лиганды содержат кислород (мочевина, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, NO_2).

На основании анализа литературного материала и проведенных систематических исследований процесс термического разложения ДКС $[\text{M}1\text{L}_6] \cdot [\text{M}2\text{X}_6]_y \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($\text{L} = \text{NH}_3, \text{en}, \text{ur}, \text{tn}$, $\text{X} = \text{CN}^-, \text{NCS}^-, 1/2\text{C}_2\text{O}_4^{2-}, \text{NO}_2^-$) по мере повышения температуры можно представить следующим образом [Печенюк и др., 2018]:

1. Обезвоживание ДКС с разрывом водородных связей

2. Разрушение кристаллической структуры ДКС с одновременным распадом катиона и аниона.

3. Лиганды L в результате распада катионной части ДКС в свободном виде равномерно распределяются в массе остатка и частично выделяются в газовую фазу в свободном виде, частично подвергаются деструкции.

4. Анионная часть ДКС разлагается таким образом, что остаются цианиды или оксалаты M_2 , которые затем распадаются либо на N_2 и углерод (цианиды), либо с выделением CO_2 и CO (оксалаты), отдавая часть кислорода ц. и. Углерод остается в системе, если отсутствует возможность реакции между L и X и если газовая среда инертная.

5. Если в атмосфере есть такой реагент (O_2 или H_2), продукты термолиза и ц. и. продолжают реагировать с ним до образования устойчивых соединений (оксидов или металлов).

Пока внутренняя сфера катионов и анионов ДКС не вполне разрушена, природа газовой атмосферы не влияет на ход термолиза. Различия в ходе термолиза в зависимости от атмосферы — это результат взаимодействия с атмосферой уже не ДКС, а продуктов его разложения, состав и соотношение которых зависит от первоначального состава ДКС, поэтому для получения функциональных материалов необходимо ориентироваться на первоначальный состав, но исследовать весь ход термолиза до установления постоянной массы остатка. Анализ приведенных в литературе данных показал, что термическая устойчивость ДКС никак не связана с их термодинамической устойчивостью в растворе, что, по-видимому, естественно, так как процесс термолиза обычно проводится в проточном реакторе с удалением части продуктов и, следовательно, является неравновесным. Видно, что никакие ДКС переходных элементов не выдерживают нагревания выше температуры 200–250 °С, а после их разрушения ход процесса определяется свойствами остаточных твердых продуктов.

В последние годы металл-углеродные композиции, основанные на Fe, Co, Ni и их сплавах, были предложены в качестве эффективных материалов для преобразования высокочастотного электромагнитного излучения в тепловую

энергию [Shahzad et al., 2016; Song et al., 2019; Ye et al., 2019]. Один из способов получения таких композиций — термическое разложение углеродсодержащих ДКС. В остатках от прокаливания всех ДКС в инертной атмосфере обнаружен углерод в разной степени графитизации, его содержание доходит до 58 % от исходного в случае комплекса $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Остаточный углерод оказалось возможно выделить из продуктов термолиза ДКС в атмосфере аргона при высоких температурах (свыше 500 °С) и охарактеризовать (рис. 4). Во всех случаях получен углерод с высокой удельной поверхно-

стью (до 600 м²/г). Суммарная поверхность полученного углерода близка к суммарной поверхности вскрытой навески продукта термолиза. Создается такое впечатление, что вся поверхность остатка создается углеродом. Выделенный из продуктов термолиза углерод начинает интенсивно окисляться при температуре около 500 °С, а при 650–700 °С его окисление заканчивается. Поскольку лиганды окружают ц. и. со всех сторон симметрично, углерод, остающийся в остатке от прокаливания, должен также симметрично облегать те металлические частицы, которым принадлежал лиганд.

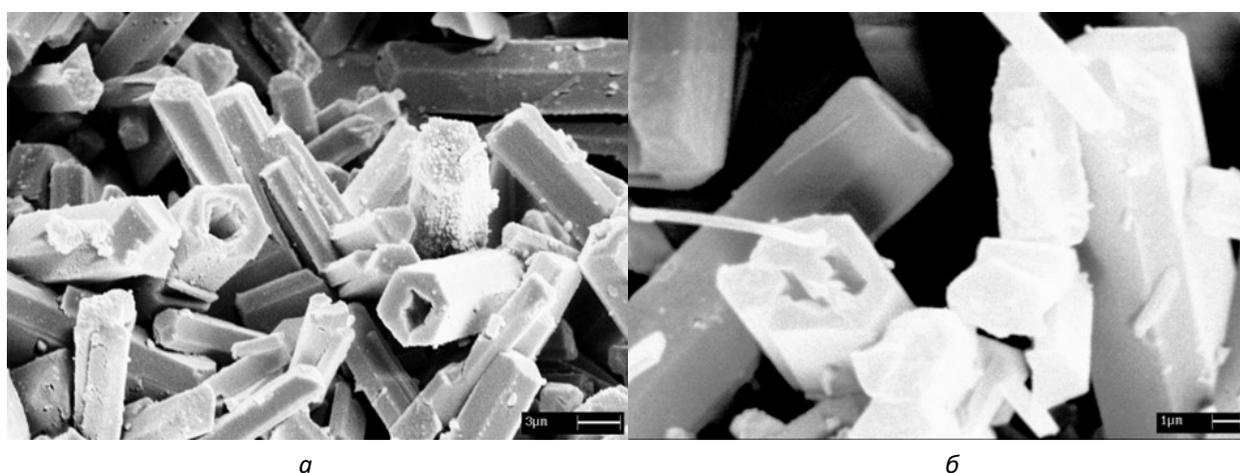


Рис. 4. Продукт термолиза ДКС $[\text{Co}(\text{en})_3][\text{Fe}(\text{Ox})_3] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в атмосфере аргона при температуре 600 °С (а) и углерод, выделенный из него (б)

Наиболее привлекательными функциональными материалами при таких сложных условиях получения являются катализаторы. Твердые продукты термолиза были испытаны в модельных реакциях: разложение пероксида водорода [Домонов et al., 2014] и термическое разложение перхлората аммония [Домонов, Реченчук, 2018]. Каталитические испытания продуктов термолиза в модельных реакциях показывают, что в целом получение из ДКС таких высокоценных материалов, как катализаторы, является перспективным, несмотря на сложность и трудоемкость процедуры. Биметаллические композиции, как окисленные, так и восстановленные, в большинстве своем являются каталитически активными, восстановленные — в реакции разложения пероксида водорода, окисленные — в реакции окисления летучей органики. Образцы, которые активны в реакции разложения пероксида, активны и в

твердофазной реакции разложения перхлората аммония. Испытано более 200 образцов, из которых 13 оказались высокоактивными при разложении пероксида ($K_{\text{СК}} > 10^{-3}$ л/с·г), что значительно превышает найденные в литературе показатели. Средние значения $K_{\text{СК}}$ в этой реакции в пределах $(1-10) \cdot 10^{-4}$ л/с·г на уровне литературных примеров имеют 46 образцов, остальные малоактивны. Высокоактивными являются продукты, содержащие твердые растворы CoFe и смеси $\text{Co} + 1/2\text{Cr}_2\text{O}_3$ и $\text{CuO} + 1/2\text{Fe}_2\text{O}_3$. Величины удельных поверхностей каталитически активных находятся в очень широких пределах. Оксидные фазы оказались в этой реакции неактивны. Наличие в образцах примесей остаточного углерода не влияет отрицательно на активность металлизированных фаз.

Термическое разложение перхлората аммония (ПА) может выступать модельной реак-

цией, которая позволяет сравнивать между собой активность многочисленных катализаторов. Каталитическая активность добавки обычно оценивается величиной снижения температуры начала и температуры полного разложения ПА. Испытания каталитической активности образцов производили, используя композиции ПА + 1 % катализатора, которые получали путем тщательного растирания и перемешивания соответствующих количеств компонентов. Эти композиции, во-первых, подвергали термическому анализу, во-вторых, проводили серии экспериментов по разложению одинаковых навесок композиций при различных температурах — по 8–10 точек через 5–10 °С в интервале температур 250–430 °С.

Проведенные для оценки воздействия примесного углерода на ход разложения ПА эксперименты показали, что заметного влияния на температуру разложения высокодисперсный углерод не оказывает. Удалось установить, что биметаллические продукты термолиза ДКС каталитически активны в реакции термического

разложения NH_4ClO_4 . Активность таких добавок заметно выше, чем у описанных в литературе простых оксидов Co и Fe.

Выводы

1. Результаты данного исследования термического разложения ДКС металлов I переходного ряда с аминлигандами в катионе (аммиак, en, tn), циано- и оксалатолигандами в анионе показывают, что эти ДКС могут быть использованы как прекурсоры для получения биметаллических материалов, например, катализаторов.

2. При использовании окислительной либо восстановительной атмосферы могут быть получены однородные материалы в виде металлов или оксидов ц. и.

3. При термолизе большинства ДКС в инертной атмосфере образуются металл-углеродные смеси, перспективные для использования в качестве материалов для преобразования электромагнитной энергии в тепловую.

Литература

Большакова Л. Д., Ларин Г. М., Минин В. В., Зверева Г. А., Шубочкин Л. К., Ракитин Ю. В., Вальковский М. Д. Термолиз соли $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_6][\text{PtCl}_4]$ и некоторых ее аналогов // ЖНХ. 1992. Т. 37, № 7. С. 1542–1546.

Домонов Д. П., Печенюк С. И., Гостева А. Н., Кривцов И. В. Синтез и термическое разложение двойных комплексных соединений, содержащих анион $[\text{FeMn}(\text{CN})_6]^{2-}$ // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Химия». 2014. Т. 6, № 1. С. 5–16.

Домонов Д. П., Печенюк С. И. Особенности термического поведения двойного комплекса $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Химия». 2016. Т. 8, № 4. С. 52–56.

Мартынова С. А., Юсенко К. В., Корольков И. В., Громилов С. А. Синтез, свойства и продукты термического разложения $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}][\text{PtCl}_6]$ и $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]_2[\text{PtCl}_6]\text{Cl}_2$ // Координационная химия. 2007. Т. 33, № 7. С. 541–545.

Печенюк С. И., Гостева А. Н., Домонов Д. П., Макарова Т. И. Синтез и термическое разложение двойных комплексных соединений, содержащих медь и 1,3-диаминопропан // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Химия». 2012б. № 24 (283). С. 4–12.

Печенюк С. И., Домонов Д. П., Гостева А. Н., Кадырова Г. И., Михайлова Н. Л. Термическое разложение двойных комплексных соединений, содержащих катион $[\text{Cr}(\text{ur})_6]^{3+}$ ($\text{ur} = \text{CO}(\text{NH}_2)_2$) // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (Технического университета). 2012а. № 15 (41). С. 18–22.

Печенюк С. И., Домонов Д. П., Гостева А. Н. Термическое разложение катионных, анионных и двойных комплексных соединений 3d-металлов // Рос. хим. журн. 2018. Т. 62, № 3. С. 116–140.

Плюснин П. Е., Байдина И. А., Шубин Ю. В., Корнев С. В. Синтез, кристаллическая структура и термические свойства $[\text{M}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}][\text{AuCl}_4]\text{Cl} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (M = Rh, Ru, Cr) // ЖНХ. 2008. Т. 53, № 11. С. 1844–1852.

Шубин Ю. В., Корнев С. В. Исследование комплексных солей и продуктов их термического разложения // ЖНХ. 2002. Т. 47, № 11. С. 1812–1816.

Шубин Ю. В., Корнев С. В., Юсенко К. В., Корда Т. М., Венедиктов А. Б. Рентгеноструктурное исследование двойных комплексов $[M(NH_3)_5Cl][M''Cl_4]$ как предшественников металлических порошков ($M = Ir, Rh, Co$; $M'' = Pt, Pd$) // Изв. АН, Сер. хим. 2002. № 1. С. 39–43.

Шубочкин Л. К., Большакова Л. Д., Шубочкина Е. Ф. Термолиз гетеро-ядерных аммино-бромидных комплексов платины (IV), меди (II), никеля (II) // ЖНХ. 1989. Т. 34, № 1. С. 255–258.

Юсенко К. В., Громилов С. А., Байдина Е. А., Шубин Ю. В., Корольков И. В., Дребущак Т. Н., Басова Т. В., Корнев С. В. Синтез, структура и исследование термолиза гексабромоплатината (IV) хлоропентамминродия (III) // Журн. структур. химии. 2002. Т. 43. С. 699–705.

Юсенко К. В., Корольков И. В., Громилов С. А., Корнев С. В. Синтез, структура и исследование продуктов термолиза $[Os(NH_3)_5Cl][ReCl_6]$ // Журн. структур. химии. 2007. Т. 48. С. 385–388.

Asanova T. I., Asanov I. P., Kim M.-G., Gerasimov E. Yu., Zadesenets A. V., Plyusnin P. E., Korenev S. V. On formation mechanism of Pd-Ir bimetallic nanoparticles through thermal decomposition of $[Pd(NH_3)_4][IrCl_6]$ // J. Nanopart. Res. 2013. Vol. 15. 1994. DOI: 10.1007/s11051-013-1994-6.

Domonov D. P., Pechenyuk S. I., Belyaevskii A. T., Yusenko K. V. Formation of Nanostructured Carbon from $[Ni(NH_3)_6]_3[Fe(CN)_6]_2$ // MDPI Nanomaterials 2020. Vol. 10 (2), 389. DOI: 10.3390/nano10020389.

Domonov D. P., Pechenyuk S. I., Gosteva A. N. Products of binary complex compounds thermolysis: catalysts for hydrogen peroxide decomposition // Russian J. Physical Chemistry A. 2014. Vol. 88, No. 6. P. 913–918. DOI: 10.1134/S0036024414060119.

Domonov D. P., Pechenyuk S. I., Mikhailova N. L., Belyaevskii A. T. Effect of ligands on the thermolysis of the double complexes $[Co(NH_3)_6]_2C_2O_4[Cu(C_2O_4)_2]_2$ and $[Co(NH_3)_6]Cl[Cu(C_7H_4O_3)_2]$ // Rus. J. Inorg. Chem. 2007. Т. 52, № 7. P. 1027-1032. DOI: 10.1134/S0036023607070091.

Domonov D. P., Pechenyuk S. I., Semushina Yu. P., Kadyrova G. I. Solid-state transformations by thermal decomposition of $[Co(en)_3][Fe(C_2O_4)_3]$ in an inert atmosphere // Thermochimica Acta. 2020b. Vol. 687. 178578. DOI: 10.1016/j.tca.2020.178578.

Domonov D. P., Pechenyuk S. I., Semushina Yu. P., Yusenko K. V. Solid-state transformations in inner coordination sphere of $[Co(NH_3)_6][Fe(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$ as a route to access catalytically active Co-Fe materials // MDPI Materials. 2019. Vol. 12, Iss. (2). 221. DOI: 10.3390/ma12020221. Synthesis and structure of binary complexes of platinum group metals—Precursors of metallic materials / S. V. Korenev [et al.] // J. Struct. Chem. 2003. Vol. 44. P. 46–59. DOI: 10.1023/A:1024980930337.

Domonov D. P., Pechenyuk S. I. Thermal decomposition of ammonium perchlorate in the presence of bimetallic additives. // Rus. Chem. Bull. 2018. Vol. 67. P. 1041–1044. DOI: 10.1007/s11172-018-2177-5.

Gubanov A. I., Filatov E. Yu., Semitut E. Yu., Smolentsev A. I., Snytnikov P. V., Potemkin D. I., Korenev S. V. $[Pd(NH_3)_4]MoO_4$ as a precursor for Pd-Mo-containing catalysts: Thermal behavior, X-ray analysis of the thermolysis products and related catalytic studies // Thermochim. Acta. 2013. Vol. 566. P. 100–104. DOI: 10.1016/j.tca.2013.03.036.

Korenev S. V., Venediktov A. B., Shubin Y. V., Gromilov S. A., Yusenko K. V. Synthesis and structure of binary complexes of platinum group metals — Precursors of metallic materials. // J. Struct. Chem. 2003. Vol. 44. P. 46–59. DOI: 10.1023/A:1024980930337.

Pechenyuk S. I., Domonov D. P., Avedisyan A. A., Ikorskii S. V. Conversions of coordinated ligands by reducing thermolysis of some double complex compounds // Rus. J. Inorg. Chem. 2010. Vol. 55, No. 5. P. 734–738. DOI: 10.1134/S0036023610050128.

Pechenyuk S. I., Domonov D. P., Gosteva A. N., Kadyrova G. I., Kalinnikov V. T. Synthesis, properties, and thermal decomposition of compounds $[Co(en)_3][Fe(CN)_6] \cdot 2H_2O$ and $[Co(en)_3]_4[Fe(CN)_6]_3 \cdot 15H_2O$ // Rus. J. Coord. Chem. 2012. Vol. 38, No. 9. P. 596–603. DOI: 10.1134/S1070328412090060.

Pechenyuk S. I., Domonov D. P. Properties of binary complex compounds // J. Struct. Chem. 2011. Vol. 52, No. 2. P. 412–427. DOI: 10.1134/S0022476611020259.

Pechenyuk S. I., Domonov D. P., Rogachev D. L., Belyavskii A. T. Anion effect on the thermolysis of double complexes $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Fe}(\text{CN})_6]$ and $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ // *Rus. J. Inorg. Chem.* 2007. Vol. 52, No. 7. P. 1033–1038. DOI: 10.1134/S0036023607070108.

Pechenyuk S. I., Domonov D. P., Shimkin A. A., Ivanov Yu. V. Thermal decomposition of iron cyano complexes in an inert atmosphere // *Russ. Chem. Bull.* 2015. Vol. 64. P. 322–328. DOI: 10.1007/s11172-015-0862-1.

Pechenyuk S. I., Domonov D. P., Shimkin A. A., Semushina Yu. P., Ivanov Yu. V. Thermal behavior of binary complex compounds containing the hexacyanoferrate anion // *Russ. J. Gen. Chem.* 2017a. Vol. 87. P. 2212–2223. DOI: 10.1134/S1070363217090481.

Pechenyuk S. I., Zolotarev A. A., Gosteva A. N., Domonov D. P., Shimkin A. A. Crystal structures and thermal behavior of double complex compounds incorporating the $[\text{Cr}\{\text{CO}(\text{NH}_2)_2\}_6]^{3+}$ cation // *J. Mol. Struct.* 2017b. Vol. 1147. P. 388–396. DOI: 10.1016/j.molstruc.2017.06.099.

Shahzad F., Alhabeab M., Hatter C. B., Anasori B., Man Hong S., Koo C. M., Gogotsi Y. Electromagnetic interference shielding with 2d-transition metal carbides (MXenes) // *Science*. 2016. No. 353. P. 1137–1140. DOI: 10.1126/science.aag2421.

Song Z., Liu X., Sun X., Li Y., Nie X., Tang W., Yu R., Shui J. Alginate-templated synthesis of CoFe/carbon fiber composite and the effect of hierarchically porous structure on electromagnetic wave absorption performance // *Carbon*. 2019. Vol. 151. P. 36–45. DOI: 10.1016/j.carbon.2019.05.025.

Ye F., Song Q., Zhang Z. C., Li W., Zhang S. Y., Yin X. W., Zhou Y., Tao H., Liu Y., Cheng L. et al. Direct growth of edge-rich graphene with tunable dielectric properties in porous Si_3N_4 ceramic for broadband high-performance microwave absorption // *Adv. Funct. Mater.* 2018. Vol. 28. P. 1707205. DOI: 10.1002/adfm.201707205.

ОТХОДЫ ЧИСТЯТ ОТХОДЫ

М. В. Маслова, Н. В. Мудрук

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты

Аннотация

Разработаны рентабельные и экологически выгодные методы создания нового сорбента на основе фосфатов Ti, Ca и Mg. В качестве источников титана, кальция и магния использовались твердые прекурсоры — титанилсульфат аммония и кальцинированный доломит. Процедура гетерогенного синтеза включает ступенчатое взаимодействие между твердыми прекурсорами и жидкими фосфорсодержащими агентами. Механохимический способ получения сорбента предполагает использование только твердых реагентов, а синтез проводят в планетарной шаровой мельнице. Конечный продукт представляет собой композиционный материал, состоящий из следующих компонентов: $TiO(OH)H_2PO_4 \cdot H_2O$, $Ti(HPO_4)_2 \cdot H_2O$, $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$, $MgHPO_4 \cdot 3H_2O$ и $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$. Новый сорбент демонстрирует высокую сорбционную способность по отношению к радионуклидам в системах многокомпонентных жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Процесс сорбции протекает по механизмам ионного обмена и конверсии вследствие синергизма отдельных компонентов.

Ключевые слова:

титанилсульфат аммония, термоактивированный доломит, синтез, композиционный сорбент, фосфаты титана, фосфаты кальция, фосфаты магния, сорбционные свойства, радионуклиды, ионы тяжелых металлов.

WASTE PURIFYING WASTE

Marina V. Maslova, Natalia V. Mudruk

I. V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity

Abstract

Cost-effective and eco-friendly methods of novel sorbent production based on a Ti, Ca and Mg phosphates have been carried out. The solid precursors were ammonium titanyl sulfate and calcined dolomite, which were used as titanium, calcium, and magnesium sources. The heterogeneous synthesis procedure includes stepwise interaction between solid precursors and liquid phosphorus-containing agents. In mechanochemical way to obtain the sorbent was used only solid reactants. Synthesis was carried out in a planetary ball mill. The final product was a composite material, which consists of the following components: $TiO(OH)H_2PO_4 \cdot H_2O$, $Ti(HPO_4)_2 \cdot H_2O$, $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$, $MgHPO_4 \cdot 3H_2O$, and $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$. The new sorbent shows high sorption ability towards radionuclides in multicomponent liquid radioactive waste (LRW) systems. Purification effect is based on both precipitation and ion exchange mechanism.

Keywords:

ammonium titanyl sulfate, calcined dolomite, synthesis, composite sorbent, titanium phosphates, calcium phosphates, magnesium phosphates, sorption properties, radionuclides, toxic metal ions.

Проблема очистки сточных вод и промышленных отходов относится к важнейшим вопросам современной науки и имеет непосредственное отношение к здоровью человека и сохранению экосистем [Westholm et al., 2014]. На поиск оптимальных решений в этой области направлено внимание большого числа ученых и специалистов. И зачастую сама природа по-

могает человеку, предоставляя нужный материал или демонстрируя различные явления, которые могут лечь в основу новых разработок.

Из многочисленных способов очистки растворов от нежелательных элементов сорбцию, без сомнения, можно считать самым эффективным. При использовании сорбентов — твердых веществ, поглощающих растворенные веще-

ства, — удается добиться очень высоких показателей очистки жидкостей. В настоящее время существуют сотни тысяч различных веществ, обладающих сорбционными свойствами по отношению к одному или нескольким элементам.

Помимо способности к поглощению, сорбенты могут снова «выпускать» элементы обратно в раствор; такое явление называется десорбцией. Степень десорбции материала напрямую связана с его структурой и является очень важным показателем в случае, когда целью удаления являются радиоактивные нуклиды — изотопы элементов с нестабильным ядром, которое испытывает радиоактивный распад. В виде радионуклидов могут существовать все химические элементы, а долгоживущие радиоизотопы кобальта, стронция и цезия являются основным компонентом жидких радиоактивных отходов (ЖРО) атомных электростанций (АЭС). Критерием их успешного удаления служит как раз минимально возможная десорбция, так как переход даже небольшого количества нуклидов обратно в очищаемую систему провоцирует повторное загрязнение.

В этом плане очень эффективными оказались сорбенты на основе гидроксипатита (фосфата кальция с формулой $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) — известного минерала группы апатита, который помимо этого является материалом с огромным потенциалом в биомедицине и имплантологии [Zakaria et al., 2013]. Успешность сорбирующих материалов на его основе обусловлена, во-первых, его низкой растворимостью, что обеспечивает прочное удержание радионуклидов. Во-вторых, материал легко подвергается цементированию, которое необходимо для последующего захоронения отходов. Соединения на основе гидроксипатита необязательно получать из промышленных реагентов, существует множество видов природного биологического сырья (хитозан, кости рыб, раковины моллюсков, скорлупа яиц и т. д.), которое после различной обработки также дает нужный продукт — гибридный материал. Но в любом случае при этом присутствует затратная переработка исходных реагентов или природного сырья. Привлечение отходов производства или дешевого минерального сырья в качестве ис-

ходных материалов для синтеза может значительно уменьшить стоимость сорбирующего материала.

Следует отметить также, что неорганические композиционные сорбенты имеют преимущества перед гибридными материалами, которые получают при взаимодействии органических и неорганических составляющих. Последние в силу своей структуры обычно более растворимы, а способ получения их довольно трудоемкий. Неорганические композиты зачастую обладают необыкновенным сочетанием свойств, которые присущи порознь нескольким материалам, и при этом их синтез не настолько сложен.

Натуральные и синтетические индивидуальные фосфаты кальция, магния и титана являются перспективными сорбентами по отношению к радионуклидам и ионам токсичных металлов [Sugiyama et al., 2003; Combes, Rey, 2010]. Существует множество методов получения фосфатов титана, кальция и магния, но наиболее простой и популярный способ — химическое осаждение с помощью различных фосфорсодержащих реагентов [Clearfield, 1995].

Наличие сходных методов получения позволило выдвинуть предположение о возможности синтеза нового композиционного продукта на основе фосфатов всех указанных элементов. Доломит (минерал с формулой $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) выбрали в качестве источника кальция и магния. Для повышения реакционной способности доломита проводили его термическую активацию при температуре 850 °С в течение 5 ч, после чего получали смесь оксида магния (MgO) и карбоната кальция (CaCO_3). В качестве прекурсора титана решили использовать промышленный отход переработки апатитонепелиновых руд — сульфат титанила и аммония $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (СТА), получение по описанному в работе Л. Г. Герасимовой с соавторами методу [Gerasimova et al., 2009]. Фосфорсодержащими агентами служила фосфорная кислота (H_3PO_4). Использование в качестве источника кальция, магния и титана для получения нового сорбента дешевого минерального сырья (доломита) и отходов апатитонепелинового произ-

водства является выгодным как в экономическом плане, так и для защиты окружающей среды.

На основе глубоких физико-химических исследований авторами был разработан и описан гетерофазный способ получения нового композиционного сорбента на основе фосфатов титана, кальция и магния (TiCaMgP) [Maslova et al., 2020]. Данный метод включает взаимодействие твердых исходных материалов и растворов фосфорсодержащих агентов. Для того чтобы найти оптимальные условия получения композиционного сорбента, были изучены процессы образования индивидуальных фосфатов — фосфата титана (TiP) при обработке реагентами СТА и фосфатов кальция и магния (CaMgP) при обработке доломита.

В ходе исследования обнаружили, что условия формирования отдельных компонентов будущего продукта несколько отличны, а именно: важен pH смеси. Образование фосфата титана происходит при $pH < 2$, а для полного перехода кальция и магния в фосфаты необходим $pH \geq 2$. Также выяснили, что на результат обработки прекурсоров влияет природа фосфорсодержащего реагента. При использовании фосфорной

кислоты итогом воздействия на доломит являются растворимые фосфаты кальция и магния, т. е. кислота не подходит для получения CaMgP.

Для успешного осаждения из доломита фосфатов кальция и магния нужного состава необходимо взять менее агрессивный реагент — фосфат аммония ($NH_4H_2PO_4$), который, однако, не подходит для получения фосфата титана из СТА. Образование TiP происходит при обработке СТА фосфорной кислотой, причем, как выяснили в ходе работы, структура получаемого TiP напрямую зависит от концентрации кислоты. В результате анализа всех полученных данных был разработан двухступенчатый вариант гетерофазного синтеза (рис. 1) с применением фосфорной кислоты в качестве фосфорсодержащего реагента.

Удачной находкой в разработанной схеме является использование в качестве фосфорсодержащего агента одной фосфорной кислоты: на первой стадии процесса содержащийся в ней фосфор идет как на образование фосфата титана, так и на связывание аммонийных групп из СТА в нужное количество фосфата аммония, то есть образование прекурсора, необходимого на второй стадии, происходит на первом этапе синтеза.

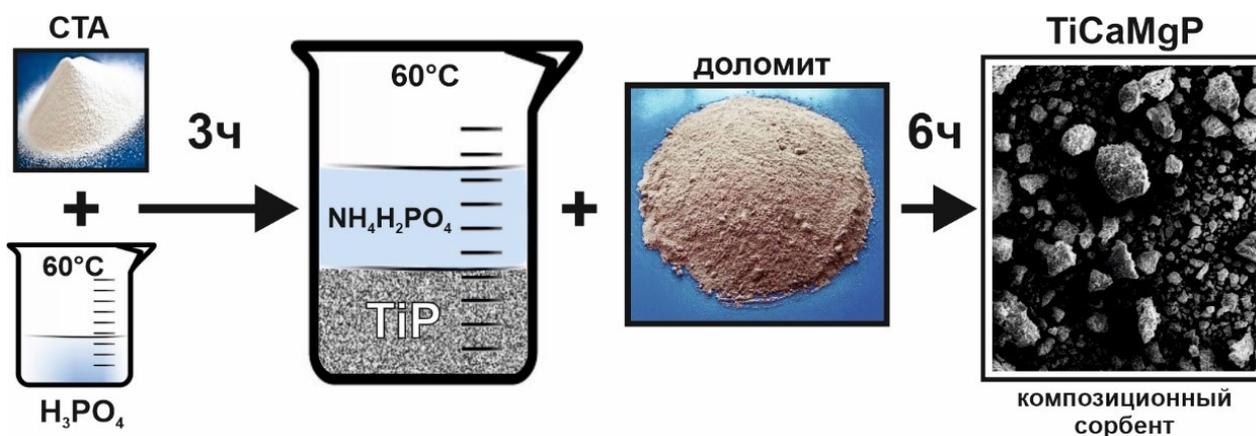


Рис. 1. Схема гетерофазного способа синтеза композиционного сорбента TiCaMgP

Гетерогенный процесс получения TiCaMgP проводится при небольшой температуре (60 °C) в течение 9 ч. Небольшой нагрев необходим, так как при обработке исходного доломита фосфорной кислотой при комнатной температуре время образования фосфатов кальция и магния составляет свыше 5 суток. В этом варианте синтеза сорбента за счет термической обработки при температуре 60 °C удалось довольно

сильно сократить время реакции. На первом этапе к нагретой кислоте постепенно добавляется СТА, затем смесь выдерживается при этой температуре и постоянном перемешивании в течение 3 ч. СТА разрушается с одновременным образованием фосфата титана (TiP). Эксперименты показали, что в данных условиях за это время титан, находящийся в СТА, полностью пе-

реходит в TiP , а в смеси образуется фосфат аммония ($NH_4H_2PO_4$), который выполняет роль буфера, и pH смеси за счет его действия достигает 2. Далее к нагретой смеси добавляется доломит, который реагирует с вновь образовавшимся фосфатом аммония, в результате чего после выдерживания смеси при перемешивании и температуре в течение 6 ч в фосфаты переходят также кальций и магний. После фильтрации смеси осадок сушат. Композиционный сорбент представляет собой белый рассыпчатый порошок.

В последние десятилетия обрел популярность эффективный подход к синтезу новых соединений, основанный на явлении механоактивации [Зыгуанов, 2008]. Этот подход позволяет получать функциональные материалы сложного состава проще и быстрее, чем при более

распространенном и привычном гидротермальном способе.

Сведения, полученные при разработке первого варианта синтеза $TiCaMgP$, позволили добиться создания композиционного продукта аналогичного состава другим путем — механохимически, то есть с использованием исходных твердых материалов и шаровой планетарной высокоэнергетической мельницы Planetary MicroMill “Pulverisette-7” (Fritsch GmbH, Idar-Oberstein, Germany). Несмотря на то, что такой способ синтеза (рис. 2) требует дополнительного оборудования, его плюсом стало то, что удалось значительно сократить время процесса (до 4 ч 40 мин), не используя при этом дополнительный нагрев.



Рис. 2. Схема механохимического способа синтеза композиционного сорбента $TiCaMgP$

Как и в случае разработанного гетерогенного варианта синтеза $TiCaMgP$, на первой стадии процесса происходит образование не только одного из компонентов будущего сорбента, но и формирование прекурсора для взаимодействия с доломитом на второй стадии. Получение нужного реагента по мере проведения синтеза очень выгодно с экономической и экологической точек зрения. А одним из наиболее весомых преимуществ механохимического способа получения продукта является то, что схема исключает образование каких-либо жидких или твердых отходов. Такой процесс полностью отвечает принципам «зеленой» химии, так как не производит вредных сбросов.

Для демонстрации сорбционных свойств материала на полученных образцах $TiCaMgP$ была изучена сорбция по отношению к катионам кобальта, стронция и цезия. Также были полу-

чены данные по степеням удаления этих катионов на отдельно синтезированных TiP и $CaMgP$. Результаты (рис. 3) позволили оценить как эффективность очистки с помощью нового материала, так и вклад действия отдельных компонентов.

$CaMgP$ эффективен для удаления различных элементов вследствие протекания химических реакций между кальцием, магнием и извлекаемыми катионами. Эти реакции происходят вследствие различий в растворимости фосфатов кальция-магния и фосфатов других элементов, то есть удаление катионов с помощью $CaMgP$ идет по механизму конверсии (осаждение-переосаждение). Адсорбция в случае фосфатов титана (TiP) протекает по ионообменному механизму (рис. 4). TiP успешно работает в кислых условиях, в то время как в нейтральной и щелочной областях эффективно действие

CaMgP. Нахождение обоих компонентов в составе TiCaMgP позволило расширить рабочую область pH нового сорбента (рис. 3).

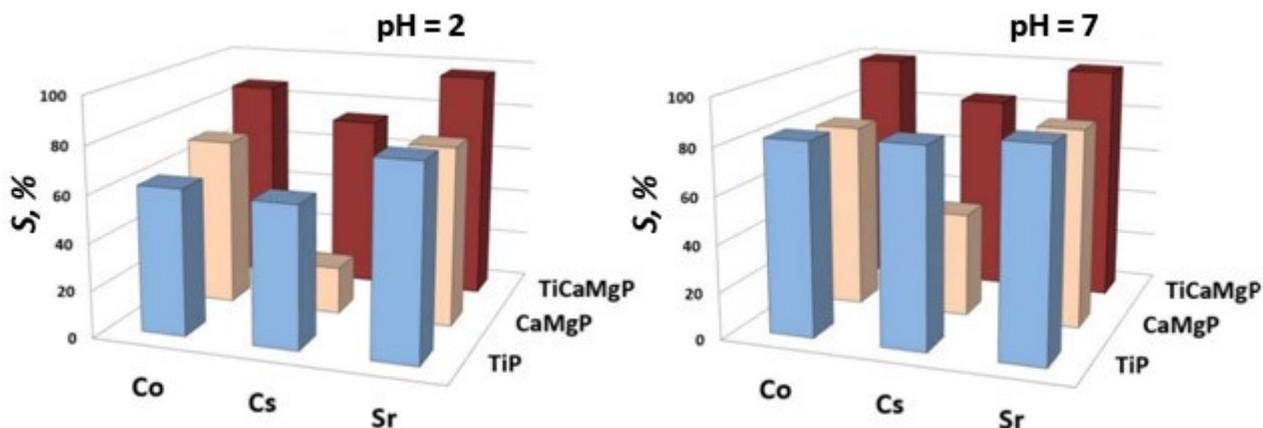


Рис. 3. Степень удаления (S) катионов кобальта (Co), цезия (Cs) и стронция (Sr) с помощью TiP, CaMgP и TiCaMgP из растворов с pH = 2 (а) и pH = 7 (б)

Полученные значения степени очистки растворов показали, что преобладающим механизмом поглощения цезия является ионообменный — из-за присутствия фазы TiP. Синергетический эффект отдельных фосфатов наблюдался для поглощения стронция и кобальта, их сорбция протекает как в соответствии с механизмом конверсии, так и по механизму ионного обмена. Расчеты показали, что удаление катионов кобальта, цезия и стронция с помощью TiCaMgP составило 100 %

от максимально возможного поглощения при выбранных условиях.

Очевидно, что выбор соотношения прекурсоров позволяет влиять на состав конечного продукта и соотношение в нем отдельных компонентов. Увеличивая или уменьшая доли TiP и CaMgP, можем получать сорбирующие материалы с разными заданными свойствами — то есть возможно синтезировать наиболее эффективный сорбент, исходя из задачи по очистке конкретных растворов.

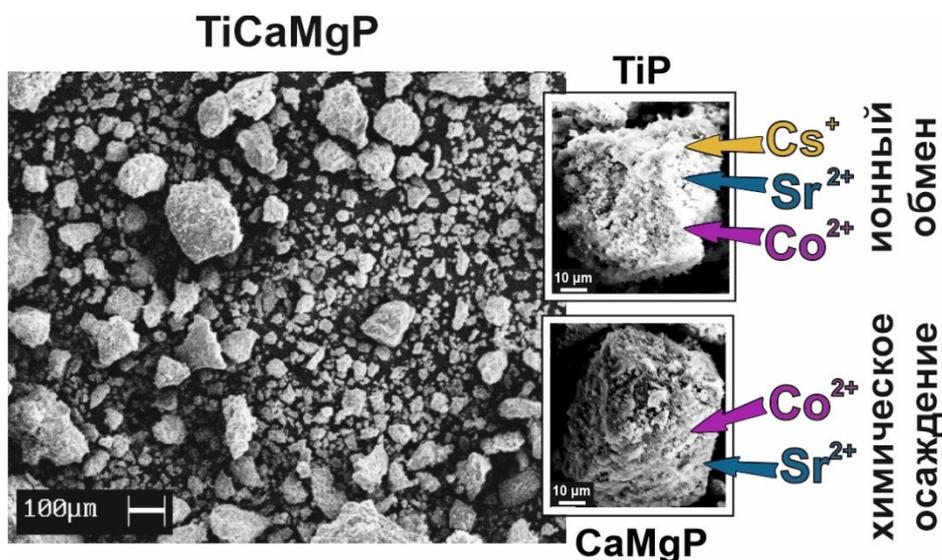


Рис. 4. Снимки поверхности композиционного сорбента TiCaMgP с электронного микроскопа и схема сорбции катионов кобальта, стронция и цезия на материале

Изучение текстурных характеристик синтезированных образцов свидетельствовало о

том, что композиционный сорбент относится к мезопористым системам с высокой удельной

поверхностью ($> 100 \text{ м}^2/\text{г}$) и большим объемом пор при их среднем размере 8 нм.

Эти показатели говорят о том, что получен материал с развитой поверхностью, что является одним из критериев успешности сорбента. Изображение поверхности сорбента, полученное при помощи электронного микроскопа (рис. 4), демонстрирует агломераты TiP и CaMgP , которые образованы более мелкими хлопьевидными частицами. Изучение фазового состава нового композиционного сорбента показало наличие в материале следующих компонентов: аморфных фосфатов титана ($\text{TiO}(\text{OH})\text{H}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ti}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), их кальций- и аммонийзамещенных форм и кристаллических фосфатов кальция и магния ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

В результате исследований впервые разработаны два подхода к направленному

синтезу композиционного сорбента на основе фосфатов Ti , Ca и Mg . Способы получения основаны на последовательном взаимодействии фосфорсодержащего реагента с солью титана и доломитом. На первом этапе происходит попутное образование фосфата аммония, который, в свою очередь, служит прекурсором для второго этапа процесса. В ходе синтеза возможно регулирование структурно-фазовой организации компонентов композиционного материала, что позволяет получать широкий спектр сорбентов с заданными сорбционными свойствами. Разработанный новый механохимический вариант получения сорбента исключает образование твердых или жидких отходов, что полностью соответствует принципам «зеленой химии».

Литература

- Clearfield A.* Inorganic Ion Exchangers: A Technology Ripe for Development // *Ind. Eng. Chem. Res.* 1995. Vol. 34. P. 2865–2872. <https://doi.org/10.1021/ie00047a040>.
- Combes C., Rey C.* Amorphous calcium phosphates: Synthesis, properties and uses in biomaterials // *Acta Biomater.* 2010. Vol. 6. P. 3362–3378. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2010.02.017>.
- Gerasimova L. G., Maslova M. V., Shchukina E. S.* The technology of sphene concentrate treatment to obtain titanium salts // *Theor. Found. Chem. Eng.* 2009. Vol. 43. P. 464–467. <https://doi.org/10.1134/s0040579509040186>.
- Maslova M., Mudruk N., Ivanets A., Shashkova I., Kitikova N.* A novel sorbent based on Ti-Ca-Mg phosphates: synthesis, characterization, and sorption properties // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2020. 27. P. 3933–3949. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06949-3>.
- Sugiyama S., Ichii T., Fujisawa M., Kawashiro K., Tomida T., Shigemoto N., Hayashi H.* Heavy metal immobilization in aqueous solution using calcium phosphate and calcium hydrogen phosphates // *J. Colloid Interface Sci.* 2003. 259. P. 408–410. [https://doi.org/10.1016/S0021-9797\(02\)00211-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9797(02)00211-4)
- Westholm L.J., Repo E., Sillanpää M.* Filter materials for metal removal from mine drainage — a review // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2014. Vol. 21. P. 9109–9128. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-2903-y>.
- Zakaria S. M., Sharif Zein S. H., Othman M. R., Yang F., Jansen J. A.* Nanophase Hydroxyapatite as a Biomaterial in Advanced Hard Tissue Engineering: A review / S. M. Zakaria [etal.] // *Tissue Eng. Part B Rev.* 2013. 19. P. 431–441. <https://doi.org/10.1089/ten.teb.2012.0624>.
- Zyryanov V. V.* Mechanochemical synthesis of complex oxides // *Russ. Chem. Rev.* 2008. Vol. 77. P. 105–135. <https://doi.org/10.1070/RC2008v077n02ABEH003709>.

ПРОБЛЕМА ПЕРЕРАБОТКИ БЕДНЫХ РУД И ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ, СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

А. В. Светлов, Е. А. Красавцева, А. А. Горячев, Е. О. Поторочин

Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты

Аннотация

В работе представлен краткий обзор современного состояния вовлечения в переработку бедных месторождений сульфидных медно-никелевых руд, горнопромышленных отходов цветной металлургии. Приведены примеры зарубежного и российского опыта. Представлен возможный способ геотехнологической переработки некондиционного сульфидного рудного материала, содержащего цветные металлы и железо, на примерах объектов Мурманской обл. Рассмотрена проблема закрепления пылящих поверхностей хвостохранилища. Дана оценка возможностям химической коагуляции для очистки сточных вод.

Ключевые слова:

бедные медно-никелевые руды, горнопромышленные отходы, разработка комбинированных обогачительно-гидрометаллургических технологий, закрепление пылящих поверхностей, очистка сточных вод.

THE CHALLENGE IN MINERAL PROCESSING FOR LOW-GRADE ORES AND MAN-MADE WASTE, HOW TO REDUCE THE NEGATIVE ENVIRONMENTAL IMPACT FROM THE MINING INDUSTRY?

Anton V. Svetlov, Evgeniya A. Krasavtseva, Andrey A. Goryachev, Evgeny O. Potorochin

Institute of North Industrial Ecology Problems,

Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity

Abstract

The paper presents a brief overview of the current state of involvement in processing of low-grade deposits of sulfide copper-nickel ores and mining waste of non-ferrous metallurgy. Examples of foreign and Russian experience are given. A possible method for geotechnological processing of substandard sulfide ore material containing non-ferrous metals and iron is presented on the examples of objects in the Murmansk region. The problem of fixing dusty surfaces of the tailing dump is considered. An assessment of the possibilities of chemical coagulation for wastewater treatment is given.

Keywords:

Low-grade copper-nickel ores, mining waste, development of combined concentrating and hydrometallurgical technologies, fixing dusty surfaces, waste water treatment.

Введение

Мурманская обл. является одним из регионов с крупнейшими производствами минерально-сырьевого комплекса Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) и страны в целом. Здесь функционируют такие предприятия, как АО «Кольская ГМК» (ПАО «ГМК «Норильский никель»»), КФ АО «Апатит» (ПАО «ФосАгро»), АО «Ковдорский ГОК» (АО «МХК «ЕвроХим») и др.

Актуальные технологические, экономические и экологические задачи, которые стоят перед горнопромышленными

предприятиями АЗРФ: повышение полноты извлечения ценных компонентов, широкая разработка техногенных минеральных образований — накопленных и текущих отходов горнопромышленных производств — с одновременным снижением нагрузки на окружающую среду.

По разным оценкам российских ученых, в РФ может быть порядка 100 млрд т отходов. Этот объем, созданный за последние 300 лет, имеет непосредственное отношение к функционированию горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. Отходы

обогащения занимают порядка 15–40 % в этой массе [Быховский, Спорыхина, 2011; Аксенов и др., 2010; Чантурия, Козлов, 2017; Шадрунова и др., 2017].

Воздействие неорганизованных сбросов на речную и донную фауну ведет к резкому повышению экологического ущерба. В существующей системе государственного регулирования возможность нормирования данного воздействия практически отсутствует, вследствие чего в отношении промышленных предприятий (относятся к I категории опасности предприятий) применяется 100-кратный повышающий коэффициент при оценке стоимости воздействия на окружающую среду [О порядке исчисления..., 2017].

В Мурманской обл. ежегодно складировается свыше 200 млн т горнопромышленных отходов (ГПО) — забалансовых руд, породных отвалов, хвостов обогащения и шлаков, общий объем которых к настоящему времени достиг около 8 млрд т. Поддержание отвалов вскрышных пород и шлаков, хвосто- и шламохранилищ требует значительных капитальных и материальных затрат, на длительное время из хозяйственного оборота выводятся значительные площади земель [Архипов, Решетняк, 2017; Доклад..., 2019].

Для нашей страны в настоящее время и в перспективе характерно ухудшение или сокращение разведанных запасов важнейших полезных ископаемых, снижение их качества на разрабатываемых и проектируемых месторождениях, серьезное усложнение их промышленного освоения. Специфическим является географическое положение российской минерально-сырьевой базы: значительная часть промышленных месторождений расположена в АЗРФ. Поэтому особую актуальность для страны приобретают вопросы экологической безопасности при добыче и переработке полезных ископаемых, хранении горнопромышленных отходов в условиях АЗРФ. Сокращение запасов богатых легкообогатимых руд отражается на производственной деятельности АО «Кольская ГМК». Актуализируются такие задачи, как использование некондиционного сульфидного медно-никелевого сырья природного и техногенного генезиса. Вместе с тем перед

предприятием встают проблемы перевооружения производства, а также масштабных реформ технологического цикла [Отчеты..., ЭР]. Данный комплекс вопросов обусловлен особенностями форм нахождения полезных минералов, высокой степенью их дисперсности, изменением физических и физико-химических свойств поверхности.

Анализ рудной базы в годовых отчетах ПАО ГМК «Норильский никель», подразделением которого является АО «Кольская ГМК», показывает, что среднее значение содержания в руде ключевых компонентов за период 2008–2016 гг. составляет 0,64 % (никель) и 0,27 % (медь) [Отчеты..., ЭР]. Необходимо отметить, что в 1970-е гг. содержание никеля на ключевых местах добычи варьировалось от 1 до 18 % [Маслобоев и др., 2014].

Вместе с тем интерес к сульфидсодержащим отходам горно-металлургического комплекса обоснован их экологической опасностью и, следовательно, вероятным и действительным ущербом для окружающей среды. При добыче и обогащении руд цветных металлов теряется около 25 % никеля и 15 % меди, а потери кобальта доходят до 40 %. Актуальной научно-технической задачей выступает разработка комбинированных обогатительно-гидрометаллургических технологий, обеспечивающих доизвлечение полезных компонентов из некондиционных руд, отходов горного и обогатительного производств. В последнее десятилетие начаты опытно-промышленные работы по кучному выщелачиванию бедных медно-никелевых сульфидных руд.

Примеры мирового и отечественного опыта в переработке бедных руд цветных металлов и ГПО

Опыт мировой гидрометаллургической практики демонстрирует высокие ожидания от применения кучного выщелачивания для извлечения ценных компонентов из отходов горнопромышленного сектора [Козлов, 2017; Хабиров и др., 2007; Халезов, 2013; Чантурия, Козлов, 2017; Watling, 2008; Watling et al., 2017]. Комбинированные технологии являются ключевым направлением научно-технического

прогресса в области переработки минерального сырья и вполне могут решить вопрос переработки как бедных руд, так и ГПО. Условия Арктической зоны РФ не должны становиться препятствием, поскольку как в мировой практике, так и в самой России есть примеры ведения работ в сложных климатических условиях [Маркович, Разворотнева, 2011; Птицын, 1992; Птицын, Сысоева, 1995; Ollakka et al., 2016; Van Dam et al., 2016].

Спрос на цветные металлы стабилен, что обосновано интенсивным развитием электронной индустрии и цифровых технологий. Колебания стоимости на мировом рынке во многом объясняются спекуляционными процессами.

Рентабельность геотехнологий, позволяющих работать со сложным материалом для извлечения цветных металлов, как правило, определяет экономическую эффективность предприятий, ее использующих. Пример эксплуатации месторождения полиметаллических руд Талвиваара (Финляндия) компанией "Talvivaara Mining Company Plc" показывает, что может происходить с подобными предприятиями. Финляндия стала первой страной, где в 2009 г. на коммерческой основе было запущено производство кучного биовыщелачивания медно-никелевых руд (содержание Ni составляло 0,3–0,4 %) [Annual Report..., 2013]. Изначально планировалось к 2010 г. достичь полной производительности, которая должна была составить 3,3 тыс. т никеля, 1,2 тыс. т кобальта, 60 тыс. т цинка и 10 тыс. т меди в год. Максимальных показателей по никелю удалось добиться к 2011 г., однако они составили всего лишь половину (16 087 т) от запланированных еще к 2010 г. [Лодейщиков, 2009; Annual Report..., 2013; Financial..., 2017; Riekkola-Vanhanen, Palmu, 2016].

Замысел проекта и его развитие в промышленном масштабе пришлось на годы высокой стоимости цветных металлов [Financial..., 2017; Riekkola-Vanhanen, Palmu, 2016]. С конца 2005 г. до середины 2007 г. произошел взрывной рост цен на никель. Так, к началу лета 2007 г. цены достигали 52 тыс. долл/т, а в декабре снизились до 26 тыс. долл/т, однако среднегодовая цена рафинированного никеля на Лондонской бирже металлов в 2007 г. выросла и составила 37 тыс. долл/т, что на 52 % выше, чем в 2006 г.

Этот ценовой взрыв и лег в обоснование перспективного финансового успеха предприятия.

К сожалению, резкий рост сменился не менее жестким снижением. Так, по данным Лондонской биржи металлов, в 2016 г. минимальная стоимость товарного никеля была в феврале; стоимость 1 т составила 8329,05 долл., при курсе доллара США, равном 77,32 руб. (Центральный Банк Российской Федерации (ЦБ РФ) <https://www.cbr.ru/statistics/finr/>); максимальная — 11185,23 долл/т была в ноябре (на тот момент курс доллара США был равен 64,31 руб. (ЦБ РФ)). За 2016 г. цена в среднем составляла порядка 9,5 тыс. долл. за 1 т товарного никеля. Напряженная ситуация на мировом рынке привела к остановке полноценной работы группы компаний Talvivaara [Annual Report..., 2013]. Производство было закрыто из-за снижения цен на никель, неоднократных сбоев в техническом процессе, несоблюдения требований экологического законодательства Финляндии, а также из-за нанесения экологического ущерба, включая утечки раствора, содержащего 20 мг/л урана, из аварийного пруда-отстойника [Annual Report..., 2013; Financial..., 2017].

В Мурманской обл. примером может служить попытка начать разработку техногенного месторождения (ТМ) «Отвалы Аллареченского месторождения» силами ООО «ГРК Монолит». Объект расположен в северо-западной части Мурманской обл., в 45 км южнее п. г. т. Никель Печенгского района. Месторождение представляет собой террасированный плоский отвал, образованный отходами добычи медно-никелевых руд коренного Аллареченского месторождения, разработка которого осуществлялась открытым способом и была завершена в 1971 г. [Селезнев, 2013].

Руды ТМ «Отвалы Аллареченского месторождения» представлены двумя морфологическими типами: 1) массивные, с содержанием полезных компонентов, %: Ni — 5–18, Cu — 0,15–8, Co — до 0,3; 2) вкрапленные: Ni — 0,2–7,9, Cu — 0,12–4,9, Co — до 0,12; с интервалом содержания соответственно: от 7,9, 4,9 и 0,12 % (для богатых руд) до 0,2, 0,12 и 0,008 % (для убогих руд). В процессе изучения руд были определены два основных свойства, которые могли бы

успешно использоваться при их обогащении: гравитационная и магнитная контрастность.

Промышленные испытания показали, что применение магнитной сепарации позволяет уверенно обогащать как рядовые, так и богатые руды во фракционном диапазоне –60+5 мм и получать качественный концентрат с совокупными содержаниями, %: Ni 2,0–3,7, Cu 1,5–2,2 и Co 0,03–0,08 [Болтыров и др., 2015; Селезнев, 2011, 2013].

Для переработки мелкозернистой фракции, составляющей 10–15 % от всех объемов месторождения, изучена возможность извлечения цветных металлов с помощью биотехнологии. Руды месторождения являются благоприятными к биовыщелачиванию вследствие своих структурно-текстурных особенностей. Выщелачиванию пентландита способствуют его кристаллическое строение, трещиноватость, замещение виоларитом и бравоитом, что обуславливает более быструю деструктуризацию минерала. К неблагоприятным факторам относятся высокую долю минералов, обладающих повышенной сорбционной способностью, и характер сростков рудных минералов [Болтыров и др., 2015; Селезнев, 2011, 2013].

Однако финансовые обстоятельства, а именно падение цен на мировом рынке, что негативно сказалось на компании “Talvivaara Mining Company Plc”, также не прошли бесследно и для ООО «ГРК «Монолит». Компания приостановила свою деятельность и вынуждена ждать благоприятных рыночных условий. Важным фактором, безусловно влияющим на развитие предприятий, готовых работать со сложными природными и техногенными объектами, выступает комплекс внутригосударственных условий, а именно прозрачность и адекватность законодательных механизмов, доступность финансовых инструментов, возможность спокойно развивать производство на длительных временных циклах.

Перспективные объекты Мурманской обл., возможная технология переработки бедных медно-никелевых руд и техногенных минеральных образований

Вне зависимости от экономической конъюнктуры необходимо вести анализ имеющихся объектов, изучать мировой и

отечественный опыт для создания перспективных подходов к переработке как бедных руд, так и ГПО.

В качестве многообещающих (с точки зрения переработки комбинированными обогатительно-гидрометаллургическими технологиями) объектов, расположенных в Мурманской обл., рассмотрены забалансовые руды месторождений медно-никелевых руд Монче-горского расслоенного мафит-ультрамафи-тового плутона (Мончеплутон, Мончегорский район). Среди них донная залежь массива Ниттис-Кумужья-Травяная (НКТ), Нюд-II, Нюд Терраса и Морошковое озеро. Техногенные минеральные образования расположены на территории Печенгского района: отвалы Аллареченского сульфидных медно-никелевых руд в пос. Приречный, хвосты обогащения медно-никелевых руд промплощадки АО «Кольская ГМК» в г. Заполярный и отвальные шлаки рудно-термической плавки в п. г. т. Никель [Светлов и др., 2020].

Среди потенциально экологически опасных этапов добычи и переработки медно-никелевых руд — открытая разработка, складирование и хранение оруденелых вмещающих пород, флотация сульфидных минералов и хранение хвостов обогащения, металлургический передел (плавка концентрата на штейн) и хранение отвальных шлаков [Светлов и др., 2020]. Потенциальная экологическая опасность характерна для некондиционных медно-никелевых руд, хвостов обогащения и шлаков. Отвалы Аллареченского месторождения отличаются высокой опасностью (NAP, результирующий кислотопродуцирующий потенциал, +104,37), медно-никелевые руды Мончеплутона — средней (NAP +36,51), хвосты обогащения и отвальные гранулированные шлаки — умеренной (NAP +5,35 и +4,84 соответственно).

Исследованные объекты различаются по их пригодности к переработке методом физико-химической геотехнологии. Отлично пригодны к кучному выщелачиванию отвалы Аллареченского месторождения, хорошо — некондиционные руды месторождений Мончеплутона, удовлетворительно — хвосты

обогащения и отвальные гранулированные шлаки [Светлов и др., 2020].

Для исследования возможной переработки гидрометаллургическими методами были использованы образцы забалансовых медно-никелевых руд Мончеплутона: Ниттис-Кумужья-Травяная, Нюд-II, Нюд Терраса, Морошковое озеро схожего вещественного состава.

Взаимодействие руды месторождения Нюд II фракции $-3+2$ мм с выщелачивающим реагентом в динамическом режиме при температуре 19 ± 2 °C в течение 130 сут продемонстрировало следующие величины извлечения металлов при выщелачивании раствором: без окислителя, %: никель — 12,4, медь — 7,2, кобальт — 13,2; с окислителем: никель — 12,4, медь — 6,9, кобальт — 13,3. В качестве реагентов использовали раствор 2 %-й серной кислоты с добавкой сульфата железа (III). Руда содержала, %: Ni — 1,70, Cu — 0,50, Co — 0,07 (для экспериментов использовали образец густовкрапленной руды). Наиболее интенсивно выщелачивается кобальт. Вероятно, это связано с тем, что в руде кобальт присутствует только в составе сульфидов, причем часть его содержится в пирротине. Более низкие показатели характерны для меди.

Среди направлений интенсификации кучного выщелачивания бедных медно-никелевых руд стоит отметить измельчение и последующую серноокислотную агломерацию. Агломерацию вели с 10 %-м раствором H_2SO_4 . Использо-

вали соотношение Т:Ж, равное 3:1. Измельчение руд вели до классов -1 , $-0,5$, $-0,25$, $-0,1$ и $-0,05$ мм.

Наиболее интенсивно никель выщелачивается из руды месторождения Морошковое озеро. За 32 сут извлечение составило более 60 %, при этом почти 20 % никеля перешло в раствор на стадии водного выщелачивания в течение 1 сут (рис. 1, а). Существенно хуже никель выщелачивался из руды месторождения Нюд Терраса: извлечение за тот же период составило всего около 10 %. Очевидно, это связано с тем, что для данной руды преобладает пылевидная вкрапленность сульфидов. Поэтому после растворения более крупных минералов на стадии водного выщелачивания последующий прирост извлечения никеля до окончания эксперимента составил менее 2 % (рис. 1, а). Как и ожидалось, медь выщелачивается значительно медленнее никеля, что связано с ее нахождением в составе «упорного» халькопирита. Наилучшие показатели по извлечению меди достигнуты в экспериментах с рудой месторождения НКТ — около 8 % (рис. 2, б). Самые низкие извлечения меди, как и в случае с никелем, у руды месторождения Нюд Терраса — 1,95 %. Интенсивность выщелачивания никеля и меди в сутки соответственно составила, %: руда месторождения Морошковое озеро — 1,87 и 0,13; руда месторождения НКТ — 0,97 и 0,24; руда месторождения Нюд Терраса — 0,32 и 0,06.

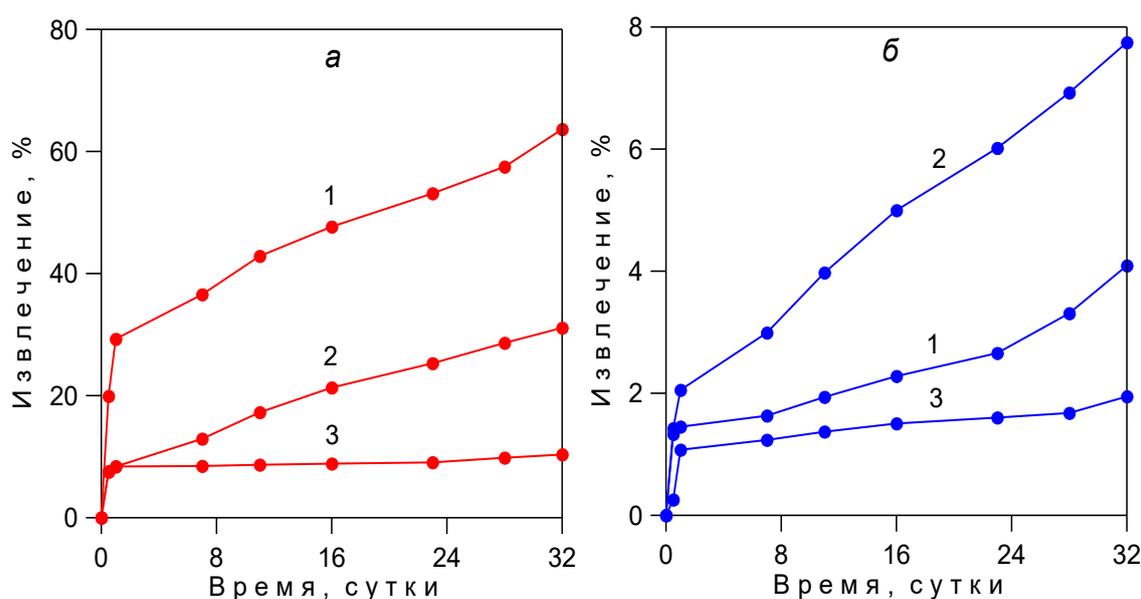


Рис. 1. Извлечение никеля (а) и меди (б) в раствор при выщелачивании руд месторождений Морошковое озеро (1), НКТ (2) и Нюд Терраса (3)

Сернокислотная агломерация измельченных руд приводит к существенному улучшению показателей выщелачивания. Так, при выщелачивании руды месторождения Морошковое озеро, измельченной до крупности $-3+2$ мм, интенсивность извлечения в раствор составила для никеля — 0,48, для меди — 0,08 % в сут, что ниже показателей для руды в окатышах в 3,9 и 1,6 раза соответственно.

При переработке тонкодисперсных техногенных продуктов или природного сырья с высоким

содержанием слоистых гидросиликатов (глинистых минералов) возникают проблемы коагуляции, приводящие к ухудшению проницаемости штабеля выщелачивающими растворами и к остановке процесса. В эксперименте с получением окатышей из хвостов обогащения Кольской ГМК при соотношении Т:Ж, равном 5–3:1, в качестве связующего применяли 10–30 %-й раствор H_2SO_4 . Концентрации никеля в растворе стабильны и находятся в диапазоне 0,1–0,35 г/л (рис. 2, 3).

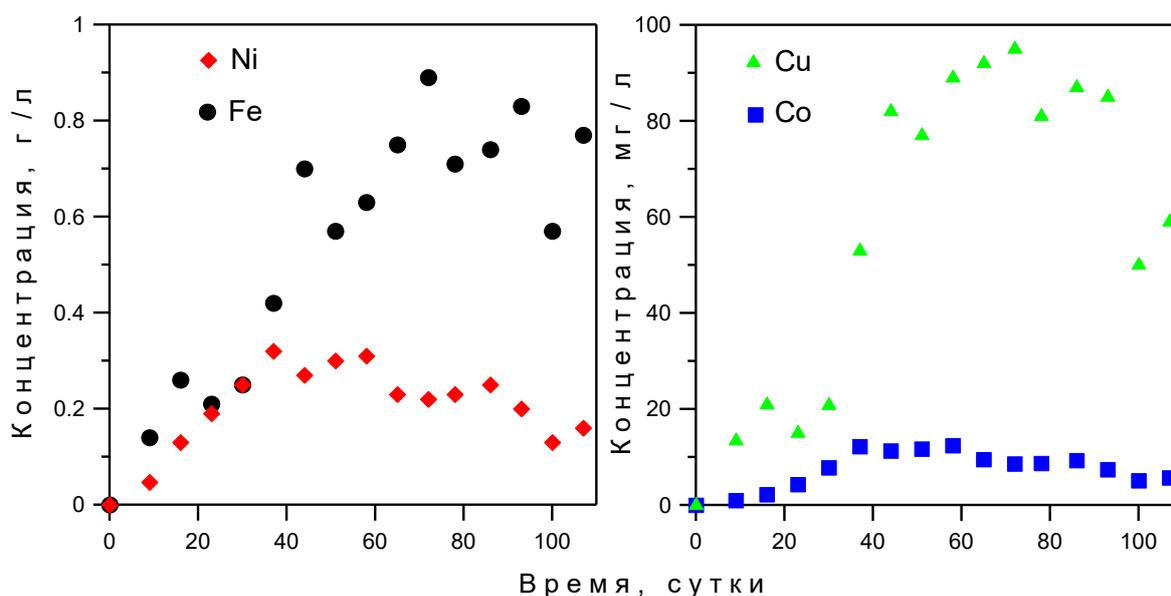


Рис. 2. Концентрации металлов в продуктивных растворах при выщелачивании гранулированных хвостов обогащения медно-никелевых руд

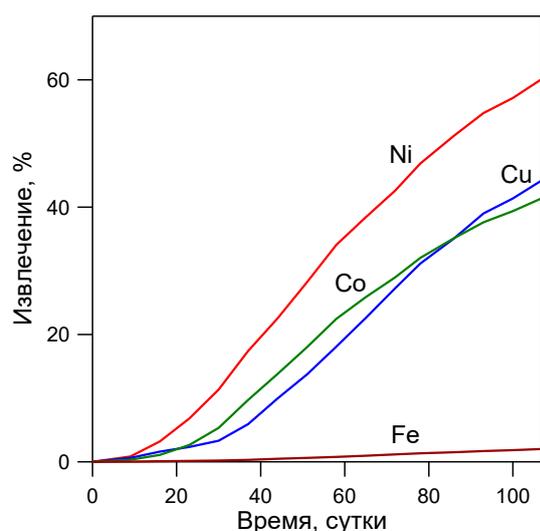


Рис. 3. Кинетика выщелачивания металлов из гранулированных хвостов обогащения медно-никелевых руд

С учетом растворения части силикатных минералов содержание железа достигает значения 0,9 г/л. Таким образом, необходима проработка технических решений селективного удаления железа из продуктивных растворов. Стоит отметить и относительно высокое содержание меди. Показатели для кобальта также достаточно стабильны.

Наиболее интенсивно, как и следовало ожидать, выщелачивается никель. За 110 сут в раствор перешло около 60 % содержащегося в хвостах металла. Более низкие показатели для меди (~44 %) объясняются тем, что металл присутствует в составе халькопирита, а относительно низкие показатели для кобальта (~41 %) связаны, вероятно, с нахождением части металла в виде изоморфной примеси в магнетите.

Исследование медно-никелевых природных и техногенных объектов продемонстрировало принципиальную возможность переработки методом кучного выщелачивания — при условии соответствующей предварительной подготовки.

Важнейшими параметрами физико-химических геотехнологий являются полнота перехода цветных металлов в металлсодержащий раствор, обеспечение селективного извлечения и снижение потерь цветных металлов, концентрируемых в обогащаемом слое [Способ..., 2013]. Принципиальная запатентованная схема (рис. 4) имеет следующую структуру: в нижней части сооружения размещают первое анти-

фильтрационное основание 1 из глины или полиэтиленовой пленки для защиты от попадания металлсодержащих растворов в поверхностные и подземные воды. На основание 1 укладывают первый дренажный слой 2, состоящий из дробленых пород, например, вскрышных пород песчаной или гравийной крупности, не содержащих химически активных минералов. На нем размещают выщелачиваемый слой 3 из некондиционного сульфидного рудного материала: отвальной медно-никелевой руды, гранулированных хвостов обогащения медно-никелевых руд. Присутствующий в рудном материале выщелачиваемого слоя пирротин используют в качестве минерала-интенсификатора растворения.

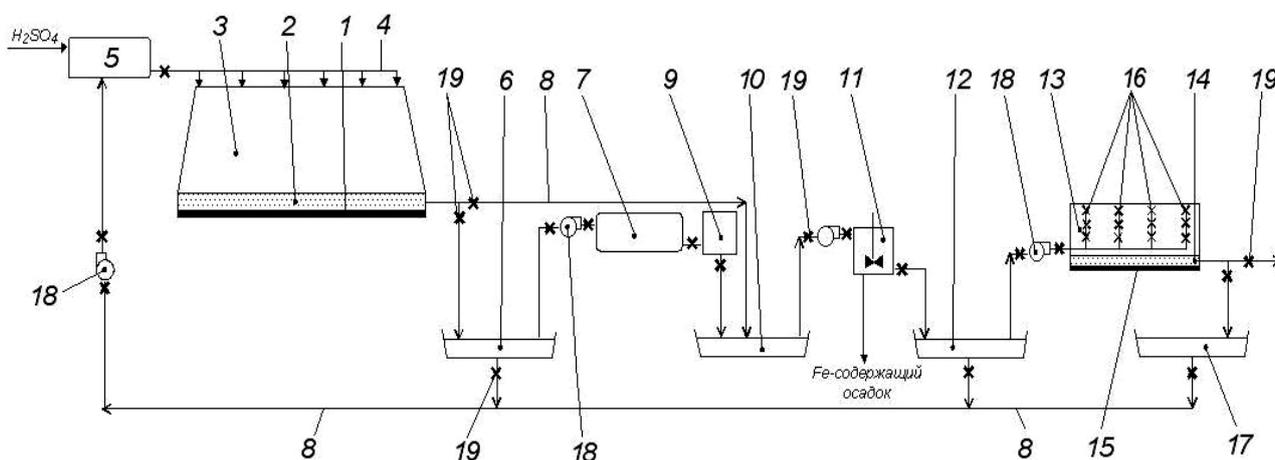


Рис. 4. Схема геотехнологической переработки некондиционного сульфидного рудного материала.

Цифрами обозначены: 1, 15— антифильтрационное основание; 2, 14— дренажный слой;

3 — выщелачиваемый слой; 4 — устройство орошения; 5 — напорная емкость; 6, 10, 12, 17— зумпф;

7 — цементатор; 8 — магистральный трубопровод; 9 — накопительная емкость; 11 — реактор;

13 — обогащаемый слой; 16 — перфорированные трубопроводы; 18 — насосы; 19 — запорные вентили

При использовании в качестве материала выщелачиваемого слоя отвальных медно-никелевых руд их дробят, классифицируют и укладывают послойно от крупных классов вниз к более мелким классам вверх. Если в качестве некондиционного медно-никелевого рудного материала выщелачиваемого слоя используют гранулированные хвосты обогащения медно-никелевых руд, их предварительно гранулируют до крупности гранул 1–3 см. В этом случае предпочтительно использовать фракции хвостов обогащения медно-никелевых руд +0,063 мм. Перед приготовлением гранул хвосты обогащения медно-никелевых руд доизмельчают

до крупности –0,040 мм — для лучшего раскрытия сульфидных зерен, а в качестве связующего используют портландцемент (3–5 %).

Активирование выщелачиваемого слоя осуществляют с использованием перфорированного приспособления 4, соединенного с напорной емкостью 5. В качестве выщелачивающего раствора используют воду или 1–4 %-ю серную кислоту. Металлсодержащий раствор из дренажного слоя 2 поступает в первый зумпф 6, в котором при необходимости производят корректировку pH, откуда раствор подается в цементатор 7. В случае недостаточной концентрации меди металлсодержащий раствор из

зумпфа 6 подается на вход выщелачиваемого слоя 3 по трубопроводу 8. В емкости 9 цементационная медь отделяется от металлсодержащего раствора, который поступает во второй зумпф 10. Из зумпфа 10 металлсодержащий раствор перекачивается в реактор 11, куда подается карбонатит, и при перемешивании осуществляется селективное осаждение железа в виде его гидроксида. Полученный железосодержащий осадок отделяют и утилизируют, например, в производстве строительных материалов. Очищенный от железа металлсодержащий раствор поступает в третий зумпф 12, откуда он подается в обогащаемый слой 13, состоящий из слоистых гидросиликатов или смеси активного кремнезема с карбонатитом. В случае низкой концентрации никеля и кобальта металлсодержащий раствор из третьего зумпфа 12 перекачивается на орошение выщелачиваемого слоя 3 по трубопроводу 8. Обогащаемый слой 13 размещают на втором дренажном слое 14, который располагают на втором антифильтрационном основании 15. Подачу никель-кобальтсодержащего раствора осуществляют снизу вверх через расположенные вертикально в материале обогащаемого слоя 13 перфорированные трубопроводы 16. Отработанный раствор, практически не содержащий никеля и кобальта, поступает во второй дренажный слой 14 и оттуда в четвертый зумпф 17. Оттуда отработанный раствор либо отправляют на сброс, либо на вход выщелачиваемого слоя 3, через емкость 5, где производят корректировку раствора. Участки извлечения меди и осаждения железа соединены друг с другом и выщелачиваемым 3 и обогащаемым 13 слоями посредством трубопроводов 8, снабженных насосами 18 и запорными вентилями 19. Полученный никель-кобальтовый продукт направляют на переработку известными гидрометаллургическими способами. После завершения растворения сульфидов отработанный выщелачиваемый слой 3 может быть использован в строительстве в качестве заполнителя или переработан в строительные материалы.

Предложенная методика геотехнологической переработки некондиционного сульфидного рудного материала из отходов обогащения техногенных месторождений позволяет снизить экологические риски и экономические

издержки горно-обогатительных комбинатов. Складируемые до настоящего времени отходы обогащения руд, по сути, являются техногенными минеральными объектами, которые, с одной стороны, имеют огромный экономический потенциал, с другой — являются источником загрязнения окружающей среды [Блошенко, 2014].

Ключевым аспектом рассмотрения вопроса снижения негативного воздействия на ОС хвостохранилищ является активное вовлечение отходов обогащения во вторичное использование, связанное с принятием новых федеральных нормативных актов [Ежов, 2016]. При сохраняющихся тенденциях изменения федерального законодательства в сфере недропользования в ближайшем времени может остро встать вопрос о необходимости внедрения данной разработки в технологические процессы на действующих производственных предприятиях горнопромышленных комплексов региона. Анализируя вклад хвостов в промышленное загрязнение региона, заметим, что отходы обогащения руд практически на всех производствах оцениваются как малоопасные (отнесены к V классу опасности отходов ФККО) [Об утверждении..., 2017]. В связи с этим немаловажным условием внедрения указанной технологии извлечения тяжелых металлов из отработанных горных пород является исключение вероятности образования новых отходов более высокого класса опасности, переработка которых в нынешних экономических реалиях станет невозможна или экономически нецелесообразна. Предложенная нами технология не приведет к снижению качества окружающей природной среды, так как отходы, образующие в результате технологического процесса, могут быть направлены на получение строительных материалов в виде заполнителей. Внедрение указанной технологии экономически целесообразно в условиях возрастающей стоимости платы за негативное воздействие, стоимости добычи полезных ископаемых, исчисленной в виде НДС (налог на добычу полезных ископаемых), стоимости хранения отходов и выпадающих доходов от использования земельных участков, экологического ущерба.

Проблемы пыления и очистки сточных вод

Вторичное использование отходов обогащения позволит решить другую немаловажную экологическую проблему ГОКов — пыление [Маслобоев и др., 2018]. Проблема контроля содержания в атмосферном воздухе населенных мест неорганической пыли при возникновении неблагоприятных метеорологических условий (НМУ), несмотря на различные применяемые методы, по-прежнему актуальна. С момента утверждения приказа Минприроды России [Проект..., ЭР] станет возможным оценивать ущерб, нанесенный при возникновении НМУ, и экологический ущерб, связанный с загрязнением атмосферного воздуха в период НМУ, при этом его сумма возрастет многократно. Крупные горнопромышленные компании вынуждены тратить значительные финансовые ресурсы, чтобы подобрать эффективные способы борьбы с пылением. Стоит отдельно отметить, что универсальных и «проверенных» методов с низкой стоимостью применения для «всех» фактически не существует.

Кольский филиал АО «Апатит» является одним из крупнейших горно-обогатительных предприятий страны. Современные хвостовые хозяйства представляют собой сложный комплекс гидротехнических сооружений, включающих системы гидротранспорта и гидроукладки хвостов обогащения, очистки и отвода воды, возврата ее (воды) в оборот после осветления. Общая площадь хвостохранилищ АО «Апатит» достигает более 2,5 тыс. га. Они являются крупнейшими техногенными массивами и наиболее интенсивными источниками аэротехногенного воздействия на окружающую среду в Мурманской обл.

Одно из двух эксплуатируемых хвостохранилищ АО «Апатит» предназначено для складирования отвальных хвостов апатитонелефиновой обогатительной фабрики № 2 (АНОФ-2), а также тонкодисперсных золошлаковых отходов Апатитской ТЭЦ.

АНОФ-2 представляет собой крупный производственный комплекс по обогащению апатитонелефиновых руд с выделением апатитового и нефелинового концентратов, а также сопутствующих алюмокремниевых

коагулянта-флокулянта, сфенового и эгиринового концентратов. Хвостохранилище АНОФ-2 расположено в губе Белой оз. Имандра на расстоянии около 1,5 км на северо-запад от площадки основного производства АНОФ-2, в 3,1 км от границы селитебной зоны. Территория хвостохранилища общей площадью 7,8 км² вытянута с юго-востока на северо-запад, ограничена с востока Хибинским горным массивом, с запада — оз. Имандра. Ежегодно с АНОФ-2 поступает более 6 млн м³ хвостов обогащения. Высыхание поверхности хвостохранилища в летний период обеспечивает быструю потерю влаги верхними слоями хвостов, и под воздействием ветровой эрозии возникает пыление, что приводит к ухудшению санитарно-гигиенической обстановки в г. Апатиты. На сегодняшний день хвостохранилище АНОФ-2 является наиболее интенсивным источником пыли среди техногенных объектов предприятий Мурманской обл. Следует также отметить, что вблизи хвостохранилища находится Имандра — крупнейшее озеро региона.

Мониторинг пылеподавления в натуральных условиях хвостохранилища АНОФ-2 и лабораторные исследования свойств покрытий, образованных связующими реагентами Alcotac DS1, Floset S44 и Dustbind, продемонстрировали близкие характеристики.

К преимуществам реагента Alcotac DS1 можно отнести высокие прочностные характеристики покрытия, атмосферостойкость, в том числе устойчивость в циклах замораживание-оттаивание, однако его использование характеризуется высокой стоимостью обработки.

Реагент Floset S44 продемонстрировал наибольшую устойчивость к выщелачиванию в водных растворах, вместе с тем атмосферостойкость, кинетика набора прочности и водопроницаемость покрытия оказались наихудшими по сравнению с остальными испытываемыми образцами.

Наиболее предпочтительным связующим реагентом следует признать реагент Dustbind. Его основные преимущества — низкая стоимость обработки, хорошие атмосферостойкость, водопроницаемость покрытия и устойчивость к выщелачиванию в водных растворах.

Реагент Dustbind в настоящее время успешно применяется АО «Апатит» для пылеподавления хвостохранилища АНОФ-2 вместо анионной битумной эмульсии и обеспечивает не только существенное сокращение трудозатрат, но и снижение времени обработки единицы площади хвостов.

Для предприятий горной промышленности актуальной экологической задачей, наряду с пылением, выступает очистка сточных вод. Широкий спектр ионного состава, высокая концентрация взвешенных веществ и органических соединений, включая нефтепродукты, значительные объемы сточных вод, необходимость использования различных, как правило комбинированных, технологий очистки формируют высокие капитальные и эксплуатационные затраты. Вместе со сложностью инженерных решений и высокой экономической стоимостью предприятию необходимо учитывать следующие факторы: отвод площадей под реализацию схемы (не всегда ее можно «встроить» в имеющиеся площади и существующие объекты); проблемы складирования, утилизации и переработки образующихся отходов от выбранной схемы очистки. Важным пунктом выступают географические условия самого объекта [Светлов и др., 2019].

Объем водоотведения рудника «Северный» АО «Кольская ГМК» составляет около 9,5 млн м³ в год, из которых 20–25 % после первичной очистки возвращается для производственных нужд на рабочие горизонты. Очистные сооружения шахтных вод предприятия состоят из двух соединенных между собой прудков-отстойников и СОШВ (станция очистки шахтных вод). Станция, производительностью 330 м³/ч, была построена по типовому проекту в 1978 г., после реконструкции в 2003 г. ее производительность была увеличена до 500 м³/ч.

В настоящее время, ввиду увеличения объема и ужесточения требований к качеству очистки сточных вод рудника, СОШВ не обеспечивает заданных показателей очистки всего потока шахтных вод. Уровень загрязнения сбрасываемых шахтных вод превышает предельно допустимые концентрации для сброса в водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_{хпкб}): по нефтепродуктам — в 6,9 раза, меди — в 12 раз,

аммонийному азоту — в 22 раза, нитритам — в 79 раз, нитратам — в 1,7 раза.

Для прекращения сброса загрязняющих веществ в поверхностные водоемы и снижения потребления свежей технической воды ранее ОАО «НИИ ВОДГЕО» проведены испытания по очистке шахтных вод с использованием методов химического осаждения, флокуляции и коагуляции. По результатам испытаний был разработан регламент на проектирование очистных сооружений и предложена технологическая схема очистки шахтных сточных вод рудника «Северный», включающая в себя следующие основные операции:

- механическая очистка исходного стока от грубодисперсных примесей безреагентным отстаиванием в существующих прудках-отстойниках;
- реагентная обработка осветленного стока с применением щелочи и флокулянта в условиях значений pH 9,0–9,5 для осаждения гидроксидов металлов в специальных камерах реакции (смесителях и камерах хлопьеобразования);
- вторичное отстаивание коагулированного/флокулированного стока;
- корректировка pH, обработка осветленного слива коагулянтом (на основе солей алюминия);
- механическая фильтрация отстоянного стока в режиме контактной коагуляции, окисление и доочистка стоков на сорбционных фильтрах;
- сбор и обезвоживание осадка.

Сравнительные испытания, выполненные в зимний период в условиях СОШВ рудника «Северный» с использованием мобильного стенда, показали, что эффективность химической коагуляции будет существенно зависеть от параметров шахтной воды и времени года. Низкая интенсивность хлопьеобразования приведет к тому, что неукрупненные образующиеся флокулы и непрореагировавшие реагенты (коагулянт и флокулянт) будут поступать на механическую фильтрацию и сорбционную очистку (угольные фильтры) без предварительного их удаления, что приведет к необходимости частой замены загрузок фильтров.

При электрохимической коагуляции использовался импульсный реверсивный источник постоянного тока мощностью до 600 Вт с плавной регулировкой и стабилизацией по току и проточный электрокоагулятор с электродами из стали марки Ст3. После электрохимической коагуляции осуществляли аэрацию обработанной воды воздухом в течение 5 мин — для окисления ионов Fe^{2+} — и подачу в нее флокулянта. В результате при последующем осветлении воды эффективно формировался слой осадка из коагуляционных структур гидроксида железа (III). Метод электрохимической коагуляции позволяет нивелировать условия окружающей среды благодаря широкому рабочему диапазону электрохимически полученного коагулянта (температура и значение pH воды).

Высокая эффективность очистки шахтных вод обеспечивается как за счет быстрого формирования «хлопьев» гидроксидов железа (с большой удельной поверхностью и сорбционной емкостью), так и возможностью удаления азотистых и органических соединений за счет их разложения (на анодах) на CO_2 газ, NO_2 газ и воду. По отдельным параметрам достигнуты значения ПДК (NO_3^- , Cu, Ni, нефтепродукты и $Fe_{общ}$), незначительно превышающие (NO_2^-) ПДК водных объектов рыбохозяйственного назначения.

К преимуществам электрокоагуляции можно отнести полное исключение из схемы химического коагулянта, кислот и щелочей, возможность уменьшения расхода флокулянта на 50–100 %, снижение частоты промывки фильтров и расхода для этих целей чистой воды. Укрупненные стендовые испытания показали более высокую эффективность схемы очистки шахтных вод рудника «Северный» на

основе использования метода электрохимической коагуляции с использованием растворимых анодов из стали марки Ст3. Схема характеризуется простотой в исполнении и удобством в эксплуатации, что позволяет обеспечить требуемую эффективность очистки воды при более низких капитальных и эксплуатационных затратах.

Заключение

В работе выполнен обзор научных исследований, направленных на вовлечение в переработку бедных руд и ГПО. Затронуты проблемы хранения отходов и разработки методов снижения негативного воздействия на окружающую среду. Рассмотрены варианты очистки сточных вод для предприятий горнопромышленного сектора.

На объектах ГПО могут формироваться неорганизованные источники сброса загрязняющих веществ в водные объекты различной категории. На основе экспериментальных исследований разработан способ геотехнологической переработки некондиционного медно-никелевого рудного материала, который позволяет получить селективные товарные продукты меди, никеля и кобальта, а также выделить железо в отдельный продукт при снижении потерь цветных металлов и обеспечении высокой степени извлечения металлов в металлсодержащий раствор.

Применение указанного способа геохимической переработки некондиционного сульфидного рудного материала, содержащего цветные металлы и железо, позволяет извлечь ценные для промышленности компоненты и, как следствие, снизить негативное воздействие отходов на окружающую среду.

Литература

- Аксенов Е. М., Садыков Р. К., Алискеров В. А., Киперман Ю. А., Комаров М. А. Техногенные месторождения — проблемы и перспективы вовлечения в хозяйственный оборот // Разведка и охрана недр. 2010. № 2. С. 17–20.
- Архипов А. В., Решетняк С. П. Техногенные месторождения. Разработка и формирование / под науч. ред. акад. Н. Н. Мельникова. Апатиты: КНЦ РАН, 2017. 175 с.
- Блошенко Т. А. Государственное регулирование эффективности вовлечения промышленных отходов в переработку в целях снижения экологических рисков // Экономика и управление. 2014. Вып. 6. С. 36–41.
- Болтыров В. Б., Селезнев С. Г., Стороженко Л. А. Оптимальное сочетание способов обогащения сульфидных медно-никелевых руд техногенного объекта «Отвалы Аллареченского

месторождения» // Междунар. науч.-исслед. журн. 2015. № 11 (42), ч. 3. С. 113–117.

Быховский Л. З., Спорыхина Л. В. Техногенные отходы как резерв пополнения минерально-сырьевой базы: состояние и проблемы освоения // Минеральные ресурсы России. 2011. № 4. С. 15–20.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2018 г. / Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области. 2019. URL: <https://gov-murmansk.ru/region/environmentstate> (дата обращения: 25.11.2020).

Ежов А. И. Оценка техногенного сырья в Российской Федерации (твердые полезные ископаемые) // Горные науки и технологии. 2016. Вып. 4. С. 62–75.

Лодейщиков В. В. Переработка никельсодержащих руд методом кучного бактериального выщелачивания. Опыт финской фирмы Talvivaara // Золотодобыча. 2009. № 132. С. 12–14.

Маркович Т. И., Разворотнева Л. И. Окислительное выщелачивание сульфидной удоканской руды с участием кислородных соединений азота в криогенных условиях // Вестник ОНЗ РАН. 2011. № 3. NZ6071.

Маслобоев В. А., Светлов А. В., Коница О. Т., Митрофанова Г. В., Туртанов А. В., Макаров Д. В. Выбор связующих реагентов для предотвращения пылеобразования на хвостохранилищах переработки апатит-нефелиновых руд // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2018. № 2. С. 161–171. DOI: 10.15372/FTPRPI20180218.

О порядке исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду: постановление Правительства РФ от 03.03.2017 № 255 // Правительство России: офиц. сайт. URL: <http://government.ru/docs/26694/> (дата обращения: 25.11.2020).

Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов: приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 242 от 22.05.2017 (с изм. от 2 ноября 2018 г.) // Гарант.ру: информационно-правовой портал. URL: <https://base.garant.ru/71695086/> (дата обращения: 25.11.2020).

Отчеты и результаты ПАО «ГМК «Норильский никель». URL: <https://www.nornickel.ru/investors/reports-and-results/> (дата обращения: 25.11.2020).

Проект приказа «Об утверждении Методики исчисления вреда, причиненного атмосферному воздуху, как компоненту природной среды» // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации: офиц. сайт. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/metodicheskie_dokumenty/proekt_prikaza_minprirody_rossii_ob_utverzhdenii_metodiki_ischisleniya_razmera_vreda_prichinennogo_a/ (дата обращения: 25.11.2020).

Птицын А. Б. Геохимические основы геотехнологии в условиях мерзлоты. Новосибирск: Наука, 1992. 120 с.

Птицын А. Б., Сысоева Е. И. Криогенный механизм образования зоны окисления Удокана // Геология и геофизика. 1995. № 3. С. 90–97.

Светлов А. В., Миненко В. Г., Самусев А. Л., Салахов Е. М. Очистка шахтных вод рудника «Северный» АО «Кольская ГМК» методом электрохимической коагуляции // Цв. металлы. 2019. № 11. С. 52–56. DOI: 10.17580/tsm.2019.11.06.

Светлов А. В., Припачкин П. В., Маслобоев В. А., Макаров Д. В. Классификация некондиционных медно-никелевых руд и техногенных минеральных образований по их экологической опасности и пригодности к гидрометаллургической переработке // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2020. № 2. С. 128–136. DOI: 10.15372/FTPRPI202002015.

Селезнев С. Г. Нетрадиционные эффективные способы обогащения сульфидных медно-никелевых руд на примере Аллареченского техногенного месторождения // Известия вузов. Горн. журн. 2011. № 8. С. 118–125.

Селезнев С. Г. Отвалы Аллареченского месторождения сульфидных медно-никелевых руд – специфика и проблемы освоения: дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.11. Екатеринбург, 2013. 147 с.

Способ геотехнологической переработки некондиционного сульфидного рудного материала, содержащего цветные металлы и железо: пат. 2502869 Рос. Федерация № 2000131736/09; заявл. 2012.03.05; опубл. 27.12.2013.

Хабиров Е. Т., Шадрюнова И. В., Гаркави М. С. Формирование гранул из сульфидных отходов обогащения для кучного выщелачивания. // Горный информационно-аналитический бюллетень (науч.-техн. журн.). 2007. С. 309–314.

Халезов Б. Д. Кучное выщелачивание медных и медно-цинковых руд: (отечественный опыт). Екатеринбург: УрО РАН, 2013. 346 с.

Чантурия В. А., Козлов А. П. Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья // Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья (Плаксинские чтения — 2017): материалы Междунар. науч. конф., Красноярск, 12–15 сентября 2017 г. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. С. 3–6.

Шадрюнова И. В., Зелинская Е. В., Волкова Н. А., Орехова Н. Н. Горнопромышленные отходы: ресурсный потенциал и технологии переработки (на примере Сибири и Урала) // Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья (Плаксинские чтения — 2017): материалы Междунар. науч. конф., Красноярск, 12–15 сентября 2017 г. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. С. 15–21.

Annual Report TALVIVAARA / Talvivaara Mining Company Plc. 2013. 178 p.

Financial Reports 2017 / Talvivaara Mining Company Plc. 2017. URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2017/03/21/942558/0/en/Talvivaara-Mining-Company-annual-results-review-for-the-year-ended-31-December-2016.html> (accessed 25.11.2020).

Van Dam K., Scheepstra A., Gille J., Stepien A., Koivurova T. Mining in the European Arctic // The changing Arctic and the European Union: a book based on the Report “Strategic Assessment of Development of the Arctic: Assessment Conducted for the European Union” / ed. Adam Stepien, Timo Koivurova, Paula Kankaanpää. Leiden | Boston : Brill / Nijhoff, 2016. Vol. 89. P. 163–185.

Ollakka H., Ruuska J., Taskila S. The application of principal component analysis for bioheap leaching process — Case study: Talvivaara mine // Minerals Engineering. 2016. Vol. 96. P. 48–58.

Riekkola-Vanhanen M., Palmu L. Talvivaara Nickel Mine — from a project to a mine and beyond // Proc. symposium Ni-Co 2013. Springer International Publishers, Switzerland, 2016. P. 269–278.

Watling H. R., Collinson D. M., Watling R. J., Shiers D. W. Simulated heap leaching and recovery of multiple elements from a mineralised black shale // Hydrometallurgy. 2017. Vol. 167. P. 48–47.

Watling H. R. The bioleaching of nickel sulphides // Hydrometallurgy. 2008. Vol. 91, No. 1–4. P. 70–88.

**«СТИПЕНДИЮ ИМЕНИ ПУШКИНА НАЗНАЧИТЬ...»:
КАЧЕСТВО ЖИЗНИ И МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ XIX ВЕКА**

К. С. Казакова

Центр гуманитарных проблем Баренц региона ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты

Аннотация

В статье на основе архивных материалов и мемуарной литературы представлены особенности материального положения студенчества Санкт-Петербургского университета в первой половине XIX в. Показано, что особым рычагом корректирования социального состава студенчества являлась система государственной материальной поддержки посредством различных стипендий и выплат.

Ключевые слова:

Санкт-Петербургский университет, студенты, качество жизни, стипендия, университетология.

**“TO ESTABLISH A SCHOLARSHIP NAMED AFTER PUSHKIN...”:
QUALITY OF LIFE AND MATERIAL SUPPORT TO STUDENTS OF THE 19TH CENTURY**

Ksenia S. Kazakova

Barents Centre of the Humanities, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity

Abstract

On the basis of archival materials and memoirs is represented the quality of life of the students of St. Petersburg University in the first half of the 19th century. It is shown that the system of state material support through various grants was a special process for correcting the social heterogeneity in community of students.

Keywords:

Saint-Petersburg University, students, quality of life, grant, university studies.

«Если весь мир — тюрьма, — как говорят пессимисты, то... студенческая комната — неблагоустроенный карцер в этой тюрьме...»

Газета «Речь». Санкт-Петербург, декабрь 1908 г.

В русской литературе, живописи сложился традиционный образ студента: художника, полунцифа, с голодным блеском в глазах и передовыми идеями в голове. Реален ли этот образ? Всегда ли студент в России был беден? При каких условиях у него была возможность рассчитывать на государственную поддержку, насколько совершенной и отлаженной она была? Попробуем разобраться и оценить уровень материальной обеспеченности студента позапрошлого века, когда университеты в России только появились.

От «бурсаков» до «аристократов»

Петербургский университет всегда пользовался особой популярностью среди молодежи. Постепенно его начали наделять

особой метафизической значимостью и силой, он обрел статус уникального резервуара творческой энергии. Образ столицы с ее университетом становился мечтой целых поколений русской молодежи. Между тем исполнение этой мечты требовало определенных материальных ресурсов. Качество жизни студента в столице определялось его сословным происхождением, уровнем доходов, интересами. Основное различие между студентами заключалось в том, учился ли молодой человек за счет казны и принадлежал к категории «казеннокоштных» или был «своекоштным», т. е. ежегодно оплачивал курс обучения в университете и расходы на проживание в столице.



Рис. 1. Южный фасад университета. Гравюра К. Вейермана. 1850-е гг.

Когда в 1819 г. Петербургский университет был преобразован из Педагогического института, почти все студенты обучались за казенный счет, включая размещение, питание, обмундирование. После окончания курса (сначала три, потом четыре года обучения) они принимали распределение в учительские должности и отправлялись на шесть лет служить учителями губернских гимназий, в том числе в отдаленные пределы Российской империи, не исключая Сибири, Кавказа, польских окраин.

С XVIII в. до конца 1820-х гг. малочисленное университетское сообщество (число студентов в этот период составляло от 50 до 120 человек) было изолировано от столичной жизни благодаря компактному расселению в университетских зданиях, что способствовало оформлению «семейного стиля» взаимоотношений в университетском сообществе в начальный период его

становления (см. подробнее: [Казакова, Жуковская, 2020]).

Студентов, набранных в основном из выпускников духовных семинарий, современники называли «бурсаками», от латинского *bursa*, которым именовали в Средние века общежитие для учащихся. В университетском общежитии Петербургского университета они селились по 10–12 человек. Сырые и душные комнаты, скученность порождали хаос и неустроенность. Из отчетов инспектора видно, что никого не удивляло битие стекол студентами, их разгульный образ жизни и панибратство по отношению друг к другу.

Увеличение числа абитуриентов в конце 1820-х гг. привело к расселению студенчества по городу. Плотная застройка близлежащих к расположенному в центре города университету кварталов не способствовала созданию студенческого городка — явления,

характерного для окрестностей старых европейских университетов. Некоторые студенты, имевшие в Петербурге родственников, селились у них. Большая же часть абитуриентов, приезжающих в Петербург,

вынуждена была снимать жилье в разных частях города, стараясь по возможности селиться в пределах Васильевского острова.



Рис. 2. Вид на Стрелку Васильевского острова. Д. Аткинсон. 1805–1807 гг.

В 1830-е гг., когда учительская карьера перестала быть основной перспективой для выпускника, а университетский диплом стал залогом успешной карьеры в статской или военной службе, столичный университет стал престижным и для дворян. Это были уже «своекоштные» студенты, которые платили за обучение. В столичном университете учились и дети аристократов, сыновья министров, сенаторов, придворных. Не случайно наиболее привлекательным и, соответственно, многочисленным становится юридический факультет университета.

Вот лишь одно из описаний студентов-аристократов, оставленное выпускником Петербургского университета А. А. Чумиковым [Чумиков, 1888: 126]:

«Находились между этими сливками студенчества и такие, которых предусмотрительные родители отпускали на лекции не иначе как вместе с гувернерами. Последние, обыкновенно услужливые французы, сопровождали своих милых

питомцев также в биржевые лавки и другие зланные места. Этот же кружок студентов, неизвестно на каком основании, присвоил себе право садиться на ближайших к профессорской кафедре скамьях; так было, по крайней мере, в старом здании университета и студенты-демократы, как бы сторонясь чуждой им сферы, не думали протестовать против этой привилегии. О некоторых из этих аристократов рассказывали, что они приняты были в университет лишь благодаря частным, дорого оплаченным урокам у экзаменаторов, незадолго перед экзаменом».

«Аристократы» составляли незначительный контингент учащихся и не пользовались расположением товарищей, не желавших участвовать в их кутежах и подражать их развязным манерам, иногда выходившим за рамки приличия. Большая часть дворянско-чиновничьего студенчества была представлена детьми чиновников и мелкопоместных дворян. Подобно своим товарищам из других сословий, они старались попасть в число казеннокоштных

или добывали средства, давая уроки, занимаясь перепиской бумаг, работая для журналов. Таким образом, получался парадокс: традиционно сохранялся дворянско-чиновнический состав студенчества, а половину студенческой массы составляла малообеспеченная молодежь.

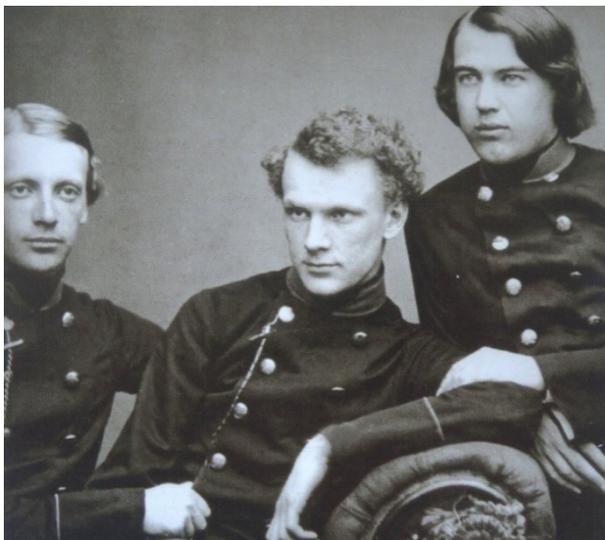


Рис. 3. Студенты Санкт-Петербургского университета А. С. Фаминцын, П. П. Храповицкий, А. В. Веселовский. 1856–1857 гг. (Литературный музей ИРЛИ РАН)

Порой известные впоследствии ученые в университетские годы вынуждены были нищенствовать. Ярким примером служит биография Т. Н. Грановского, профессора Московского университета, известного историка-медиевиста (1813–1855). Незадолго до поступления молодого человека на юридический факультет Петербургского университета у него умирает мать, которая обеспечивала сына скромным содержанием в столице. Грановский вынужден был снимать жилье вместе со своими товарищами по пансиону. Вот как описывали современники этот тяжелый для будущего профессора период лишений [Кудрявцев, 1858: 33-34]:

«Трудность, которая предстояла ему в этой общей жизни со старым товарищем, была совсем другого рода. Стол положено было держать вместе, но Грановский скоро заметил, что ему вовсе не под силу тянуться за своим товарищем. Чтобы скрыть свое замешательство, он начал под разными предло-

гами уклоняться от домашних обедов. Он ссылался на какое-нибудь мнимое приглашение, уходил из дому и не раз оставался вовсе без обеда. Мы даже не знаем, какими чрезвычайными средствами, или какую особенную изворотливостью мог он выбиться из этого крайне затруднительного положения. Верно только то, что, несмотря на все трудности, он устоял в своем намерении и почти без всякой помощи проложил себе дорогу к университету».

Т. Н. Грановский, не получая полгода ответа от отца о возможности финансовой помощи, уже собирался бросить учебу, как неожиданно получил от него 500 рублей. Привыкший экономить, Грановский лишь заказал себе приличный фрак, без которого было стыдно показаться в обществе.

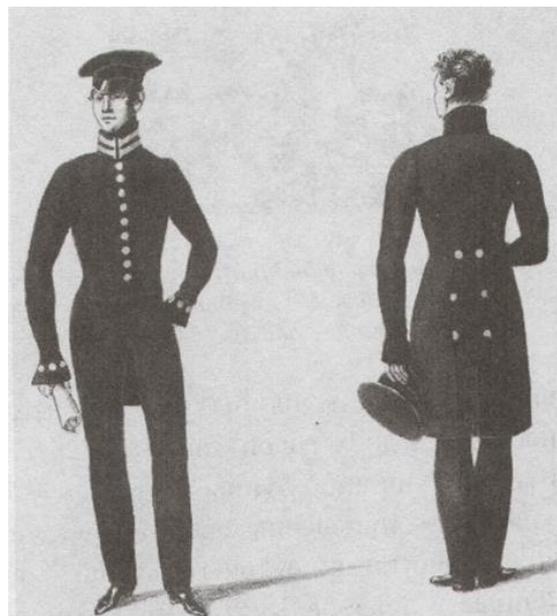


Рис. 4. Повседневная форма студентов Петербургского университета. 1834 г.

Материальное положение значительной части русского студенчества было нестабильным, многие бедные студенты из провинции вели в Петербурге чрезвычайно аскетичный образ жизни, надеясь по окончании университета получить чин и устроиться на службу. Единые материально-бытовые условия способствовали появлению различных форм кооперации в студенческой среде, спланивали студенческую массу в единую социальную группу.

Чтобы скрасить учебные будни и забыть о материальной неустроенности, юноши пытались разнообразить свой досуг развлечениями, которые определялись как идейными интересами, так и толщиной кошелька.

Беллетрист, этнограф И. Д. Белов, учившийся в Петербургском университете в 1836–1840 гг., с ностальгией вспоминал о юношеских годах [Белов, 1880: 784]:

«Нам были не чужды многие общественные интересы... Бывали вечера, когда мы проговаривали за полночь, довольствуясь одним чаем, что, впрочем, <...> в большинстве случаев происходило от неимения денег, которые текли у нас, как вода, т. е. я говорю об отсутствии вина во время бесед. Впрочем, беседы, живые, душевные, дававшие толчки нашему умственному развитию, шли горячо и за вином, и без вина. Конечно, в этих беседах и кружках господствовали отдельные личности, дававшие толчки умственной деятельности менее умственно развитых юношей».

Студенты участвовали в литературных вечерах и чтениях, устраивали пирушки, проникали на чужие свадьбы в надежде прилично отужинать и повеселиться, слонялись по Невскому проспекту в поисках приключений и, конечно, не обходили своим вниманием женский пол. В целом, такое легкомысленное поведение формировало негативный образ в сознании городского обывателя, оценивающего студента как человека ненадежного. Образ студента-оппозиционера или студента-интеллектуала появляется уже во второй половине XIX в. с развитием общественной и политической активности студенчества.

Виды «вспомоществования» беднейшим студентам

В первой половине XIX в. стипендиальной системы в образовательной сфере фактически не существовало, что было связано с характерными особенностями учебных заведений закрытого типа и с недостаточно развитой благотворительностью. Документы свидетельствуют о том, что студент мог получить от университета

единовременно материальную поддержку за особые успехи.

Так, например, по ходатайству профессора восточной словесности О. И. Сенковского в 1823 г. попечитель округа просил министра о разрешении выдать студенту Михаилу Волкову из общих университетских остатков 300 руб. Подобной награды за успехи по представлению Конференции был удостоен и студент Иван Грацилевский за составление персидской грамматики. Оба студента были оставлены затем при университете в статусе магистров и преподавателей [Жуковская, Казакова, 2018: 186]

С ростом престижа университетского образования число мест для «казеннокоштных» студентов сокращалось, кроме того, в 1839 г. во всех русских университетах была введена плата за слушание лекций. Поначалу она была невысока, но ощутима для небогатых семейств.

За 20 лет (начиная с 1835 г.) стоимость обучения в Петербургском университете выросла с 14 до 50 рублей в год. Плата за обучение играла роль социального фильтра для уменьшения числа выходцев из непривилегированных слоев, поступающих в университет, а система материальной помощи была призвана оказать поддержку тем студентам из беднейших слоев, которые, по мнению администрации, были достойны получения университетского диплома. Политика целевого стимулирования академической активности продолжала линию государственного патронажа над университетами, избранным в начале XIX в., но была более сознательно ориентированной [Жуковская, Казакова, 2018].

На старших курсах, на основании академических успехов, некоторым студентам удавалось получить какую-либо стипендию, добиться перевода в пансионеры или освобождения от платы за обучение. Если студент успешно сдавал годовые экзамены и имел положительный отзыв инспектора о поведении, то попечитель рекомендовал Совету «иметь молодого человека в виду при избрании воспитанников для замещения вакансий казеннокоштных студентов». Таким образом, в университете происходила постоянная ротация категорий студентов, а при определении государственных льгот устанавливалась связь между казенным содержа-

нием, интеллектуальными способностями студента и его благонадежностью. Многие студенты при этом могли считать, что их поощрение или наказание зависит от профессоров, что увеличивало ресурс власти университетских преподавателей.

В годовом отчете за 1847 г. ректор Санкт-Петербургского университета писал о «недостаточных» студентах так: «Те из них, которым необходимо денежное пособие для продолжения курсов по разрешению попечителя получают стипендии и таким образом принимают от университета вдруг нравственную, умственную и вещественную помощь, чтобы вполне обеспечено было их будущее» [Годовой..., 1847: 49]. Согласно данным университетских отчетов, доля студентов, получающих стипендию, была невысока; если в 1846/47 г. университетское пособие получали 4 % своекоштных студентов, в 1848/49 гг. лишь 2 %, то с начала 50-х гг. XIX в. число своекоштных студентов, получающих материальную поддержку от университета, составляло от 6 до 8 %.

С увеличением числа «недостаточных» студентов и сокращением числа «бюджетных» мест появляется разнообразие стипендий, которые учреждает государство и частные лица, что было отчасти стимулировано общественным обсуждением тяжелого бытового положения петербургских университетов.

В 1846 г. по высочайшему повелению в Санкт-Петербургском университете были учреждены три стипендии Его Императорского Величества по 300 руб. серебром в год. В 1850-е гг. среди учредителей стипендий стали появляться частные лица, региональные сообщества и ведомственные структуры. В 1850 г. князь Н. Б. Юсупов, будучи студентом университета, пожертвовал капитал в 10 тыс. руб. на учреждение из процентов двух стипендий по 200 руб. для беднейших студентов, которые на вступительном экзамене получают высшие баллы по русской словесности и русской истории [Гришунин, Жерихина, 2008: 596–598].

С 1855 г. в университете стали выдавать 10 стипендий от Министерства иностранных дел и 11 — от Министерства народного просвещения по 300 руб. в год. Стипендиаты должны были представить в вуз свидетельство о бедности. По условиям статута стипендии они обязывались

прослужить несколько лет, обычно не менее шести, по распределению ведомства, предоставившего студенту возможность относительно безбедно проучиться и получить специальность.

Университетское сообщество тоже не оставалось в стороне от вопроса финансовой поддержки учащихся. В 1852 г. сами студенты собрали сумму в 2 500 руб. с целью учреждения стипендии в 100 руб. для содержания одного студента — «стипендиата Мусина-Пушкина», так как стипендия была учреждена в честь попечителя Санкт-Петербургского учебного округа М. Н. Мусина-Пушкина. Выбор в данном случае мог носить конъюнктурный характер, ведь в памяти современников М. Н. Мусин-Пушкин остался как человек вспыльчивый, нередко возмущавший своим поведением не только студентов, но и просвещенное общество столицы. Учреждение стипендии имени русского поэта А. С. Пушкина, о котором, вероятно, вспомнил читатель данной статьи, произошло значительно позже и относится скорее к современным университетским хроникам.

В первой половине XIX в. для университетского сообщества важно было подчеркнуть свое единство и внимание университетской администрации к решению вопроса о материальной поддержке способных студентов. Именно поэтому стипендии учреждались в честь людей, которые внесли весомый вклад в развитие университетского образования, как, например, попечитель М. Н. Мусин-Пушкин, ректор М. А. Балугьянский, профессор Н. М. Колмаков и др.

В статутах стипендий подробно оговаривались условия премирования отличившихся студентов. Большинство частных меценатов хотели, чтобы студенты, получавшие именные стипендии, имели высокий средний балл на итоговых экзаменах из курса в курс. К примеру, претенденту на трехсотрублевую стипендию, учрежденную статским советником В. П. Макиным, необходимо было набрать средний балл не менее 4. Для некоторых филантропов определяющим фактором при выборе стипендиата становилась конфессиональная или национальная принадлежность или факультет, на котором когда-то обучался или преподавал благотворитель. В 1875 г. на таких условиях появилась сти-

пендия имени профессора права и первого ректора университета М. А. Балугьянского — в память о нем члены семьи собрали 2 150 руб. и учредили одну стипендию в размере 120–180 руб. в год для православного студента юридического факультета.



Рис. 5. М. Н. Мусин-Пушкин (1795–1862) — попечитель Санкт-Петербургского учебного округа

Условия и размер выплат были зафиксированы в правительственном распоряжении об учреждении стипендии. Так, стипендия И. А. Крылова, определенная в 800 руб. в год, выдавалась по третям года, именная стипендия Алексея Евреинова — ежемесячно по 20 руб. серебром, в начале каждого полугодия перечислялось еще по 30 руб. «на экипировку» студента. Некоторую сумму студент-стипендиат мог получить и по завершении обучения. Это предусматривалось, например, положением о стипендии на счет капитала Тамбовцева, согласно которому, студент при выпуске из университета в учительскую службу получал 120 руб. на обмундирование и 80 руб. на учебные пособия.

Были стипендии совсем незначительные в финансовом отношении, учрежденные скорее для того, чтобы оказать некое моральное поощрение или материальное содействие студенту, нежели обеспечить его на время прохождения курса. Такие стипендии, как правило учрежденные в отдаленных губерниях для подготовки учителей, были единичными. Так, стипендиат дирекции училищ Ковенской губернии получал всего 60 руб. в год, столько же было определено для студента-стипендиата Тамбовского приказа общественного призрения.



Рис. 6. М. А. Балугьянский (1769–1847) — первый ректор Санкт-Петербургского университета

Многие современники отмечали, что размер стипендии был недостаточен и не обеспечивал молодым людям средств к самому скромному существованию. Во многих случаях назначение столь скромной стипендии не достигало своей цели, поскольку не давало возможности посвятить себя наукам, не прибегая к дополнительным источникам заработка: урокам, переводам, переписыванию бумаг в канцеляриях.

Особенно тяжело приходилось первокурсникам, не имеющим права на получение стипендии. В незначительной степени положение

спасали благотворительные акции самих студентов с перечислением вырученных средств беднейшим товарищам или организованные в середине XIX в. студенческие кассы. Один из студентов того времени писал: «Можно было, правда, выхлопотать что-нибудь из суммы, собранной с ежегодного концерта, наконец, из нашей собственной, едва возникшей кассы, но нуждающихся было так много, а денег так мало, что урвать что-либо было и трудно, да и просто совестно, если только проситель буквально не умирал с голоду» [Острогорский, 1895: 82].

О бедном студенте замолвите слово...

Остаться без материальной поддержки в столичном городе было равносильно жизненной катастрофе. Безвыходное материальное положение вынуждало молодых людей на отчаянные поступки. В феврале 1825 г. своекоштный студент Иван Сокальский обратился с прошением (а точнее, письмом, поскольку оно было подано вопреки установленному порядку) прямо на высочайшее имя, вероятно, препроводив его в отделение императорской канцелярии. Студент сообщал, что живет на вольной квартире, не имеет средств содержать себя, и просил вспомоществования на год, до окончания курса наук. «Иначе мне придется, — говорилось в прошении, — оставить продолжение наук, так необходимое средство к общей пользе <...> Нет у меня ни родных, ни благодетелей, могущих поддержать меня еще один год до окончания наук моих, без которых нельзя быть полезным отечеству» [ЦГИА СПб. Ф. 139. Оп. 1. Д. 3917. Л. 2].

Император вмешался в это дело и повелел перевести на содержание студента Сокальского в Санкт-Петербургском университете до окончания курса учения по 500 руб. в год, а кроме того, выдать ему единовременно на уплату долга 150 руб. из сумм Государственного казначейства. Но для Сокальского это благодеяние оказалось роковым. Будучи поселен вместе с казеннокоштными студентами в здании университета, он оказался не в состоянии перенести регламентацию быта и совершил «нравственные проступки». Он несколько раз без разрешения уходил со двора университета к

своим знакомым, живущим поблизости, найден был там специально посланным служителем пьяным и приведен в университет. Правление университета определило ходатайствовать об исключении Сокальского 19 ноября 1825 г. (в день смерти его благодетеля!) [Жуковская, Казакова, 2018: 190].

Встречаются случаи личного участия и Николая I в судьбе универсантов. Однажды студент, у которого не было средств заплатить за съем жилья, «поселился» на скамейке, в парке рядом с императорским дворцом, а чтобы привлечь внимание, написал на скамье: «Квартира студента Александрова». Его забрали в полицию, но наказывать не стали. Попечитель Петербургского учебного округа К. М. Бороздин в переписке с директором департамента МНП Д. И. Языковым выразил глубокое сожаление о невозможности поместить на казенное содержание бедствующего своекоштного студента Александрова, «ибо в Университете нет даже места для воспитанников, окончивших курс в гимназии»; но добавил, что весьма желательно было бы сделать Александрову какое-либо вспомоществование, которое он весьма заслужил, но университет не имеет на это совершенно никаких средств». Дело дошло до императора Николая I и «украсилось» его собственноручной резолюцией, предписывающей дать студенту помещение в университете и денежное содержание.

Не имея законных оснований для получения стипендии, молодые люди решались обращаться с личной просьбой и к ректору. Так, в личном фонде П. А. Плетнева сохранилось письмо от студента Ивана Кудринского с просьбой о помощи в получении стипендии. Из письма понятно, что молодой человек не впервые обращается к Плетневу. Он пишет: «Обязанный уже Вам многим, многим, я не решился беспокоить Вас до тех пор, пока не убедился, что положение мое безвыходно» [РО ИРЛИ. Ф. 234. Оп. 3. Д. 353]. Студент сообщает о том, что по болезни отсутствовал в университете в течение академического года, и Правление согласилось на перевод его со второго курса на третий с обязательством сдать в августе экзамен по дифференциальному исчислению. Однако перенос экзамена на осень означал потерю стипендии на следующий год. Из письма ясно, что

Кудринский ежемесячно получал «балловые деньги» (т. е. пособие за хорошие успехи), которые составляли для него единственное средство к существованию. «Не имея здесь души знакомой, не имея даже товарищей, которые могли бы мне помочь, тревожимый опасностью нетерпимой нищенской жизни, которую я испытывал в Одессе, я решился обратиться снова к Вам», — пишет он Плетневу.

Молодой человек просит ректора поручиться за него перед университетским Правлением в том, что он выдержит экзамен в августе. Кудринский пишет, что он мог бы обратиться за поручительством и к начальству гимназии, которую он окончил с золотой медалью, но согласия пришлось бы ждать около трех месяцев. «Опыт научил меня, что значит просить формально, о чем бы то ни было за 2000 верст, — печально констатирует он, — согласие я получил бы тогда, когда уже не нуждался бы в нем». Кудринский, однако, допускает, что его просьба о поручительстве может быть невыполнима. При таком исходе он просит П. А. Плетнева как «частного человека» ссудить его (попросту дать в долг) суммой, равной месячной стипендии, т. е. 25 руб. 83 1/3 коп. в июле и такой же суммой в августе, и гарантирует возврат долга своим честным словом. Можно предположить, что отзывчивый П. А. Плетнев оказал молодому человеку финансовую помощь приватно. Практика обращения с личными прошениями к ректору существовала и в других русских университетах.

Иногда судьба «недостаточных» студентов заканчивалась трагически. Так, 17 ноября 1851 г. в лесу, примыкающем к Чесменской военной богадельне, было найдено тело студента Петербургского университета Осипа Петрицы. После тщательного расследования выяснилось, что молодой человек, проучившись год за казенный счет как стипендиат Виленского учебного округа, был исключен из числа стипендиатов из-за недостатка вакансий. Оставшись без средств, студент обратился за помощью к дяде,

который не смог ему помочь. По заключению следствия, «находясь в совершенной нужде», Петрица застрелился.

Вообще, в конце 1840-х гг. студенчество охватывает первая «волна» самоубийств, имеющая, видимо, чисто социальные причины: бедность, невозможность погасить долги, отсутствие или внезапное лишение содержания. Все это происходило на фоне ужесточения политики Николая I в университетском вопросе: повышения платы за обучение, сокращения количества казенных стипендий, усиления учебного, полицейского и нравственного надзора. Практика личного вмешательства монарха в дела студентов и трагические судьбы некоторых универсантов свидетельствуют о несовершенстве системы государственной помощи беднейшим студентам [Жуковская, Казакова, 2018: 191–192].

Социальные и национальные различия, а также неодинаковый материальный статус студентов и система их финансовых отношений с университетом определяли вариативность моделей поведения, принятых в студенческой среде, — от «аристократов», находившихся на одном полюсе студенческой массы, до беднейших «бурсаков», сохранивших грубость нравов и аскетические привычки в быту. Но в целом единые для всех условия обучения, одинаковое правовое положение в стенах университета и общность профессиональной деятельности (занятий науками) способствовали сглаживанию сословных, возрастных и национальных различий петербургских студентов, которые ради обучения в университете готовы были терпеть различные лишения и невзгоды, формируя в своем коллективном сознании дух товарищества и университетского братства. Государство, с одной стороны, стремилось поддержать способных университетских воспитанников, с другой — сократить число студентов из непривилегированных сословий, которых, по мнению правительства, отличали радикальные политические взгляды.

Литература

Белов И. Д. Университет и корпорация (отрывок из воспоминаний) // Исторический вестник. 1880. № 4. С. 779–804.

Годовой торжественный акт в Императорском Санкт-Петербургском университете, бывший 8 февраля 1847 г. СПб., 1847. 300 с.

Гришунин П. В., Жерихина Е. И. Стипендии // Три века Санкт-Петербурга. Деятнадцатый век: Энциклопедия. Кн. 6. СПб., 2008. С. 596–598.

Жуковская Т. Н., Казакова К. С. Anima universitatis: студенчество Петербургского университета в первой половине XIX века. М.: Новый хронограф, 2018. 576 с.

Казакова К. С., Жуковская Т. Н. Студенты и инспекторы: от «семейного стиля» к нравственно-политическому надзору (на материалах Педагогического института и Петербургского университета 1800–1850-х гг.) // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4, История. Регионоведение. Международные отношения. 2020. Т. 25, № 2. С. 68–79. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2020.2.5>.

Кудрявцев П. Н. Детство и юность Грановского // Русский вестник. 1858. Т. XVIII, кн. 1. С. 5–50; кн. 2. С. 157–186.

Острогорский В. П. Из истории моего учительства. Как я сделался учителем (1851–1864 гг.). СПб., 1895. 293 с.

Рукописный отдел Института русской литературы РАН (РО ИРЛИ). Ф.234. Оп. 3. Д. 353. Письмо к Плетневу П. А. Кудринского Ивана (студента). 1860 г.

Центральный государственный исторический архив Санкт-Петербурга (ЦГИА СПб). 1825. Ф. 139. Оп. 1. Д. 3917. [По всеподданнейшему прошению своекоштного студента Сокальского о вспомоществовании. 1825 г.].

Чумиков А. А. Петербургский университет полвека назад. Воспоминания бывшего студента // Русский архив. 1888. Кн. 3, № 9. С. 120–150.

ЗАБРОШЕННЫЕ РУДНИКИ ХИБИН

Г. С. Ильин

Научно-организационный отдел ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты

Аннотация

Два заброшенных рудника — молибденитовый рудник на горе Тахтарвумчорр и ловчорритовый в ущелье Гакмана — разрабатывались в 1930-е гг. В настоящее время это своеобразные памятники эпохи героического освоения Хибин, расположенные в транспортной и пешей доступности от г. Кировска, а также популярные туристические объекты.

Ключевые слова:

А. Н. Лабунцов, история освоения Хибин, Кольский п-ов, ловчоррит, молибденит, рудник, трест «Апатит», Хибинь.

ABANDONED MINES IN Khibiny MTS

Grigory S. Ilyin

Department of Science Management, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity

Abstract

Two abandoned mines the Molybdenitovyi mine on Takhtarvumchorr Mountain and the Lovchorritovyi mine in the Gakman' Gorge were developed in the 1930s. At present, they are regarded as original monuments of the period of the industrial development of the Khibiny, as well as popular tourist sites located in transport and walking distance from Kirovsk.

Keywords:

A. N. Labuntsov, abandoned mines, industrial development history, Khibiny Mountains, Kola Peninsula, lovchorrit, molybdenit, trust "Apatit".

На данный момент в Хибинском горном массиве, расположенном на Кольском п-ове, обнаружено около 600 различных минералов, что составляет более 10 % известных человечеству минеральных видов. Десятки из них не встречаются больше нигде в мире. В здешних недрах находятся редкие горные породы, которые по своим запасам и величине выделений превосходят все существующие известные мировые месторождения. Яркий тому пример — апатит-нефелиновые руды, открытые в середине 1920-х гг. Добыча апатита ведется с 1929 г. по сегодняшний день. Известные крупные месторождения редких и красивых эвдиалитов, астрофиллитов и других редких минералов подарили огромное количество коллекционного и поделочного материала.

В начале периода промышленного освоения Хибин в 1930-е гг. горно-химическим трестом «Апатит» велись экспериментальные разра-

ботки также и других руд: сфеновых — для производства титановых белил, молибденитовых — источника молибдена для получения прочной броневой стали, пирротиновых — сырья для производства серной кислоты, ловчорритовых — ценного источника редких земель и радиоактивного тория.

Время и природные факторы не пощадили старые выработки, но в летние месяцы еще можно посетить некоторые объекты той эпохи. Наибольший интерес представляют два заброшенных рудника, именно о них и пойдет речь.

Первый объект — молибденитовый рудник. Расположен примерно в 10 км от г. Кировска, на восточном отроге г. Тахтарвумчорр, между 1-м и 2-м восточными цирками, на высоте около 300 м по вертикали над живописным оз. Малый Вудъявр. Месторождение было открыто летом 1927 г. А. Н. Лабунцовым, который ранее открыл в Хибинах и промышленные запасы апатита. Проявления молибденита

были обнаружены им и в других частях горного массива. Одно из крупных месторождений этого минерала было описано в верховьях р. Тульйок, северо-восточнее перевала Безымянный. Расположенное на крутом обрывистом склоне Кукисвумчорра, оно получило название «Ласточкино гнездо» [Лабунцов, 1935].

Месторождение на Тахтарвумчорре, однако, оказалось не только крупнее, но и удобнее для освоения. В 1930 г. уже была проложена дорога к оз. Малый Вудъявр и построено первое здание Хибинской горной станции «Тьетта».

Летом 1930 г. трест «Апатит» выделил А. Н. Лабунцову 10 рабочих для проведения разведочных работ, силами которых было добыто около 3 т руды со средним содержанием полезного компонента 1,46 % [Красоткин и др., 2005].

Месторождение показалось перспективным. В период с 1931 по 1933 гг. здесь было пройдено несколько штолен и штреков общей протяженностью более 300 м (рис. 1). В 1933 г. появилась идея создания обогатительной фабрики в районе оз. Большой Вудъявр. В том же году работы на молибденитовом руднике были описаны в путевых заметках известного писателя М. М. Пришвина, побывавшего в строящемся Хибиногорске [Пришвин, 1984].

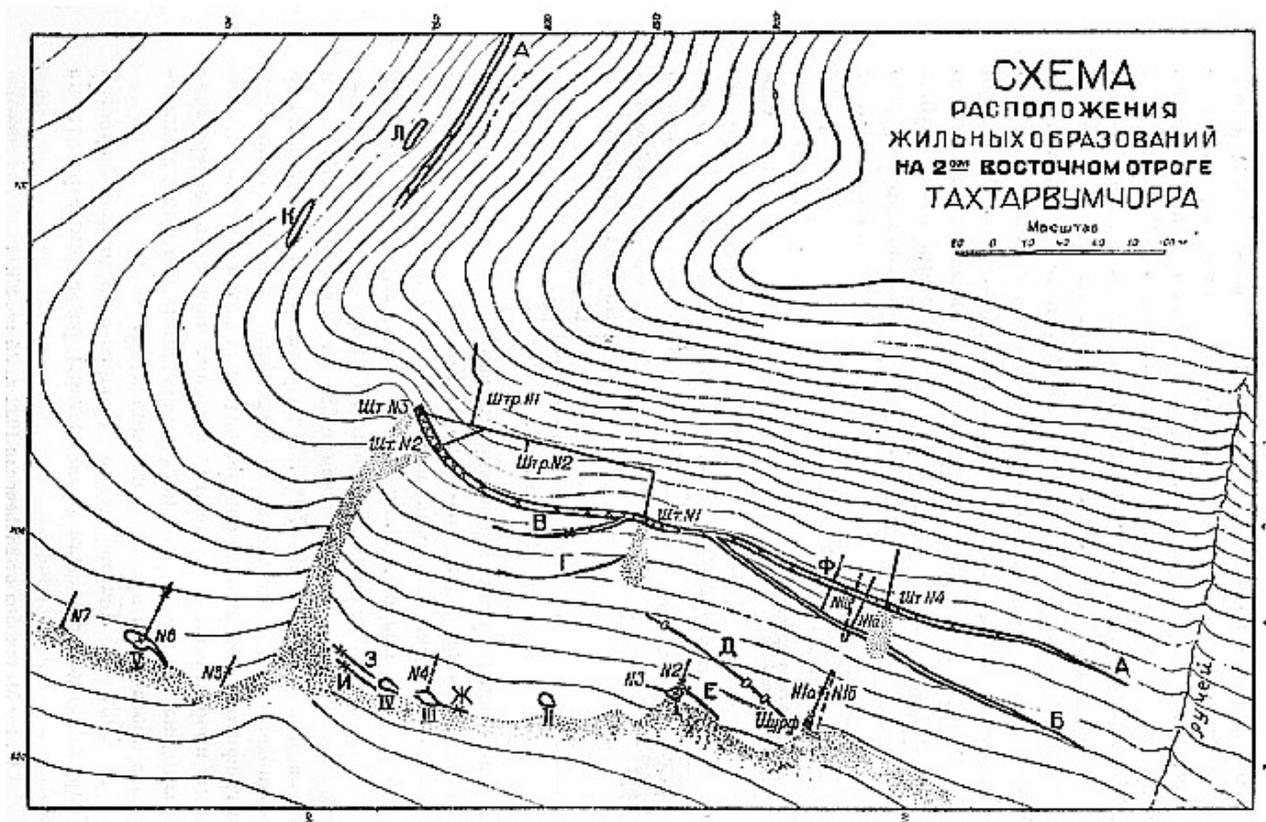


Рис. 1. Схема молибденитового рудника [Лабунцов, 1935]

Но содержание молибдена в руде было нестабильным, опыты по обогащению не давали должных результатов. В то же время в других регионах страны были разведаны более крупные месторождения молибденита. В 1934 г. рудник на горе Тахтарвумчорр был заброшен.

В наше время попасть туда можно по грунтовой дороге, ведущей от санатория «Тирвас» до оз. Малый Вудъявр. В самой западной точке

озера, у истока р. Вудъяврйок, начинается двухкилометровая дорога, построенная в 1930-е гг. и сохранившаяся по настоящее время. От конца дороги налево, вверх по склону, идет хорошо набитая тропа. На высоте около 300 м над озером сохранился старый паровой компрессор, привезенный из США (по архивным документам, выпущен в Чикаго в 1908 г.) (рис. 2). С площадки у компрессора открывается очень красивый вид на долину оз. Малый Вудъявр, горные

хребты и микрорайон Кукисвумчорр. В обе стороны открываются впечатляющие панорамы на гигантские скальные чаши — ледниковые цирки г. Тахтарвумчорр.

Сами молибденитовые штольни, расположенные на обрывистых склонах выше компрессора, находятся в ветхом состоянии, частично затоплены. Если судить по передавленным гигантскими глыбами железным трубам и осыпавшемуся склону, то в недавнее время тут произошел обвал, уничтоживший удобный подход к выработкам. Рудник полностью заброшен. Местами высота сводов ниже 1,5 м, так что приходится идти пригнувшись.



Рис. 2. Паровой компрессор на отроге г. Тахтарвумчорр и вид на долину оз. Малый Вудъявр

Второй примечательный объект — **ловчорритовый рудник**, расположенный в мрачном и пустынном ущелье Гакмана г. Юкспор. Ущелье получило такое название еще в начале 1920-х гг. в честь исследователя Виктора Гакмана — участника финляндской экспедиции по изучению Хибин под руководством геолога Вильгельма Рамзая в 1891–1892 гг.

Ловчоррит был открыт в начале 1920-х гг. на г. Ловчорр и назван по месту находки. Это радиоактивный минерал, содержащий редкие земли, торий и небольшие примеси урана. В настоящее время Международной минералогической ассоциацией (ИМА) для данного вида утверждено название мозандрит-(Ce), но его скрытокристаллическая разновидность из Хибин продолжает быть известной под названием «ловчоррит».

В 1925 г. А. Н. Лабунцов и группа рабочих были специально командированы в Хибин для сбора пробной партии этого минерала, а в

1930 г. на г. Юкспор была обнаружена целая серия крупных выходов ловчорритовых жил. Для СССР это было первое крупное месторождение с такими ценными и редкими элементами. С 1931 г. начались разведочные работы, показавшие перспективность добычи со средним содержанием ловчоррита 10 % (1,7 % TR_2O_3) [Красоткин и др., 2008].

В 1933 г. в районе пос. Юкспорйок была построена сфено-ловчорритовая обогатительная фабрика. От нее до выработок была проложена шестикилометровая дорога, проходившая большей частью по дну ущелья. Под разрабатываемыми штольнями был построен небольшой поселок из нескольких двухэтажных барачков. Писатель М. М. Пришвин, побывавший в 1933 г. на строительстве первых домов, представил его как возможный будущий город Ловчоргорск [Пришвин, 1984].

Горные работы велись более 5 лет, но среднее содержание ловчоррита, несмотря на многочисленные разведочные работы, не соответствовало плановому и составляло всего 4–5,5 % (менее 1 % TR_2O_3).

В 1939 г. было принято решение о закрытии рудника и фабрики (ее руины до сих пор стоят на повороте к действующему Расвумчоррскому руднику КФ АО «Апатит»). Всего за время работы рудника было пройдено около 1 км горных выработок и добыто более 20 тыс. т руды.



Рис. 3. Остатки паровой машины на промплощадке ловчорритового рудника в ущелье Гакмана

Путь от входа в ущелье до ловчорритового рудника составляет около 4 км. Под выработками до сих пор сохранились фундаменты домов. Разрушительные лавины уничтожили все

постройки и мосты. Единственное строение, частично выдержавшее натиск лавин,— небольшая фидерная подстанция.

Сами штольни находятся на высоте около 300 м над дном ущелья под скалистыми обрывами Юкспора. Деревянные лестницы, некогда ведущие к штольням на середину склона, полностью сгнили. У входа в одну из выработок сохранились части паровой машины, вероятно служившей для работы лебедки, с помощью которой по склону поднимались вагонетки (рис. 3). С площадки на склоне открывается своеобразный, но живописный вид на извилистую долину Гакмана. Подземные выработки также находятся в аварийном состоянии. Деревянная крепь во многих местах сгнила и разрушена. В массиве возможны тектонические подвижки

как под действием геологических процессов, так и за счет взрывных работ в ныне действующих рудниках.

На территории ловчорритового рудника имеет место повышенный радиационный фон. Под штольнями дозиметр показывает 60–100 мкр/ч, непосредственно у входа — 200–250, а внутри показатели достигают 1500 мкр/ч.

Оба описанных объекта можно назвать памятниками эпохи героического освоения Хибин. Они находятся в транспортной и пешей доступности от г. Кировска, а посещение каждого возможно за один день. Благодаря этому в последние годы, несмотря на опасность обрушения кровли рудников, эти места стали популярными туристическими точками.

Литература

Красоткин И. С., Войтеховский Ю. Л., Лесков А. Л., Худобина В. С. Бурное прошлое ущелья Гакмана // Труды V Всероссийской Ферсмановской научной сессии. Апатиты, 2008. С. 44–48.

Красоткин И. С., Лесков А. Л., Войтеховский Ю. Л., Шпаченко А. К. Заброшенный молибденитовый рудник Тахтарвумчорр // Труды II Ферсмановской научной сессии. Апатиты, 2005. С. 10–14.

Лабунцов А. Н. Месторождения молибденита в Хибинских тундрах // Материалы к геохимии Хибинских тундр. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1935. С. 5–42. (Тр. Кольской базы АН СССР; Т. 1).

Пришвин М. М. Путевые заметки // Пульс Хибин. Л.: Сов. писатель, 1984. 440 с.

DOI:10.37614/2307-5228.2020.12.3.006

УДК 001.4

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЛЕКТОРИИ НА КАРАНТИНЕ

Е. А. Боровичев¹, Н. Е. Королева², Я. А. Стогова³, К. П. Данилин³, Н. Ю. Чернова³

¹Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты

²Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН, г. Кировск

³Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты

Аннотация

С 2015 г. в г. Апатиты постоянно работают два научно-популярных лектория — лекторий под эгидой главы города Апатиты в Доме культуры им. В. К. Егорова и лекторий «Край, в котором я живу» в библиотеке им. Л. А. Гладиной. С 12 апреля оба лектория переместились в виртуальный формат на платформе ZOOM. В 2020 г. у Кольского научного центра РАН появился официальный канал на YouTube. Начало его работы совпало с началом карантина, поэтому было решено использовать канал для научно-популярных лекций, во время которых ученые делились бы результатами исследований, аналитическими данными, историческими фактами и рассказывали о своей деятельности простым и доступным языком. Всего за время карантина прошло 27 онлайн-лекций.

Ключевые слова:

лектории, Мурманская обл., популяризация науки.

POPULAR SCIENCE LECTURES IN QUARANTINE

Evgeny A. Borovichev¹, Natalia E. Koroleva², Yana A. Stogova³, Konstantin P. Danilin³, Natalia Yu. Chernova³

¹Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity

²Polar-Alpine Botanical Garden-Institute, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Kirovsk

³Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity

Abstract

Since 2015, two platforms for popular science lectures have been constantly operating in Apatity. The first one is supported by the head of the Apatity and based in the House of Culture named after V.K. Egorov. The second platform «The land where I live» is situated in the city library named after L. A. Gladina. Since April 12, with the beginning of the quarantine, the both lecture platforms have moved into a ZOOM virtual format. In 2020 the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences has got an official YouTube channel. It was used for popular science lectures, in the course of which scientists would share results of research, analytical data, historical facts in a simple and informal language; 27 online lectures in total.

Keywords:

Popular Science Lectures, Murmansk Region.

С 2015 г. в г. Апатиты постоянно работают два научно-популярных лектория — лекторий под эгидой главы города Апатиты в Доме культуры им. В. К. Егорова и лекторий «Край, в котором я живу» в библиотеке им. Л. А. Гладиной.

Лишь карантин прекратил привычные для многих горожан встречи на площадках лекториев.

С 12 апреля оба лектория обрели виртуальный формат на платформе ZOOM.

Открыл череду онлайн-лекций известный краевед, аналитик научно-организационного отдела КНЦ и член Российского минералогического общества **Григорий Ильин** рассказом «*Главный метеоролог Хибин*» о совершенно замечательном человеке, незаслуженно забытом ученом и краеведе — Иннокентии Константиновиче Тихомирове. Он приехал в Хибинь в 1933 г. в составе климатологического отряда. А чуть позже академик Ферсман выделил третий этаж недавно построенной научной станции «Тьетта» под метеорологическую станцию, которую и возглавил молодой астроном и метеоролог. Будучи членом Всесоюзного географического общества, Тихомиров писал в «Известия ВГО» статьи по истории освоения Хибин, обзоры различных событий, а также составил географическую номенклатуру Хибинских тундр.

Рассказы об исследованиях Кольского п-ова XIX–XX вв. сродни приключенческим романам. Одну из таких историй — *об экспедициях финских ученых в Русскую Лапландию, организованных Зоолого-ботаническим обществом Финляндии в 1861 и 1863 гг.*, — рассказал доцент Московского государственного университета, уроженец села Умба **Михаил Кожин**. Слушатели узнали о том, как и где работали исследовательские группы, о результатах этих экспедиций, а также о том, что можно было найти не только в официальных публикациях, но и в архивных материалах.

Из рассказа мурманского краеведа **Евгения Данилкина** слушатели узнали *об истории строительства Мурманской железной дороги* (или просто «Мурманки»): какие предлагались проекты, какими маршрутами могла бы пройти железная дорога, — и самое интригующее — какие были варианты размещения конечной станции назначения в районе глубоководного порта. Стройка железной дороги пришлась на годы Первой мировой войны, но задумана была еще в начале века.

Особенную лекцию 3 мая прочитала главный редактор местной газеты «Дважды Два» **Наталья Чернова** — *о журналистике, о создателе газеты и ее многолетнем главном редакторе Игоре Николаевиче Дылёве*, о знаменитых подвалах редактора и о книгах, которые написали журналисты газеты.

В дни празднования 75-летия Победы *разговор шел о Хибинах военного времени*. Документы тех лет листала сотрудник Государственного архива Мурманской области в городе Кировске **Ольга Герчина**. Над Хибинами не рвались снаряды — здесь был тыл, в котором каждый день совершались многие незаметные подвиги.

В середине мая состоялось *необычная микологическая виртуальная экскурсия*. Вместе со старшим научным сотрудником ИППЭС КНЦ РАН **Юлией Химич** слушатели изучали изображения различных грибов на... живописных полотнах.

Лекция старшего научного сотрудника кафедры прикладной экологии Санкт-Петербургского государственного университета **Ивана Нехаева** «*Маленькие улитки во льдах Арктики*» позволила слушателям заглянуть в мир арктических морей и познакомиться с крошечными индикаторами состояния вод, а также узнать, чем улитки могут быть полезны при изучении изменений климата Арктики.

31 мая сезон лекториев закрывала лекция **Михаила Кожина** «*Растения-пришельцы во флоре Мурманской области*» о том, как происходит вселение растений-чужеземцев, безобидны ли они для местной флоры, а также о наиболее распространенных сорняках и самых опасных и агрессивных видах-вселенцах. Слушатели узнали, как любители природы могут помочь ученым в сборе данных о распространении растений с помощью портала iNaturalist.org, на котором находят друг друга любители фотографии растений, животных и грибов и специалисты по тем или иным группам живой природы.

В 2020 г. у Кольского научного центра РАН появился официальный канал на самом популярном видеохостинге YouTube для информирования о научных открытиях, проводимых исследованиях, популяризации науки. Работа YouTube-канала совпала с началом карантина, и было решено использовать его для чтения цикла научно-популярных лекций. Ученые КНЦ делились результатами исследований, аналитическими данными, историческими фактами и рассказывали о своей деятельности простым и доступным языком.

В год 90-летия Кольского научного центра, конечно же, не обошлось без рассказа о его основателе — академике Александре Евгеньевиче Ферсмани. **Григорий Ильин** рассказал о том, как сто лет назад проходила первая экспедиция Ферсмана в Хибины, о каждом этапе экспедиции — от планирования до позднейшего влияния на северную науку.

...Как сделать Арктику зеленой? Можно ли рекультивировать ее земли, превратившиеся в техногенные пустоши? Что такое «почвенное конструирование» и какие существуют природосберегающие виды утилизации отходов горнорудного производства? На эти вопросы в своей лекции «Озеленяя Арктику» ответила старший научный сотрудник «молодежной» лаборатории природоподобных технологий и техносферной безопасности Арктики ФИЦ КНЦ РАН **Марина Слуковская**.

В лекции «Молекулярные сита из Хибинских руд» младший научный сотрудник этой же лаборатории **Глеб Самбуров** раскрыл историю открытия минерала иванюкита в Хибинах, рассказал о его сорбирующих свойствах и в каких сферах можно применять новые сорбенты — от очистки жидких радиоактивных отходов до медицины.

Минералогическую лекцию о поделочных и коллекционных камнях Кольского п-ова прочел заведующий «молодежной» лабораторией природоподобных технологий и техносферной безопасности **Тарас Паникоровский**. Речь шла о минералах-«эндемиках», которые являются визитной карточкой Мурманской обл. и привлекают внимание минералогов всего мира.

Научный сотрудник ИХТРЭМС КНЦ РАН **Никита Цветов** рассказал об особенностях создания эвтектических смесей (относящихся к неводным растворам) и вариантах применения этих новых технологий.

Лекция о полярном сиянии, прочитанная главным техническим редактором редакционно-издательского отдела КНЦ РАН **Валентином Жигановым**, получилась яркой и красочной. Рассказчик уже долгие годы увлекается фотографией, но известность ему принесло умение ловить в объектив полярное сияние. Это явление природы в различных культурах окутано мифами и легендами. Слушатели

смогли понаблюдать игру сполохов, запечатленных в фотографиях и видеороликах Валентина Жиганова.

Заведующая научным архивом КНЦ РАН **Елена Макарова** провела две исторические лекции — об ученых Кольской базы АН СССР в годы Великой Отечественной войны и о Федоре Терновском, заместителе директора Кольской базы АН СССР с 1940 г.

Две лекции прочла научный сотрудник Центра наноматериаловедения КНЦ РАН **Галина Калашникова**. В одной из них она затронула перспективы применения синтетических природоподобных наноматериалов в области медицины и фармацевтики, во второй освещалась актуальная тема переработки твердых бытовых отходов для улучшения экологической ситуации в регионе.

В структуру Кольского научного центра входит Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике (НИЦ МБП), поэтому несколько онлайн-встреч было посвящено медицинской тематике. Главный научный сотрудник НИЦ МБП **Наталья Белишева** рассказала об особенностях сохранения здоровья человека в арктических условиях, директор НИЦ МБП **Владимир Мегорский** и его заместитель **Людмила Степина** — о возможностях и перспективах телемедицины в организации качественного и оперативного медицинского обслуживания в Заполярье.

Некоторые медицинские аспекты затронули и иногородние гости лектория. **Елена Облучинская**, сотрудник Мурманского морского биологического института, рассказала о получении противовирусных препаратов из бурых морских водорослей, которыми богаты северные моря. **Анна Максимова**, доцент кафедры дерматовенерологии Первого Санкт-Петербургского государственного университета им. академика И. П. Павлова, — о том, как новая коронавирусная инфекция повлияла на исследования в области дерматологии, дала рекомендации по уходу за кожей в условиях постоянного использования дезинфекторов.

Лекции о северной природе остаются одними из самых популярных. О полезных свойствах лекарственных растений Мурманской обл. рассказала заместитель директора НИЦ

МБП по науке **Оксана Гонтарь**. Она поделилась информацией о том, как местные и интродуцированные растения помогают людям справляться с климатической нагрузкой и иными видами стресса. Ответ на вопрос: «*Борщевик — враг или друг?*» — можно было услышать в лекции **Елены Ахтуловой**.

Цикл из трех лекций провел главный научный сотрудник лаборатории геологии рудных месторождений ИГЕМ РАН, президент межрегионального общественного Ломоносовского фонда, чл.-корр. РАН **Константин Лобанов**. Он рассказал о *первых российских научных арктических экспедициях XVIII века, о геологической истории русского Севера* и об освоении природных ресурсов Русской Арктики в Средние века.

В этом году в связи с неблагоприятной эпидемиологической обстановкой все мероприятия «Ночи музеев» проводились в онлайн-формате, Кольский научный центр РАН не стал исключением. 16 мая на официальном YouTube-канале прошли настоящие экскурсии по Музею-архиву Истории изучения и освоения Европейского Севера, их провела ведущий научный

сотрудник ЦГП КНЦ РАН **Ольга Шабалина**. По Музею геологии и минералогии им. И. В. Белькова экскурсию вел старший научный сотрудник лаборатории минералогии Геологического института КНЦ РАН **Павел Припачкин**. Виртуальные прогулки по выставочным залам подарили зрителям эффект присутствия и возможность ощутить себя рядом с удивительными экспонатами.

Работа научно-популярных лекториев возобновится после летнего перерыва в октябре. К сожалению, в связи со сложной эпидемиологической ситуацией начнем мы в онлайн-формате, но надежда на очные встречи в нас живет. Следите за объявлениями!

Все лекции можно увидеть по ссылкам:

<https://www.youtube.com/channel/UCCr7i7WEch0LpX2E4LFbMoQ/playlists> — YouTube-канал научно-популярного лектория «Край, в котором мы живем»;

<https://www.youtube.com/channel/UCRtauwv27ET0maaO5jE2WSw> — YouTube-канал Кольского научного центра РАН.

К ЮБИЛЕЮ НАДЕЖДЫ АЛЕКСЕЕВНЫ КОНСТАНТИНОВОЙ

TO THE ANNIVERSARY OF NADEZHDA ALEKSEEVNA KONSTANTINOVA



В сентябре 2020 г. свой юбилей отметила Надежда Алексеевна Константинова. Ее имя известно большинству отечественных ботаников. Посвятив свою жизнь науке и Полярно-альпийскому ботаническому саду-институту им. Н. А. Аврорина КНЦ (ПАБСИ), она бескорыстно дарит окружающим людям свет, тепло и удивительную энергию.

Надежда Константинова родилась в Москве, в семье научных сотрудников Института мерзлотоведения АН СССР. Сразу по окончании биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова в 1973 г. пришла в ПАБСИ, где до сих пор продолжает работу.

Надежда Алексеевна — доктор биологических наук, профессор, специалист с мировым именем в области изучения распространения,

географии, систематики и экологии печеночников, проблем охраны природы.

В 1979 г. она защитила кандидатскую диссертацию («Флора печеночников Хибин»), в 1998 г. — докторскую («Основные черты флор печеночников севера Голарктики»).

С 1998 г. Надежда Алексеевна возглавляет лабораторию флоры и растительных ресурсов, с 2003 по 2006 гг. была заместителем директора ПАБСИ по научной работе, на протяжении многих лет является членом Ученого совета Ботанического сада-института и Лапландского заповедника.



Надежда Алексеевна Константинова. 2000 г.

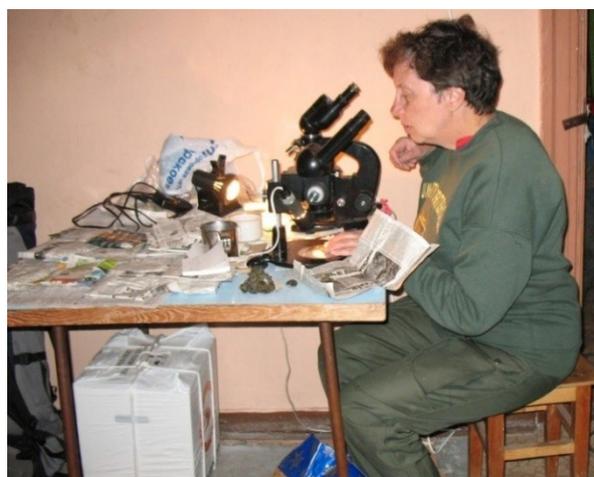
Н. А. Константинова внесла значимый вклад в познание печеночников севера Голарктики. Под ее руководством и при непосредственном участии составлены и опубликованы такие крупнейшие обобщающие работы, как «Список печеночников и антоцеротовых территории бывшего СССР» (1992), «Печеночники российской Арктики: список видов и библиография» (1997), «Список печеночников (Marchantiophyta) России» (2009) и др. Сравнение ряда северных флор печеночников между собой позволило переосмыслить известные ботанико-географические закономерности. Ею выполнены таксономические обработки ряда родов печеночников для флоры России, включающие детальные описания, распространение и экологию видов, описаны новые для науки виды печеночников, предложены новые номенклатурные комбинации. Благодаря ей и ее ученикам в тесном содружестве с лабораторией геносистематики Института физико-химической биологии им. А. Н. Белозерского, МГУ им. М. В. Ломоносова и БСИ ДВО РАН проведена реконструкция филогении ряда сложных групп печеночников из порядка *Junggermaniiales* на основе молекулярно-генетических данных и описаны более 30 новых для науки видов.

Надежда Алексеевна — инициатор проведения разноплановых ботанических исследований на арх. Шпицберген (Норвегия). С 2004 г. собранный ею коллектив проводит обследование бриофлор, лишенобиот, разнообразия цианопрокариот, а также почв различных районов ар-

хипелага, осуществляет эколого-физиологические эксперименты и мониторинговые наблюдения.

Более сорока лет она является куратором Гербария мохообразных ПАБСИ. Хранящаяся в гербарии коллекция печеночников с территории России — крупнейшая в мире.

Н. А. Константинова уделяет большое внимание вопросам экологии и охраны природы: подготовке областных, российских и международных Красных книг, разработке технических обоснований для создания заповедников, заказников, памятников природы.



Н. А. Константинова разбирает коллекции печеночников в пос. Пирамида (Шпицберген). 2008 г.

Участвовала в разработке концепции и создании Красных книг Мурманской обл., Восточной Фенноскандии, Ненецкого национального округа, Краснодарского края, Чукотского автономного округа, а также России. Является ключевым экспертом при подготовке двух изданий краснокнижного списка мохообразных Европы. С ее деятельным участием разработаны научные обоснования природного парка «Полуострова Рыбачий и Средний», заказников «Кутса» и «Лапландский лес», более 10 памятников природы. Надежда Алексеевна — инициатор и активный сторонник учреждения в Хибинах национального парка и один из ведущих авторов его научного обоснования. Входит в состав Научного совета по охране природы при Министерстве природных ресурсов и экологии Мурманской обл. и Комиссии по Красной книге Мурманской обл.



Надежда Алексеевна и Анатолий Николаевич Савченко в экспедиции на Шпицбергене

Надежда Алексеевна вырастила целую плеяду активно и творчески работающих научных сотрудников. Под ее руководством было успешно защищено 8 кандидатских диссертаций.

Из-под ее пера вышло не менее 340 научных работ, в том числе более 30 книг и брошюр.

Н. А. Константинова выступает талантливым популяризатором науки, участвуя в создании научно-популярных произведений о растениях и ценных ботанических территориях, таких как «Ботанические экскурсии по Хибинским и Ловозерским горам», книг из серии «Памятники природы и достопримечательности Мурманской области», атласа «Мохообразные, лишайники и цианопрокариоты окрестностей Пирамиды (Шпицберген): краткий путеводитель» и др.

В честь Н. А. Константиновой названы новые для науки виды — *Jungermannia konstantinovae* Bakalin & Vilnet, *Cephaloziella konstantinovae* Mamontov & Vilnet и *Cephaloziella nadezhdae* Mamontov, Heinrichs & Váňa.



Надежда Алексеевна во время празднования юбилея в Ботаническом саду (Кировск)

Надежда Алексеевна — яркая и творческая личность, последовательно поддерживает научные традиции ПАБСИ и лаборатории флоры и растительных ресурсов, привлекает в науку способную молодежь. Она осуществляет плодотворные контакты с мировым научным сообществом, поднимая тем самым престиж российской и региональной науки.

В 1982 г. Надежда Алексеевна вышла замуж за Анатолия Николаевича Савченко. В том же году в семье родилась дочь Надежда, подарившая им в 2014 г. внуку Александру. Эта супружеская пара — пример замечательной семьи, посвятившей свою жизнь науке.

Коллеги и друзья от всего сердца поздравляют Надежду Алексеевну с замечательным юбилеем и желают долгих лет, крепкого здоровья, семейного благополучия, реализации всех планов!

DOI:10.37614/2307-5228.2020.12.3.007

УДК 061.62(09)(470.21)

ЛЕТОПИСЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА. 2013 ГОД

О. А. Бодрова, Я. А. Стогова

Научно-организационный отдел ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты

Аннотация

Публикация продолжает летопись Кольского научного центра Российской академии наук и представляет основные события из его истории в 2013 г.: результаты научных исследований, итоги научно-организационной деятельности, сведения о научно-практических мероприятиях, общественной жизни, государственных и научных наградах сотрудников, о достижениях Центра, а также фотографии из рабочего архива научно-организационного отдела ФИЦ КНЦ РАН.

Ключевые слова:

история науки, Кольский научный центр, летопись, 2013 г.

ANNALS OF THE KOLA SCIENCE CENTER. YEAR 2013

Olga A. Bodrova, Yana A. Stogova

Department of Science Management, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity

Abstract

There is presented a chronology of the main events of the history of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences in 2013: the results of researches, scientific and management activities, information on events, social life, state and scientific awards and transformations, as well as photographs from the Archive of the Department of Science Management of the FRC KSC RAS.

Keywords:

Science history, Kola Science Center, annals, 2013.

31 января

В здании Президиума и Геологического института КНЦ РАН состоялась пресс-конференция для журналистов Мурманской обл., на которой ученые Кольского научного центра ответили на вопросы о своей текущей научно-исследовательской деятельности, об открытиях и итогах работы за предыдущий год.

15 февраля

В г. Апатиты на базе Центра гуманитарных проблем Баренц региона КНЦ РАН прошла V отчетно-выборная конференция Мурманской областной общественной организации «Друзья в Финляндии» («Наапурит»). Председатель Апатитского отделения общества — инженер-исследователь Кольского научного центра, руководитель выставки «Рациональное использование природных ресурсов Кольского полуострова» Т. М. Писарева.



Пресс-конференция в Малом конференц-зале Президиума КНЦ РАН

26 февраля — 1 марта

В Полярном геофизическом институте КНЦ РАН состоялся XXXVI ежегодный семинар «Фи-

зика авроральных явлений». В работе мероприятия, посвященного обсуждению новейших результатов в области исследования геофизических процессов на широтах авроральной и субавроральных зон, приняли участие ученые из 19 научно-исследовательских институтов и университетов страны, в том числе из научных подразделений Кольского научного центра. Основными темами семинара стали следующие: магнитосферные бури и суббури; плазменные оболочки Земли и токи в магнитосферно-ионосферной системе; волновые явления, взаимодействие волн и частиц в магнитосферно-ионосферной системе; процессы в системе Солнце — Земля, космическая погода и влияние солнечной активности на атмосферные явления и биологические объекты.

Авторский коллектив сотрудников Геологического института и ИХТРЭМС КНЦ РАН (Н. Н. Гришин, В. Т. Калинин, А. Г. Касиков, Ю. Н. Нерадовский, Е. Ю. Ракитина) удостоен диплома I степени и золотой медали Петербургской технической ярмарки, состоявшейся **12–14 марта**, а также диплома и бронзовой медали XVI Московского международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед 2013» (**2–5 апреля**) за разработку «Термохимическое обогащение железосодержащих руд и концентратов».



На заседаниях конференции «Гиперборья — туристский бренд Кольского региона»

19 марта

Указом Президента Российской Федерации № 247 за большой вклад в развитие науки и многолетнюю плодотворную деятельность по-

13–18 марта

Институт экономических проблем им. Г. П. Лузина совместно с Мурманским государственным техническим университетом провел Международную научно-практическую конференцию «Европейский Север: инновационное освоение морских ресурсов (образование — наука — производство)» на двух площадках: в Апатитах и Мурманске. Тематика конференции отразила различные аспекты теории и практики инновационных технологий в области экономики, государственного управления, науки и образования на Крайнем Севере. Мероприятие приурочено к Всероссийскому фестивалю науки.

18 марта

В Центре гуманитарных проблем Баренц региона состоялось обсуждение актуальных вопросов и проблем регионального развития туризма в рамках научно-практической конференции «Гиперборья — туристский бренд Кольского региона». Его организаторы — ЦГП КНЦ РАН, многофункциональный туристский центр «Гиперборья», сотрудничающий с комиссией научного туризма Русского географического общества, Совет музеев Кировско-Апатитского района. На мероприятии выступили руководители и ученые Кольского научного центра, представители местных туроператоров, сотрудники городских библиотек и музеев.

четными наградами отмечены ученые Полярного геофизического института Кольского научного центра РАН: доктор физико-математических наук, директор ПГИ КНЦ РАН Е. Д. Терещенко — орденом «За морские заслуги»,

кандидат физико-математических наук, заведующий сектором В. Д. Терещенко — медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени. Этим же Указом заведующей лабораторией флотационных реагентов и обогащения комплексных руд Горного института КНЦ РАН, кандидату технических наук В. А. Ивановой за заслуги в развитии химического комплекса присвоено почетное звание «Заслуженный химик Российской Федерации».

Указом Президента Российской Федерации № 254 почетное звание «Заслуженный работник связи Российской Федерации» присвоено помощнику директора Полярного геофизического института КНЦ РАН В. Ф. Григорьеву за заслуги в области связи и многолетний добросовестный труд. Почетного звания «Заслуженный

эколог Российской Федерации» за заслуги в охране окружающей среды и природных ресурсов (в частности, за разработку новой технологии восстановления почв в Чернобыле) удостоена зав. лабораторией геоэкологических технологий Горного института КНЦ РАН С. П. Меяц.

25 марта

Кольский научный центр посетила с рабочим визитом губернатор Мурманской обл. М. В. Ковтун. В ходе встречи, состоявшейся в конференц-зале Центра гуманитарных проблем Баренц региона, глава региона обсудила с учеными и представителями Президиума КНЦ РАН научно-техническую и инновационную политику в области.



Глава администрации г. Апатиты Н. А. Бова (слева), глава г. Апатиты Л. А. Лукичев (справа) во время визита губернатора Мурманской обл. М. В. Ковтуна (в центре) в Кольский научный центр



Встреча губернатора Мурманской обл. М. В. Ковтуна с учеными Кольского научного центра и журналистами в Малом зале Президиума КНЦ РАН

26–29 марта

В Институте информатики и математического моделирования технологических процессов состоялась V Всероссийская научно-практическая конференция «Теория и практика системной динамики», организованная совместными усилиями ИИММ КНЦ РАН, Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН, Института системного анализа и Петрозаводского государственного университета. Ученые из Москвы, Санкт-Петербурга, Петрозаводска, Апатитов, Йошкар-Олы рассмотрели теоретические вопросы системной динамики, имитационное моделирование в исследовании социально-экономических систем, применение

методов имитационного моделирования в исследовании промышленно-природных систем, информационные системы поддержки управления региональным развитием.

7–10 апреля

В Геологическом институте КНЦ РАН прошла X Всероссийская (с международным участием) Ферсмановская научная сессия, посвященная 130-летию со дня рождения академика А. Е. Ферсмана и 150-летию академика В. И. Вернадского. Помимо работы секций «Геология и геофизика», «Месторождения полезных ископаемых», «Общая и генетическая минералогия» и «Технологическая и экспериментальная ми-

нералогия» мероприятие включало проведение Международной научно-технической конференции Апатитского филиала МГТУ «Наука и образование 2013» с докладами от базовой кафедры геологии и полезных ископаемых и стендовые презентации. Участие в работе Ферсмановской научной сессии приняли ученые Кольского научного центра, научные сотрудники и специалисты из университетов, научно-исследовательских организаций и промышленных предприятий Москвы, Санкт-Петербурга, Петрозаводска, Благовещенска, Воронежа, Заполярного, Иркутска, Кировска, Красноярска, Ломоносова, Махачкалы, Мирного, Мурманска, Новосибирска, Ростова-на-Дону, Сыктывкара, Ухты, Хабаровска и Читы.



Сотрудники Геологического института на праздновании Дня геолога. На переднем плане – академик РАН Ф.П. Митрофанов

На конференции также выступили генеральный директор и сотрудники Геологической службы Финляндии Э. Экдаль, К. Пиеттикаянен, П. Йоханссон и Й. Пихлайя, доктор наук из университета Дели А. Сайкия. На открытии сессии были вручены золотые медали имени академика А. Е. Ферсмана Российского геологического общества ведущему инженеру ГИ КНЦ РАН и преподавателю кафедры геологии и полезных ископаемых АФ МГТУ Ю. М. Кирнарскому за создание кружка юных геологов при Доме детского творчества города Апатиты, а также доктору геолого-минералогических наук, профессору, директору Геологического института КНЦ РАН Ю. Л. Войтеховскому — за изуче-

ние геологии медно-никелевых месторождений Кольского п-ова, преподавание геологических дисциплин, за активную популяризацию геологических знаний.

Традиционно Ферсмановская научная сессия приурочена к празднованию Дня геолога в России.

10–11 апреля

В Институте химии и технологии редкоземельных элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева состоялась VII Межрегиональная молодежная научно-практическая конференция «Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий», организованная ИХТРЭМС КНЦ РАН совместно с Отделением химии и наук о материалах Российской академии наук, Научным советом РАН «Научные основы химической технологии», Мурманским государственным техническим университетом, Министерством образования и науки Мурманской обл. На конференции были представлены результаты исследований в области переработки комплексного сырья и техногенных отходов гидро- и пирометаллургическими методами, изучения синтеза, свойств и применения новых функциональных материалов, рассмотрены вопросы сорбции и экстракции цветных и редких металлов с использованием различных типов сорбентов и экстрагентов, раскрыты проблемы производства строительных материалов в Мурманской обл. с предложениями по их решению путем использования техногенных отходов.

25–29 апреля

Полярно-альпийским ботаническим садом-институтом и Институтом проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН организована региональная конференция «Почвоведение на Кольском полуострове и соседних территориях», посвященная памяти профессора В. Н. Перверзева. В ее работе приняли участие представители ИППЭС, ПАБСИ и ИХТРЭМС Кольского научного центра РАН (Апатиты), Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (Москва), Санкт-Петербургского научно-исследовательского центра экологической безопасности РАН (Санкт-Петербург), Института леса

КарНЦ РАН (Петрозаводск), Института экологических проблем Севера УрО РАН (Архангельск), Государственного заповедника «Пасвик» (пос. Раякоски Мурманской обл.), Московского педагогического государственного университета, Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ), Кольского филиала ПетрГУ (Апатиты), Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета. К проведению конференции также была приурочена региональная молодежная школа-семинар по теме «Почвенные исследования на Кольском полуострове».

8 мая

Доктору технических наук, заведующему лабораторией физико-технических проблем освоения и рационального использования подземного пространства Горного института КНЦ РАН В. П. Конухину Постановлением губернатора Мурманской обл. № 78-ПГ присвоено звание «Почетный гражданин Мурманской области».

14 мая

В Мурманском морском биологическом университете состоялась XIII Международная научная студенческая конференция «Проблемы Арктического региона», направленная на исследование самых различных процессов в Арктике и повышение уровня образования и привлечение талантливой молодежи для работы в науке, промышленности и высшей школе. В работе пяти секций («Биология и медицина», «Гуманитарные, социальные и экономические проблемы», «Информационные технологии и математические методы», «Морская биология» и «Экология Севера») приняли участие ученые, аспиранты и студенты из Мурманской обл., Карелии, Архангельска, Норвегии и США.

Июнь-август

В Геологическом институте прошла Всероссийская (с международным участием) научно-практическая конференция «Уникальные геологические объекты Кольского полуострова» — одно из регулярных серийных мероприятий научного учреждения.

3–4 июня

Директор Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, заместитель председателя Кольского научного центра В. А. Маслосоев принял участие во встрече глав правительств Норвегии, Финляндии, Швеции и России в г. Киркенесе (Швеция). На собрании, посвященном 20-летию Баренцева Евроарктического региона, была подписана обновленная версия Киркенесской декларации о сотрудничестве в Баренц-регионе.

17–19 июня

В г. Кировске состоялась международная встреча по проекту “Arctic, Biological, Cultural, Geological Heritage” («Арктическое биологическое, культурное и геологическое наследие»), который поддержан Евросоюзом и направлен на создание кольцевого геотуристического маршрута по России, Финляндии и Норвегии. Геологический институт КНЦ РАН — участник проекта с российской стороны — представил электронный макет геотуристической карты по Хибинам. Для зарубежных участников была организована экскурсия по геотуристическим маршрутам в окрестностях оз. Малый Вудъявр (плато Тахтарвумчорр, хр. Поачвумчорр, молибденитовый рудник, тингуаитовые дайки) и долины Кукисвум. Вторая рабочая встреча в рамках проекта прошла **6–9 августа** в форме экскурсий по 25 геологическим объектам, находящимся в различных районах Мурманской обл. (Печенга, Ура-губа, Мончегорск, Имандра, Ревда и Ловозеро, Терский берег, Апатиты и Кировск).

27–28 июня

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН провел международный научный семинар «Океанографические и биологические базы данных в оценке современных климатических процессов». Его основной темой стало обсуждение изменения климата, сопутствующих ему климатических процессов и воздействия на морскую экологию. В работе семинара приняли участие представители научных организаций России, Норвегии, Великобритании, Италии, ЮАР и Бразилии.

8–12 июля

Состоялась Всероссийская (с международным участием) конференция «Геология и геохронология породообразующих и рудных процессов в кристаллических щитах», организованная Геологическим институтом КНЦ РАН при участии Научного совета по проблемам геохимии и Научного совета по проблемам геологии докембрия Отделения наук о Земле РАН. В конференции приняли участие научные и геологические организации из России (Апатиты, Екатеринбург, Иркутск, Кызыл, Магадан, Москва, Мурманск, Новосибирск, Петрозаводск, Санкт-Петербург, Сыктывкар, Чита), Азербайджана, Казахстана (Алма-Аты), Таджикистана (Душанбе), Узбекистана, Украины, Австралии, Болгарии, Бразилии, Германии, Китая, Норвегии, Польши, Турции, Эстонии. Геологический практикум включал экскурсии на полигон Воче-Ламбина, в Хибины и Мончегорский район.

7–10 августа

В преддверии международного конгресса “Mineral deposit research for a high-tech-world” (12–15 августа, Упсала, Швеция) состоялась экскурсия на геологические объекты Печенгского и Мончегорского районов для участников этого мероприятия — геологов из Канады, Австралии и Финляндии.

15–19 августа

Состоялась II Всероссийская научная конференция «Биоразнообразие и культурценозы в экстремальных условиях», на которой участники рассмотрели проблемы и методы изучения и сохранения биоразнообразия на Севере, особенности интродукции растений и ландшафтной архитектуры, механизмы адаптации организмов к экстремальным условиям, проблемы плодородия почв и рекультивации нарушенных территорий, вопросы эколого-биологического образования, социальные и медицинские аспекты экологических проблем.

19–23 августа

Состоялась II Всероссийская молодежная полевая школа-семинар «Современные проблемы озеленения урбанизированных территорий в северных регионах», поддержанная

двумя программами Президиума РАН: «Общественно-академические мероприятия» и «Поддержка молодых ученых».

25–30 августа

На Международной геохимической конференции имени В. М. Гольдшмидта (Флоренция, Италия), проводимой Геологическим обществом и Европейской ассоциацией геохимии, доктору химических наук, главному научному сотруднику Геологического института КНЦ РАН И. Н. Толстихину за выдающийся вклад в изотопную геохимию была вручена высшая награда Европейского геохимического сообщества — медаль имени лауреата Нобелевской премии Гарольда Юри.

29–31 августа

На базе Кольского научного центра Российской академии наук, в конференц-зале Центра гуманитарных проблем Баренц региона, состоялась III Международная научно-практическая конференция «Инновационное и безопасное сотрудничество в Баренцевом/Евроарктическом регионе», продолжившая серию встреч, проведенных ранее в Киркенесе и Архангельске. Мероприятие было организовано Национальным институтом исследований глобальной безопасности (НИИГлоБ) и КНЦ РАН при поддержке Дипломатической академии МИД России, Российской академии естественных наук, Российского фонда высоких технологий, Общества «Знание» России, Международного и Норвежского Баренц-секретариатов.

Основной целью конференции являлось обсуждение перспектив взаимодействия, вытекающего из нового текста Декларации о сотрудничестве в Баренцевом/Евроарктическом регионе от 4 июня 2013 г.

10 сентября

Коллектив Кольского научного центра собрался на митинге у Дворца культуры города Апатиты в поддержку решений внеочередного общего собрания Российской академии наук против правительственного законопроекта о реформе РАН и поспешности, с которой он был вынесен на окончательное рассмотрение в Государственной Думе.



Митинг ученых КНЦ РАН против реформирования Российской академии наук

24–27 сентября

В Горном институте КНЦ РАН состоялась Всероссийская научно-техническая конференция (с международным участием) «Мониторинг природных и техногенных процессов при ведении горных работ», организованная ГоИ КНЦ РАН совместно с Отделением наук о Земле РАН, Научным советом по проблемам горных наук РАН при финансовой поддержке Отделения наук о Земле РАН и Российского фонда фундаментальных исследований. Выступающие на ней представляли 18 научно-исследовательских и проектных организаций, вузов и горных предприятий России из Мурманской, Белгородской, Свердловской и Новосибирской областей, Башкирии, Пермского края и Москвы. Со стороны зарубежных участников на конференции выступили представители Пекинского главного научно-исследовательского института горного дела и металлургии (Китай), Северного отделения Геологической службы Финляндии (Рованиemi), Лапландского образовательного колледжа Института Соданкюля (Финляндия), Центра Калотт (Ивало, Финляндия). Были рассмотрены различные аспекты организации мониторинга природных и техногенных процессов геологической среды при освоении минерально-сырьевых ресурсов, проблемы и задачи мониторинга технологических процессов и геоэкологического мониторинга, также были затронуты геомеханические проблемы обеспечения безопасности разработки месторождений полезных ископаемых. Один из основных докладов Горного института КНЦ РАН осветил особенности методики вероятностного прогноза зон региональной удароопасности с помощью программной системы MIEPS, которую

институт, начиная с 2011 г., адаптирует к условиям разработки удароопасных месторождений Хибин совместно с Центром геофизического мониторинга (ЦГМ) и Службой прогноза и предотвращения горных ударов (СППУ) на рудниках ОАО «Апатит».

27 сентября

В соответствии с Федеральным законом от 27.09.2013 № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и распоряжением Правительства Российской Федерации от 30.12.2013 № 2591-р Кольский научный центр РАН и его институты: ИХТРЕМС КНЦ РАН, ГИ КНЦ РАН, ГоИ КНЦ РАН, ИППЭС КНЦ РАН, ИЭП КНЦ РАН, ИИММ КНЦ РАН — переданы в ведение Федерального агентства научных организаций России (ФАНО).

1–2 октября

В Кольском научном центре РАН завершилась рабочая встреча по международному проекту «Устойчивая горная промышленность, местные сообщества, экологическое законодательство SUMILCERE», реализуемому в рамках программы «Коларктик» Университетом Лапландия (Финляндия), Техническим университетом г. Лулео (Швеция), Норвежским исследовательским университетом NORUT (Норвегия) и Институтом проблем промышленной экологии Севера, представляющим Кольский научный центр.

Основная цель проекта — внедрить в практику Баренц-региона понятие «социальная ли-

цензия на деятельность горнорудных предприятий», подразумевающее для промышленной компании как получение формального разрешения на ведение экономической деятельности в определенном регионе от государства, так и поддержку местного сообщества, в первую очередь со стороны коренного населения.

7–10 октября

Геологический институт КНЦ РАН провел XXIV Молодежную научную школу-конференцию «Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северо-Запада России», посвященную памяти выдающегося ученого-геолога, члена-корреспондента АН СССР К. О. Кратца. В ее работе приняли участие молодые ученые, аспиранты научных центров и отделений РАН, студенты университетов и институтов России, ближнего и дальнего зарубежья, начинающие специалисты производства. Доклады дифференцировались по нескольким секциям: «Месторождения полезных ископаемых», «Региональная геология, петрология и геофизика», «Геохимия и геохронология», «Минералогия и кристаллография». Мероприятие прошло под эгидой советов молодых ученых ГИ КНЦ РАН, ИГ КарНЦ РАН, ИГГД РАН, ИГ Коми НЦ УрО РАН.

10–11 октября

В Геологическом институте КНЦ РАН при поддержке Кольского отделения Российского минералогического общества, Совета молодых ученых и специалистов ГИ КНЦ РАН, а также Комиссии РАН по работе с молодежью проведена IX Всероссийская научная школа «Математические исследования в естественных науках» по двум секциям — геологической и геофизической. С докладами выступили участники из Института химии силикатов РАН, Института элементоорганических соединений РАН и Московского физико-технического института (Москва), Горного и Санкт-Петербургского государственного университетов (Санкт-Петербург), Института геологии и природопользования ДВО РАН (Благовещенск), Владимирского государственного

университета (Владимир), Института геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН (Екатеринбург) и Тольяттинского государственного университета, а также из научно-исследовательских подразделений Кольского научного центра РАН: Центра физико-технических проблем энергетики Севера, Института проблем промышленной экологии Севера, Геологического института, Научного отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике, Полярного геофизического института.

29–31 октября

Руководители Горного и Геологического институтов КНЦ РАН — доктор геолого-минералогических наук Ю. Л. Войтеховский и академик РАН Н. Н. Мельников — приняли участие в самом крупном в Европе горно-геологическом форуме “Fennoscandian Exploration and Mining”, который проходит один раз в два года в Финляндии. Конгресс является одним из центральных мероприятий для геологов, горняков, банкиров, представителей академической науки, университетов и горнопромышленных компаний Фенноскандии (аналог конгресса регионального уровня для Мурманской обл. — ноябрьская горнопромышленная конференция «Взгляд в будущее»). Помимо этих стран в конгрессе приняли участие Великобритания, Дания, Нидерланды, Испания, Португалия, Германия, США, Канада, Австралия и Южная Африка.

5–14 ноября

В Кольском научном центре РАН с визитом находился Хэ Менбинг (He Mengbing), профессор Университета науки и технологий Хуажонг (КНР, Huazhong University of Science and Technology, HUST). Ученый познакомился с российским опытом исследований электроимпульсного способа разрушения материалов и другими направлениями научной деятельности Центра физико-технических проблем энергетики Севера, в области которых осуществлялось сотрудничество между HUST и КНЦ РАН.



Начальник Научно-организационного отдела КНЦ РАН, кандидат технических наук, специалист по электроимпульсным технологиям А. Ф. Усов выступает с презентацией перед учеными из Китая



Слева направо: В. А. Котельников, В. А. Маслобоев, Б. В. Ефимов, Ю. Л. Войтеховский на встрече с китайскими учеными

6–8 ноября

В Институте экономических проблем Кольского научного центра РАН состоялась Всероссийская научно-практическая конференция «Развитие Севера и Арктики: проблемы и перспективы», посвященная экономическим, правовым, социальным и экологическим аспектам развития северо-арктических территорий России в условиях современности. Ее организаторами выступили филиал Санкт-Петербургского государственного экономического университета в г. Апатиты и Мурманский институт экономики — филиал НОУ ВПО «Санкт-Петербургский университет управления и экономики». Мероприятие было поддержано грантами Российского фонда фундаментальных исследований и Министерства образования и науки. На конференции обсуждался широкий круг вопросов, связанных со стратегией развития самой северной части России, со спецификой социально-экономических процессов в этом регионе (урбанизация, человеческий фактор, методы изучения и моделирование и др.), рациональным природопользованием и охраной окружающей среды (включая альтернативную энергетику), с законодательством о регулировании торгового мореплавания Северного морского пути.

11 ноября

В Центре гуманитарных проблем Баренц региона КНЦ РАН прошел научно-практический семинар, посвященный 130-летию со дня рождения академика А. Е. Ферсмана. В семинаре

приняли участие ученые ЦГП КНЦ РАН и Геологического института, а также работники культурно-просветительской сферы: архивисты, библиотекари, музейные сотрудники.

12–15 ноября

Состоялась V Всероссийская научная конференция (с международным участием) «Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренц-региона в технологии строительных и технических материалов», организованная Институтом химии и технологии редкоземельных элементов и минерального сырья КНЦ РАН при финансовой поддержке Президиума РАН и Отделения химии и наук о материалах РАН. В рамках пленарного заседания и четырех секций: «Минеральные ресурсы Баренц-региона. Проблемы переработки природного и техногенного сырья», «Проблемы строительного материаловедения и технологии строительных материалов из местного сырья», «Химия и технология технических материалов из природного сырья и отходов промышленности», «Экономические проблемы развития северных территорий» — были рассмотрены фундаментальные и прикладные аспекты решения актуальных проблем рационального природопользования применительно к технологиям строительных и технических материалов.

В работе мероприятия приняли участие сотрудники научных подразделений Кольского научного центра (ИХТРЕМС, ГИ, ГоИ, ИППЭС,

ИЭП КНЦ РАН), представители Института геологии КарНЦ и Института геологии Коми, Объединенного института высоких температур РАН (Москва), Института теплофизики СО РАН (Новосибирск), Института общей и неорганической химии (Москва), государственных университетов Санкт-Петербурга, Петрозаводского государственного университета, Мурманского государственного технического университета, Ереванского государственного университета архитектуры и строительства, Луганского государственного аграрного университета, Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, ОАО «Апатит», Кольской горно-металлургической компании, ОАО «Мурманская геологоразведочная экспедиция».

12–15 ноября

В г. Кировске под эгидой Северной торгово-промышленной палаты состоялась III Международная горнопромышленная конференция «Горнодобывающая промышленность Баренцева/Евроарктического региона: взгляд в будущее», в работе которой в рамках заседаний тематических секций и «круглых столов» участвовали около двухсот ученых, государственных служащих и предпринимателей из семи стран мира. Основная тематика конференции: современная техника и технологии в горнодобывающей и обрабатывающей промышленности, развитие промышленного сервиса на предприятиях горнопромышленного комплекса.

Горнопромышленная конференция была приурочена к II Мурманской международной деловой неделе, задача которой заключалась в том, чтобы содействовать социально-экономическому развитию Мурманской обл. и повышению инвестиционной привлекательности региона. С **19 по 21 ноября** Кольский научный центр принял участие в заседаниях мероприятия, а также представил свои разработки на выставке «SevТес», посвященной теме «Северные технологии». С презентациями о современных научных и инновационных технологиях выступили представители Горного института, Научного отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике и Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН.

Ноябрь

В Музее-Архиве истории изучения и освоения Европейского Севера ЦГП КНЦ РАН открылась выставка работ саамских художников под названием «Лапландия — любовь моя», организованная его сотрудниками совместно с Мурманским центром народов Севера и Фондом сохранения и развития «Варзуга». На выставке были представлены полотна сразу шести самобытных художников-саами: Ивана Галкина, Михаила Филиппова, Василия Воробьева, Якова Яковлева, Елены Яковлевой и Надежды Ляшенко (известной под псевдонимом Надя Фенина). Большинство работ хранится в частных коллекциях.



Открытие выставки «Лапландия — любовь моя» в Музее-Архиве истории изучения и освоения Европейского Севера. Слева направо: ученый секретарь ЦГП КНЦ РАН С. Н. Виноградова, руководитель Музея-Архива Е. Я. Пация, деятели саамской культуры Н. Е. Афанасьева, Н. Г. Ляшенко, Е. С. Яковлева, руководитель Центра народов Севера Н. И. Чупрова

Научно-организационная деятельность КНЦ РАН в 2013 г.: итоги

В сфере организации научных исследований основной задачей было обеспечение оптимальных условий для выполнения плановых заданий по **96** базовым проектам, реализованным в рамках утвержденной Правительством Российской Федерации Программы фундаментальных исследований государственных академий наук, **36** программам Президиума РАН, **21** федеральной целевой программе.

Кроме того, учеными КНЦ РАН проводилась работа по **62** инициативным проектам, профинансированным на конкурсной основе РФФИ и РГНФ, с поддержкой **8** из них Правительством Мурманской обл. за счет средств областного

бюджета. По контрактам с производственными организациями и административными структурами осуществлено **208** сверхплановых прикладных разработок.

Результаты исследований КНЦ отражены в **2497** публикациях, из них **25** монографий, **319** публикаций проиндексированы в международных базах научного цитирования Web of Science и Scopus, **472** статьи в журналах, входящих в перечень ВАК.

В 2013 г. вышли в свет **6** выпусков серийного издания «Труды КНЦ РАН» и **4** выпуска междисциплинарного журнала «Вестник Кольского научного центра», учредителем которых является КНЦ РАН.

Сотрудниками Кольского научного центра было представлено **1618** докладов на конференциях, включая **435** докладов на международных. Подано **22** заявки и получено **32** охранных свидетельства и патентов РФ на изобретения, полезных образцов и программ для ЭВМ.

Кольский научный центр активно участвует в образовательной деятельности, нацеленной на удовлетворение потребностей Баренц-региона в высококвалифицированных специалистах научной и производственной сферы. Во взаимодействии с государственными вузами региона поддерживается **20** базовых кафедр и **9** научно-образовательных центров, в вузах ведут учебные курсы более **240** сотрудников центра.

В 2013 г. в КНЦ РАН занимались исследовательской деятельностью **101** доктор наук (из них 4 академика и 2 члена-корреспондента

РАН), **334** кандидата наук. Основным механизмом омоложения коллектива служит аспирантура; в ней по **37** специальностям обучаются **71** аспирант, **44** соискателя ученой степени кандидата наук; закончили аспирантуру **27** человек.

При КНЦ РАН функционировали **4** специализированных научных совета по защите диссертаций. Поддержан грантом Министерства образования и науки РФ коллектив молодых ученых Института экономических проблем КНЦ, выполнивший под руководством доктора экономических наук Т. П. Скуфьиной проект «Формирование стратегических приоритетов развития российской Арктики». В 2013 г. были защищены **3** докторских и **6** кандидатских диссертаций.

Кольский научный центр сотрудничает с **234** организациями из **40** стран мира, в кооперации с которыми выполняются **78** научных проектов, в том числе **30** по грантам и контрактам или с частичной финансовой поддержкой из международных фондов. Составилось **220** выездов в зарубежные командировки, в КНЦ принято **325** иностранных специалистов из **23** стран.

На базе КНЦ были проведены научные форумы различного уровня: **8** международных и всероссийских конференций по проблемам освоения Арктической зоны России, **11** молодежных конференций и школ; **10** научно-практических и образовательных семинаров по вопросам практического применения инновационных разработок КНЦ в условиях Баренц-региона.

ПРОЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОЧАСТИЦ ЗАДЕЙСТВОВАЛ УЧЕНЫХ ИЗ РАЗНЫХ ОТРАСЛЕЙ НАУКИ И МЕДИЦИНЫ. РАЗГОВОР С ВЛАДИМИРОМ МАСЛОБОВЫМ

RESEARCH PROJECT OF MICROPARTICLES STUDY INVOLVED SCIENTISTS FROM VARIOUS BRANCHES OF SCIENCE AND MEDICINE. CONVERSATION WITH VLADIMIR MASLOBOEV

Владимир Алексеевич Маслобоев, доктор технических наук, советник председателя ФИЦ КНЦ РАН и научный руководитель ИППЭС КНЦ РАН, возглавил исследовательский проект «Комплексная оценка воздействия микрочастиц в выбросах горных и металлургических предприятий Мурманской области на экосистемы и состояние здоровья населения Арктики». Именно этот проект стал одним из победителей по итогам конкурса Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в конце 2019 г.



Владимир Алексеевич Маслобоев — почетный доктор Северного (Арктического) федерального университета им. М. В. Ломоносова

Члены творческого коллектива в первую очередь занимаются исследованием состава минеральных пылевых частиц предприятий горнопромышленного комплекса области, изучают последствия их попадания в почву и водоемы, разрабатывают способы снижения пылеобразования, оценивают и прогнозируют загрязнение приземного слоя атмосферы в районе хвостохранилищ при разной скорости ветрового потока. Однако главная цель проекта — оценить воздействие микрочастиц в выбро-

сах предприятий горнопромышленного комплекса на экосистемы и состояние здоровья населения региона, а также найти подходы к оценке, предупреждению ущерба от выбросов и разработать методы снижения экологического риска.

Это исследование очень важно для жителей Апатитов, Кировска, Мончегорска и других промышленных городов области.

— *Междисциплинарный проект собрал творческий коллектив из 10 человек, —* рассказал Владимир Алексеевич. — *Больше всего среди нас специалистов по промышленной экологии, именно они будут выполнять основную часть исследований.*

В медицинский раздел мы привлекли Валерия Чащина, который трудился в Северо-Западном центре общественного здоровья (Санкт-Петербург), а сейчас работает в медицинском университете имени Мечникова, а также Александра Никанова, который возглавляет НИЛ в Кировске.

Одновременно мы изучаем образование частиц, их распространение, влияние на почву, водные экосистемы и здоровье населения. А затем вступит в дело экономическая группа: ей предстоит трудная, но плодотворная работа — разработать методики расчета экономического ущерба на основе данных промышленных экологов и медиков.

Невзирая на проблемы в результате пандемии и режима изоляции, работа по проекту идет по плану. Состоит она из трех блоков. Вначале — исследования техногенных почвогрунтов на хвостах обогащения апатито-нефелиновых руд КФ АО «Апатит», лопаритовых руд «Ловозерского ГОКа» и сточных вод «Кольской ГМК».

Далее — анализ устойчивости покрытий хвостов, их фильтрационных свойств, изучение растворения связующих реагентов и влияния этих процессов на показатели обогащения и состав оборотной воды. Для исследования и

обоснования способов очистки сточных вод будут использованы методы электрохимической коагуляции и фильтрования с использованием механических геохимических барьеров на основе местного минерального сырья — отходов и побочных продуктов предприятий горнопромышленного комплекса Мурманской обл.

— У нас работают не только экологи-практики, но и «модельеры» (специалисты по математическому и физико-химическому моделированию), — подчеркивает Владимир Алексеевич. — Например, Павел Васильевич Амосов возглавляет раздел моделирования процессов возникновения и распространения пыли нефелиновых песков. Сотрудники группы изучают состав минеральных пылевых частиц физико-химическими методами анализа, а также моделируют взаимодействие частиц с почвенными водами и переход экологически опасных элементов в подвижные формы.

С помощью компьютерного моделирования можно выявить влияние скорости ветра, места расположения и площади пылящих участков пляжа хвостохранилища на загрязнение приземного слоя атмосферы. Для выполнения численных экспериментов используют трехмерные авторские CFD-модели, позволяющие прогнозировать распределения аэрогазодинамических параметров атмосферы.

— Владимир Алексеевич, а ранее Кольский научный центр проводил подобные работы?

— В рамках КНЦ РАН это новая работа именно из-за того, что в ней участвуют специалисты разных направлений. Вообще, междисциплинарные исследования в 90-летней истории Центра то возникали, то исчезали. Например, в 2000-е гг., когда институты были самостоятельны, трудно было объединить не только силы, но и средства. После того, как КНЦ в 2017 г. претерпел трансформацию и стал Федеральным исследовательским центром, организовывать подобные работы стало легче, и не только на национальном уровне.

Например, Институт проблем промышленной экологии Севера успешно и довольно давно работает в международных проектах, таких как «Коларктик», в программах добрососедства России и Евросоюза. И могу сказать, что мое кредо как советника председателя

ФИЦ — сконцентрировать силы КНЦ и сделать их как можно более эффективными. А как многолетний руководитель и сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера, считаю важным принцип: не только мониторить «как все плохо», но и стараться сделать так, чтобы было лучше.



Владимир Алексеевич Маслобоев

Вообще академические институты, особенно в регионах, имеют право на существование, только если они полезны территории, на которой расположены, в том числе местному правительству, министерствам, отдельным предприятиям. В отличие от столичных коллег, мы имеем еще и моральную ответственность за то, какую пользу мы приносим на местах.

— Скажите, а может быть однажды решена многолетняя проблема пыления хвостов, что очень беспокоит обычных людей?

— Вопрос этот очень тяжелый. В разное время им занимались три группы. Институт химии работал по алюмосиликатному сырью, они разрабатывали метод орошения кислотами типа серной, чтобы образовывалась плотная корка. Вторая группа, из Ботанического сада, заседала откосы волоснецом песчаным. Была также группа в Горном институте под руководством Светланы Петровны Месяц, которая предлагала комплексный подход: поливать пляжи латексом по опыту Чернобыля, где это впервые было применено, а затем — засеивать травосмесями.

Но основная сложность в том, что хвостохранилища — непрерывно возобновляемые. Недействующие высохли бы, их было бы не так сложно закрепить, в первую очередь, биологическими методами, травяными покрытиями. Было время, когда экологи предлагали закреплять хвосты битумно-эмульсионными смесями. И они неплохо «работают» на откосах, но на возобновляемом пляже бесполезны. Хотя недавно мы принимали участие в испытании новых покрытий, которые «Апатит» заказал за границей.

Но для горожан есть и обнадеживающая новость: хвостохранилище АНОФ-2 прекра-

щает свою работу. Фабрика уже не обогащает текущие руды, и нефелиновое отделение, которое раньше работало на производство нефелина, сейчас перестроено на обогащение бедных руд. Представляете, какой это масштаб? Если раньше перерабатывали 20–25 млн т руды в год, то сейчас это 2–2,5 млн т. Нагрузка упала, и хранилище начинает закрываться, а значит, все меньше воды туда идет, все больше пляжей обсыхает и все масштабнее они будут закрепляться на долгосрочной основе. Это в целом означает, что пыление начнет ослабевать.



Отвалы

— А когда создавали апатит-нефелиновое производство, предполагали решать проблему пыления хвостов?

— Конечно! Еще в сборнике материалов Второй конференции по комплексному использованию апатит-нефелиновых руд, которая состоялась в 1930 г. под руководством Сергея Мироновича Кирова, написано, что нефелин, которого в нашей руде 80 %, будет перерабатываться на Волховском алюминиевом заводе и на Пикалевском алюминиевом заводе. После войны была разработана схема размещения еще 7 заводов по переработке нефелина с тем, чтобы исключить дефицит глиноземного сырья для электролиза алюминия. Не секрет, что сейчас 70 % металлургического глинозема, который идет на такие гиганты, как Иркутский, Красноярский, Саяно-Шушенский и Волгоградский алюминиевые заводы, — это все импорт, потому что в стране

нет бокситов. Но когда-то была четко поставлена задача — использовать местный нефелин для производства глинозема.

Что же с ним происходит сегодня? Реально действующий по этому профилю завод в России только один — Ачинский глиноземный комбинат, который перерабатывает более 3 млн т нефелинового сырья в год, но практически все — местное, сибирское, с крупных месторождений сиенитов. А комбинат в Пикалево было рассчитан на то, чтобы из белитового шлама (отхода при производстве глинозема) производить цемент. И когда СССР имел мощное строительство, этот самый цемент распределяли с боем — только Мурманская обл. потребляла до 2 млн т в год! Сейчас — около 120 тыс. т. Стройки кончились... И вот для такого малого количества производства цемента на Пикалево хибинский нефелин выходит попросту «золотым».

А те самые семь глиноземных заводов строить, как я понимаю, больше никто не собирается...

Так что, если бы нефелин полностью использовался по первоначальному назначению, такого количества хвостохранилищ попросту не понадобилось.

Я думаю, проблема хвостов будет решена. Сегодня самое главное — предсказать, где будет пыление, с какого места? Вы представляете, высота дамбы уже примерно 170–180 м и прогноз Гидрометеослужбы по ветру на высоте 10 м, например, уже не работает. Нужна система точного прогноза, какое место хранилища и в какой конкретно момент времени понадобится закрепить.

— Что касается здоровья людей, каким образом планируется проводить исследования?

— У медиков есть свои программы, одна из них называется DALY — метод статистического анализа, обработка демографических медико-статистических данных: рождаемости, смертности, естественного движения населения. При этом выявляются наиболее характерные заболевания и то, как на их образование повлияли пылевые частицы промышленного характера. Сведения о заболеваемости будут проанализированы отдельно для мужчин и женщин разных возрастных групп. При комплексной оценке потерь здоровья методом DALY-анализа впервые в России

будет установлена динамика потерь лет здоровой жизни среди работников горнопромышленного комплекса. Оценка риска на территориях активного природопользования позволит дать объективную оценку показателей здоровья, рождаемости, заболеваемости, смертности и эффективности профилактических мероприятий на предприятиях горнопромышленного комплекса. А уже на эту основу наши экономисты должны наложить методiku подсчета экономического ущерба от деятельности природопользователей.

— Когда окончится работа по проекту, кто будет пользоваться ее результатами?

— Если помечтать, то он должен стать частью фундамента, заложенного в стратегию социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации, в стратегию ее территориального развития. И конечно, мы надеемся повлиять на экологическую политику органов государственной власти и местного самоуправления по предупреждению и компенсации ущерба здоровью людей. А также планируем сформулировать предложения горнопромышленным и металлургическим компаниям региона о внедрении мер корпоративной социальной ответственности, ориентированных на предотвращение неблагоприятных экологических воздействий и компенсацию ущерба местным сообществам.

Беседовала Наталья Чернова

О САМОМ РЕДКОМ И САМОМ ЦЕННОМ, ИЛИ ДЕЛО ДЛЯ ШЕРЛОКА ХОЛМСА. БЕСЕДА С ЕВГЕНИЕМ КОЗЛОВЫМ

ABOUT THE RAREST AND MOST VALUABLE THINGS, OR THE CASE FOR SHERLOCK HOLMES. CONVERSATION WITH EVGENY KOZLOV

В 2019 г. одним из трех победителей от Кольского научного центра в «молодежном» конкурсе исследовательских проектов Российский научный фонд (РНФ) признал проект под руководством Евгения Козлова «Механизм образования поздних редкометалльных (РЗЭ, Nb) карбонатитов: от магмогенерации до гипергенеза». Такие гранты РНФ предоставляет для проведения трехлетних исследований, при этом нужно не только предложить интересную идею, но и собрать вокруг себя молодежную научную группу.

Проекты-победители связаны, в первую очередь, с физикой, химией, инженерными науками. Проект Евгения Козлова, кандидата геолого-минералогических наук, старшего научного сотрудника Геологического института КНЦ РАН, касается изучения щелочных массивов с точки зрения геохимика — это не только интереснейшая, но и чрезвычайно важная для науки и страны в целом деятельность.

— Грант, который мы получили, направлен на исследование того, как образуются всевозможные редкометалльные карбонатиты, — рассказывает Евгений Николаевич. — В Мурманской обл. традиционно сложилось так, что горнорудное производство — это основа существования городов рядом с ними. Жизнь в них во многом связана со спецификой местной геологии и в первую очередь с теми событиями, которые произошли здесь около 360–380 млн лет назад, в результате чего образовалось такое гигантское месторождение, как Хибинь. При этом на территории нашего края возникло примерно 30 необычных геологических объектов с карбонатитами, однако степень их исследованности очень разнообразна.

Карбонатиты — породы мантийного происхождения, образующие жилы, дайки и штоки, связанные с формацией щелочного состава. Составляют эти породы преимущественно из карбонатов кальция, магния и железа, но также содержат разнообразные, иногда очень редкие,

минералы фосфора, тантала, ниобия, меди, свинца и различные слюды. В следующем году будет 100 лет со времени открытия карбонатитов ученым Вальдемаром Брёггером неподалеку от местечка Фен (Норвегия).



Евгений Козлов

— Карбонатитовый магматизм создал уникальные комплексы, многие из которых в советское время изучались, но не были доведены до состояния месторождения, — рассказывает Евгений Козлов. — Наша группа сейчас исследует несколько подобных, одно из них, под названием Вуориярви, имеет 4 карбонатитовых поля. Хотя каждое из них уникально, можно найти четкие аналогии с другими объектами в пределах Кольского п-ова. Например, очень близким является месторождение Ковдора. Здесь интересно проследить, почему в одних случаях породы «пустые», абсолютно нерудные, а в других мы обнаруживаем высокую концентрацию самых ценных элементов,

например, ниобия и редких земель. А эти элементы сейчас на пике — весь мир интересуется проблемой редких земель. Ниобий для России критически важен, он дает возможность производить «правильные» стали, в том числе для газо- и нефтепроводов. Пока что 99 % ниобия страна импортирует из Бразилии, редкие земли везут из Китая, а разработка собственных месторождений и создание производств были бы очень выгодны и важны для нас.



Экспедиционные будни Евгения Козлова

— В советское время многие комплексы разбуривались для вполне конкретных целей: например, активно искали слюду флогопит, разработка новых месторождений которого сейчас не нужна, поясняет Евгений Козлов. — А рядом с ним обнаруживали рудопроявления редких земель, упомянули о них и оставили на 70 лет.

А еще на Вуориярви, помимо ниобия и редких земель, можно добывать апатит, магне-

тит, бадделеит (оксид циркония), вермикулит. Правда, это грозит экологическими проблемами, а мы — за чистую науку. Но все же нам хочется знать, как и почему здесь все происходило.

Накопление редких земель в карбонатах — это обычно результат поздних геологических процессов. И почему так интересно изучать именно происхождение редкоземельных месторождений? Потому что это многостадийный процесс и дешифровать его сложно. Вначале одна стадия, потом на нее накладывается вторая, она ретуширует многое из того, что было ранее. Идет этап за этапом, и находить переходы, искать признаки каких-то процессов и есть самое ценное. Это настоящая работа для Шерлока Холмса!

В отличие от ближайших наших конкурентов в геологии — канадцев, англичан и австралийцев, ученые Кольского научного центра имеют огромный бонус: практически до всех объектов можно добраться в течение нескольких часов. Это дает геологам Кольского региона неоспоримые преимущества! Настолько же богатая провинция с похожими породами — Сибирь, но там ученым на полевые работы приходится выбираться с помощью вертолетов, вездеходов, а у нас большая часть изучаемых комплексов в шаговой доступности. А те, что недоступны или не вскрыты, — представлены в уникальном архиве территории территориальных фондов Росгеологии, расположенном в Апатитах.

— Многое нам приходится заказывать, — рассказывает Евгений Николаевич. — Например, лазерную абляцию по минералам мы заказываем нашим финским партнерам, потому что у них есть уже готовые методики. Мы отправляем им образцы и пробы, в ответ получаем протокол измерения и описание, при каких условиях происходила съемка — так требуют современные этические нормы науки. На этом основании делаем свои выводы.

Мы — это восемь человек — коллеги из Геологического института КНЦ РАН, геофизик из СПбГУ и трое коллег, занимающихся карбонатами, из Новосибирска. Общаемся по интернету, в прошлом году двое ребят приезжали из Новосибирска на Вуориярви, чтобы провести с нами полевые работы. А сейчас, когда из-за

пандемии экспедиция пока без точных дат, большим подспорьем является уже накопленный материал. В моем кабинете — более двух тысяч образцов карбонатитов из десятка разных комплексов, первичный материал.

Проект группы Козлова успешно прошел отчетную компанию за первый год по гранту. Впереди еще два года серьезной работы и внушительный объем массив информации.

— Мы должны опубликовать не менее 15 научных работ на хорошем английском языке. Вообще, грант РФФИ для молодежи рассчитан и на научный интерес, и на собствен-

ные перспективы роста, ведь количество публикаций в целом дает объем для докторской диссертации. И важен даже не сам факт опубликования работы, а встроенность в общую систему знаний. Наука теперь весьма финансово- и энергоемка, «на коленке» сделать что-то серьезное в нашей области невозможно. Сейчас мы задействуем не просто собственные возможности — мы обращаемся к коллегам из Иркутска, Миасса, Екатеринбурга, Санкт-Петербурга, где расположен гигантский ресурсный центр. Без грантовой поддержки нам было бы чрезвычайно трудно.

Беседовала Наталья Чернова

ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ЯКОВЛЕВИЧА ЕВЗЕРОВА
30.09.1935—19.06.2020

IN MEMORY OF VLADIMIR YAKOVLEVICH EVZEROV
30.09.1935—19.06.2020

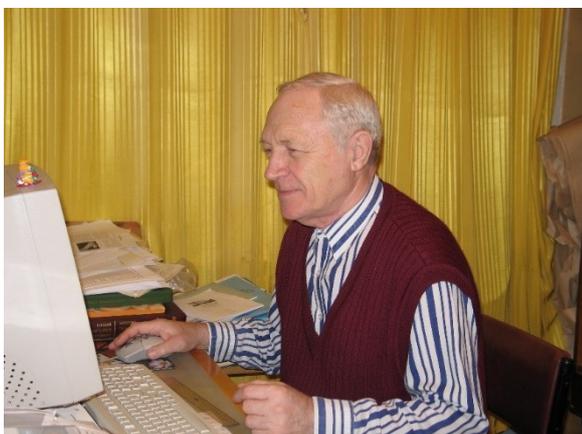


19 июня 2020 г. на 85-м году ушел из жизни доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН Владимир Яковлевич Евзеров.

Владимир Яковлевич родился 30 сентября 1935 г. в городе Воронеже. В 1958 г. с отличием окончил геологический факультет Воронежского государственного университета

по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» и поступил на работу в Геологический институт КФАН СССР. Прошел все этапы роста от старшего лаборанта до заведующего лабораторией. В 1968 г. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, а в 2005 г. — докторскую диссертацию.

Основными научными интересами Владимира Яковлевича были минерагения кайнозойских отложений и палеогеография кайнозоя. Им установлены основные закономерности формирования и размещения месторождений полезных ископаемых, приуроченных к рыхлому покрову Кольского региона. На этой основе оценены ресурсы строительных материалов и россыпей алмазов, редких и благородных металлов, разработаны критерии поисков указанных месторождений и даны рекомендации по их практической реализации. Поисково-разведочными работами, проведенными по этим рекомендациям, расширена сырьевая база предприятий строительной индустрии Мурманской обл.



Владимир Яковлевич Евзеров за работой

Владимир Яковлевич был одним из составителей международной карты «Четвертичные отложения Финляндии и Северо-Запада Российской Федерации и их сырьевые ресурсы», изданной в 1993 г. в Финляндии. Им также обоснованы оригинальные модели

формирования россыпей на древних щитах, подвергавшихся оледенениям, развития гляциоэвстатических трансгрессий и деградации заключительного покровного оледенения Северной Европы.

Владимир Яковлевич активно работал над созданием модели новейшей геодинамики северной части Балтийского щита. Результаты этой работы имеют не только научное, но и практическое значение, в первую очередь для рационального размещения морских портов, хранилищ радиоактивных отходов и других сооружений.

Результаты исследований Владимира Яковлевича Евзерова опубликованы более чем в 170 научных работах, включая 5 монографий. Они многократно обсуждались на международных, всесоюзных и всероссийских совещаниях и в разные годы включались в число важнейших результатов работ РАН.

Даже в последние годы Владимир Яковлевич вел активную работу, в 2019 г. опубликовал 4 обобщающие статьи.

За успешную научную работу Владимир Яковлевич награждался дипломами и грамотами Президиума Кольского научного центра РАН и Почетной грамотой Президиума РАН. Своими достижениями он внес весомый вклад в развитие науки.

Коллектив Геологического института выражает искренние соболезнования родным и близким Владимира Яковлевича.

Мы запоемнм его как инициативного, вдумчивого и целеустремленного исследователя, любящего свое дело. Светлая память о Владимире Яковлевиче навсегда сохранится в наших сердцах.

DOI:10.37614/2307-5228.2020.12.3.008

УДК 316.022.4+397+504.03+504.73+551.583+57.045+574.42+574.52+
+58.056+930.85 (479.243)

РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГУ «ПРИРОДА И КОРЕННОЕ НАСЕЛЕНИЕ АРКТИКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИНДУСТРИАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ: МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ». МОСКВА, 2020. 180 с.

Д. А. Давыдов¹, А. С. Давыдова²

¹Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН, г. Кировск

²Центр гуманитарных проблем Баренц региона ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты

Аннотация

Представлен обзор коллективной монографии «Природа и коренное население Арктики под влиянием изменения климата и индустриального освоения: Мурманская область» (2020), посвященной комплексной оценке последствий современных климатических изменений и антропогенного воздействия для окружающей среды и природопользования, включая хозяйственную деятельность коренного народа Мурманской обл. Дана оценка предложенному в книге анализу изменений наземных и водных экосистем, обобщению сведений об этногенезе, истории и культуре саами, а также обзору традиционных знаний и практике природопользования. Отдельно рассмотрены достоинства и недостатки раздела, посвященного участию коренных малочисленных народов Севера в местном самоуправлении, сохранении и развитии саамской культуры на примере села Ловозеро. Дана оценка анализа социальных последствий изменения климата в зонах интенсивного природопользования в регионе, а также взаимодействия горнопромышленного комплекса области с природной средой.

Ключевые слова:

глобальное изменение климата, биоразнообразие, местное население, адаптации, саами.

REVIEW OF THE BOOK “THE NATURE AND INDIGENOUS INHABITANTS OF THE ARCTIC UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE AND INDUSTRIAL DEVELOPMENT: MURMANSK REGION”. MOSCOW, 2020. 180 p.

Denis A. Davydov¹, Alyona S. Davydova²

¹Polar-Alpine Botanical Garden-Institute, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Kirovsk

²Barents Centre of the Humanities, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity

Abstract

Here presented a review of a collective monograph «Nature and the indigenous population of the Arctic impacted by climate change and industrial development: Murmansk Region» (2020). The book included a comprehensive assessment of the consequences of climate change and anthropogenic impact on the environment and nature management in the Murmansk region, with attention to the economic activities of the indigenous people. The following chapters of the book are surveyed: changes in terrestrial and aquatic ecosystems, interaction of the mining complex and the natural environment, the ethnogenesis, history and culture of the Sami, as well as statistical data on the demography of the Sami in the Murmansk region, an overview of traditional knowledge and practices of nature management. Book data on the participation of the indigenous peoples in the local government, protection and development of Sami culture are assessed on the Lovozero village as an example. The scenarios of social consequences of climate change in areas of intensive nature management are also analyzed.

Keywords:

biodiversity, climate changes, indigenous people, adaptation, Saami.

Увеличение внимания к социально-экономическому развитию территорий Арктической зоны РФ и интенсификация фундаментальных и прикладных исследований в данных районах обусловлены высокой степенью уязвимости северных экосистем и потенциально катастрофическими последствиями, которые ожидают природу и общество в условиях глобальных климатических или антропогенных трансформаций.

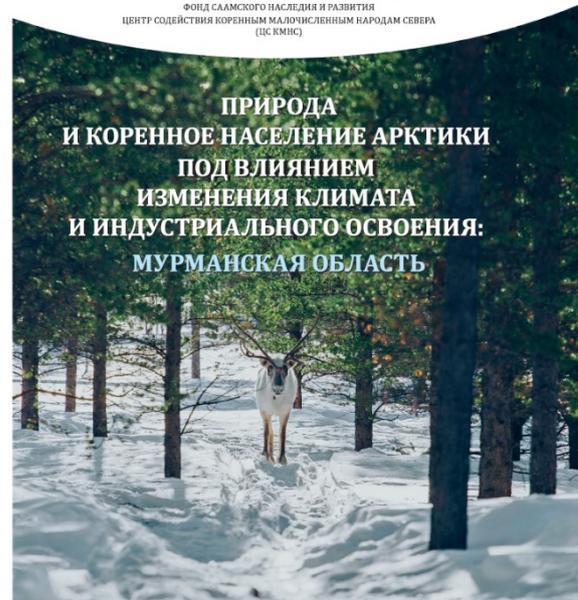
Комплексная оценка последствий таких воздействий в одном из самых освоенных и антропогенно нагруженных регионов российской Арктики — Мурманской обл. — является предметом рассмотрения коллектива авторов книги «Природа и коренное население Арктики под влиянием изменения климата и индустриального освоения: Мурманская область» [2020]. Монография является необычной коллаборацией представителей нескольких научных направлений — биологии, экологии, социологии и экономики. Издание интересно тем, что в его подготовке активно участвовали представители коренного населения Мурманской области — саами. В этом плане оно является уникальным, не имеющим аналогов.

Выход данной книги стал важным событием для специалистов различных областей знания, занимающихся изучением арктических районов, в то же время она ориентирована на широкий круг читателей — менеджеров крупных предприятий и владельцев малого и среднего бизнеса, школьников и их родителей, студентов и преподавателей.

Издание состоит из введения, восьми глав, заключения и двух приложений. Во введении показана актуальность проведенной работы, которая призвана дать всесторонний анализ природных и социальных последствий изменения климата, наблюдающихся в настоящее время. Трудно не согласиться, что Арктика действительно находится в наиболее критическом положении по сравнению с другими регионами и увеличение природных трансформаций приведет к существенным изменениям экосистем, нарушит традиционные способы хозяйствования коренных жителей и неизбежно выльется в социокультурные изменения.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
Институт проблем прикладной экологии Севера (ИПЭС КНЦ РАН)
Институт экономических проблем им. Г.П. Лукина (ИЭП КНЦ РАН)
Фонд СААМСКОГО НАСЛЕДИЯ И РАЗВИТИЯ
ЦЕНТР СОДЕЙСТВИЯ КОРЕННЫМ МАЛОЧИСЛЕННЫМ НАРОДАМ СЕВЕРА
(ЦС КМНС)



Обложка монографии

Мурманская обл. является индустриально развитым районом российской Арктики, здесь расположены крупные предприятия минерально-сырьевого комплекса, осуществляется добыча медно-никелевых и железных руд, нефелинового и керамического сырья. Эти предприятия являются градообразующими для многих городов и поселков, от их функционирования зависит треть жителей области. Деятельность промышленности обеспечивает высокий уровень социально-экономического развития, в то же время негативно отражается на природных экосистемах, что ухудшает качество жизни людей. Авторы отмечают, что интересы промышленности зачастую противостоят традиционному способу хозяйствования коренного и старожильческого населения: саами, ненцев, коми-ижемцев, поморов и др. Местные жители сохраняют тесную связь с окружающей природной средой и воспринимают ее разрушение как серьезную угрозу для своего будущего.

Авторы ставят своей целью дать оценку последствий современных климатических изменений для окружающей среды, промышленности, а также для жизни и хозяйствования жителей Мурманской обл. с особым акцентом на коренное население.

В первой главе дана краткая физико-географическая характеристика области, особое внимание обращено на климатические особенности региона и динамику их изменений, подчеркнута тенденция продолжающегося в последние десятилетия потепления и увеличения количества осадков.

Во второй главе «Наблюдаемые и ожидаемые последствия изменения климата в Арктике для биоразнообразия» авторы на основе обобщения данных литературных источников и результатов собственных исследований приводят доказательства продвижения в последние десятилетия границы древесной растительности на север, уменьшения площади лесов в результате лесозаготовок, появления новых для региона видов грибов и растений. Вырубки негативно сказываются на устойчивости и природоохранной ценности наиболее старовозрастных лесов региона.

Оценка деградации пятен вечной мерзлоты и динамики современного состояния бугристых болот не дает однозначного ответа на вопрос о влиянии на них потепления климата.

К одному из главных достоинств книги следует отнести подробно представленный материал по изменению флоры, скрупулезно анализирующий факторы распространения и видовой состав заносных растений и грибов, приуроченных к антропогенным фитоценозам. В то же время остается не совсем ясным, как проявляется потепление климата в динамике изменения биоразнообразия растений.

Раздел 2.2 «Влияние изменения климата на пресноводные водоемы Евро-Арктического региона» раскрывает аспекты воздействия потепления климата на среду обитания гидробионтов в условиях Мурманской обл. Показано, что совокупное воздействие техногенного загрязнения пресных вод и общее потепление приводит к увеличению эвтрофикации — повышению содержания элементов минерального питания, в первую очередь соединений азота и фосфора. Такая трансформация закономерно вызывает появление новых видов фототрофных водорослей, растет опасность вредоносного водорослевого «цветения» (harmful algal blooms), которое возникает в отдельные годы в ряде изолированных участков оз. Имандра. Авторы указывают на то, что в последнее время значительно изменились состав доминирующих по численности

и по биомассе видов, радикально трансформировалась структура сообществ.

В третьей («Коренное население Мурманской области») и четвертой («Коренные народы, традиционные знания и мониторинг климатических изменений») главах представлены сведения об этногенезе, истории и культуре саами как коренного малочисленного народа Севера, а также статистические данные о демографии саами в Мурманской обл., дан обзор традиционных знаний и практик природопользования. Отдельный раздел посвящен участию коренных малочисленных народов Севера в мониторинге климатических изменений на местном уровне.

Раздел 3.1 «Саами: происхождение, расселение» вызывает ряд вопросов, один из которых — отсутствие ссылок на источники и литературу. Достоверность некоторых приведенных данных подлежит сомнению. Текст эклектичен, местами авторы перескакивают с одного временного отрезка на другой, не используя достаточную аргументацию написанного [Природа..., 2020: 56].

Участие коренного населения в мониторинге климатических изменений на местном уровне является предметом рассмотрения четвертой главы. В разделе 4.2 «Создание “Платформы коренных народов по традиционным знаниям и изменению климата”» рассмотрены традиционные знания, их значение и роль. Отмечается, что система традиционных экологических знаний саами изучена особенно подробно. Для народа саами места, где они проживают, связаны с деятельностью, опытом, рассказами, песнями, обрядами, социальными отношениями и воспоминаниями [Природа..., 2020: 75]. Все это является важным маркером этнической идентичности. В этой же главе отмечается важность создания глобальной платформы коренных народов по традиционным знаниям и изменению климата. Платформа коренных народов и местных общин при РКИК ООН, инициированная в Нью-Йорке в рамках Саммита Генерального секретаря ООН по мерам в области изменения климата в сентябре 2019 г. Международным форумом коренных народов по вопросам изменения климата, может помочь коренным народам России объединить собственные усилия с усилиями коренных народов мира [Природа..., 2020: 78].

Согласимся с тем, что важным инструментом, позволяющим учесть интересы коренных

народов, также является этнологическая экспертиза проектов, планирующихся на территориях коренных народов, и их дальнейший этнологический мониторинг [Природа..., 2020: 87].

Социальные аспекты различных природных трансформаций в зонах интенсивного природопользования нашли отражение в пятой («Социальные последствия изменения климата в зонах интенсивного природопользования в Мурманской области») и шестой («Стратегии адаптации населения Мурманской области к изменению климата») главах. В них внимание уделено существующей ситуации: определены основные характеристики техногенных воздействий на экосистемы со стороны промышленных предприятий, а также даны прогностические оценки по динамике данных воздействий в условиях потепления. Особо следует подчеркнуть: изменение гидрологических условий, вероятно, приведет к нарушению работы гидроэлектростанций и горного баланса горнодобывающих предприятий, а также интенсификации пыления поверхностей хвостохранилищ, что представляет угрозу здоровью людей. В целом негативные факторы воздействия на окружающую природную среду будут усиливаться.

В книге обращается внимание на то, что современное российское законодательство, регулирующее добычу природных ресурсов, не содержит положений, определяющих отношения хозяйствующих субъектов и коренных народов. Такая законодательная база требует тесного взаимодействия с представителями аборигенного населения. Исследование показывает, что, несмотря на отсутствие явных конфликтов между саами и промышленными предприятиями, в регионе существуют скрытые проблемы и предпосылки для их эскалации. Интенсивное промышленное и аграрное освоение региона и в 1960-х гг. сопровождалось сокращением территорий хозяйствования саами, принудительным переводом на оседлый образ жизни и неоднократными переселениями. Вопрос о возмещении ущерба, причиненного коренным народам в России, широко не обсуждается. Авторы рекомендуют представителям бизнеса формировать специальные программы взаимодействия с коренным населением в рамках собственной социальной политики. Важ-

ным инструментом взаимодействия, по мнению авторов, являются общественные слушания, которые получили широкое распространение и приветствуются всеми участниками.

Авторы делают важные выводы, что даже с учетом возможной интенсификации промышленного освоения Мурманской обл. трудно рассчитывать на перспективы устойчивого развития коренных народов. При недостаточно развитой законодательной базе, которая не обеспечивает реализацию прав коренных народов, новые промышленные разработки могут оказаться губительными для аборигенных сообществ, их экономики и культуры.

В разделе 5.2 «Современные подходы к изучению социальных последствий изменения климата в Арктике и вопросы адаптации» дана компиляция данных ряда международных докладов, в которых оцениваются последствия изменения климата для жителей Арктики.

Как справедливо резюмируют авторы шестой главы, не существует региональных политических документов, которые бы регулировали такое важное направление общественной жизни, как адаптация к происходящим климатическим изменениям [Природа..., 2020: 110]. И опасения, связанные с сохранением коренных малочисленных народов в условиях реализации ресурсных проектов в Арктике, вполне обоснованны [Там же: 94]. Важным замечанием является необходимость учитывать интересы коренных народов уже на стадии планирования проектов в сфере недропользования.

Авторы задают очень актуальный вопрос: что может заставить органы власти, бизнес и домохозяйства вкладывать ресурсы в упреждение пока еще не существующих потерь от изменения климата? Таким стимулом может быть политическая воля и ответственность за принятое решение. Указывается, что действенный ответ на изменения климата содержится в соответствующем плане реализации Климатической доктрины Российской Федерации и ряде других документов. Основное замечание авторов, и в этом с ними трудно не согласиться, что принимаемые меры не учитывают реального положения дел на местах. Авторы предлагают сосредоточить внимание на разработке и реализации конкретных адапцион-

ных стратегий на уровне регионов. Анализ существующих нормативных актов регионального уровня приводит к неутешительному выводу о том, что в Мурманской обл. не существует политических документов, которые бы регулировали такое важное направление общественной жизни, как адаптация к происходящим климатическим изменениям. Хочется надеяться, что среди читателей рецензируемой книги будут и лица, ответственные за разработку и принятие соответствующих стратегий.

Седьмая глава посвящена разработке стратегии социокультурного развития села Ловозеро как основного места компактного проживания народа саами в регионе. Она является одной из самых интересных с этнографической точки зрения. В ней подробно анализируется современная социально-экономическая и социокультурная ситуация Ловозера. Описываются социально-экономические проблемы села, среди которых — проблемы малого и среднего бизнеса, развития туризма и оленеводства, отток молодежи, нехватка специалистов, низкая заработная плата и застойная безработица и т. д. Помимо прочих актуализирована проблема сохранения и развития саамской культуры. В разделе поднимаются вопросы псевдобрендинга и появления неаутентичных форм репрезентации традиционного образа жизни саами. При этом отмечается, что развитие индигенной саамской культуры омрачено рядом факторов — политических, экономических, экологических и проч.

Отметим, что для более глубокой проработки вопросов, связанных с перспективами развития Ловозера, необходимо проведение детальных социологических обследований. Причины, по которым происходит отток молодежи из села, неочевидны. Помимо экономических причин есть ряд других. Важно определить, какие стимулы являются решающими в мотивационной системе современных саами. Как показывает ряд исследований, желание обладать экономическими ресурсами далеко не всегда стоит на первом месте в ценностной иерархии. Для индивида гораздо важнее то, как он будет выглядеть в глазах окружающих (см. работы Э. Шилза, Э. Эбботта, Л. Уорнера и др.). И здесь авторы раздела абсолютно правы в том, что ключевой позицией стратегии является сочетание коммерческих, культурных и

просветительских направлений, а также единство традиции и ее инновационных изменений. Ориентация на «сочетание стилизации и аутентичной точности воспроизведения народных костюмов, украшений, предметов быта, инструментов и т. п. может сделать село привлекательным и для туристов, и для его жителей, что особенно важно для детей и молодежи», является, на наш взгляд, весьма удачной [Природа..., 2020: 135]. Создание «образа» места («Отсутствие у села собственного лица отмечалось жителями села неоднократно: «Ничего тут от саами не видно. В столовой нет национальных блюд» [Там же: 128]) и его правильное брендинг возможно лишь при сотрудничестве всех участников процесса. И ключевая проблема, как утверждает Том О'Делл, в том, что это многолюдный рынок «и не всегда легко быть услышанным над какофонией, созданной множеством игроков, борющихся за внимание» [O'Dell, 2010: 25]. Здесь важно учитывать мировой опыт. К. Поланьи в своей книге «Великая трансформация» дает нам возможность увидеть, как разрушается традиционная система ведения хозяйства [Поланьи, 2002]. В антропологии Поланьи человек стремится к максимальному результату, но его мотивы исторически изменчивы [Hechter, 1981: 399-429], цели и интересы обусловлены социально, а не биологически или психологически. Поланьи, в частности, ссылался на «факторы культурного порядка» М. Мид: члены племени, для которых рыба является священным объектом, а не пищей, скорее умрут от голода на берегу реки, чем станут ее ловить [Поланьи, 2002]. В контексте развития туризма местная принадлежность должна выглядеть сильнее, чем глобальная, чтобы иметь рыночную стоимость. С такими лозунгами, как «Сожги подделку» и «Уважай нашу культуру», протестующие в Рованиеми 27–31 октября 2008 г. (международная демонстрация в связи с большой встречей саамов) сосредоточились на эксплуатации и злоупотреблениях саамской культурой в контексте туризма. На демонстрации также были освещены вопросы, касающиеся разрешения споров о том, кто имеет право на коммерциализацию культур коренных народов, а также на определение и представление саамов. Встреча саамов привела

к декларации о том, как сохранить наследие саамов [The Rovaniemi..., 2008: 5].

Великолепной идеей представляется, на наш взгляд, проект развития села «Подворье саами», который сочетает туристическую базу и этнопарк. По собственному опыту посещения финно-угорского этнопарка в селе Ыб Республики Коми — многофункционального туристического комплекса, который направлен на широкое практическое использование этнического компонента, культурного наследия финно-угорских народов, в том числе и саами, можем утверждать, что этнопарк очень привлекателен для туристов, его деятельность охватывает все виды туризма и разнообразные турпродукты.

Восьмая глава предлагает читателю сценарии развития Мурманской обл. в условиях изменения климата. При развитой промышленности уровень воздействия на окружающую среду можно охарактеризовать как высокий. В арктических условиях восстановление экосистем после нарушений происходит медленно, а значит, от предприятий требуется особенно бережное отношение к окружающей среде. Сценарии развития области на перспективу до 2050 г., рассматриваемые в данной главе, основаны на прогнозах событий, которые происходят в размеренном темпе.

В данный момент мы вместе со всей планетой переживаем еще одно экстраординарное событие — пандемию нового вируса, которая развивается стремительно. Глобальные последствия от такого рода событий в описанных сценариях не учитывались, но, как нам видится, они внесут существенные изменения в наше

общество. Сочетание типичного с точки зрения эволюции механизма снижения численности человеческой популяции и экономического кризиса способно изменить и превалирующие в России сектора экономики: в частности, проекты добычи углеводородов на шельфе Баренцева моря теперь представляются не такими перспективными. Станет ли это толчком к реализации сценария развития альтернативной энергетики, будет ли экономическая политика государства переориентироваться на «зеленые» технологии? Искренне хотелось бы думать, что да.

По-видимому, каждый из нас может с уверенностью повторить за Андре Моруа, что жизнь — это постоянное изменение. Сталкиваясь с изучением сложных систем — таких как экосистемы или общество, мы отчетливо понимаем, что происходящие перманентные трансформации, в частности, климатические изменения неизбежны. Воздействия глобальных факторов вызывают в таких системах нелинейные отклики, а последствия трансформаций могут быть непрогнозируемыми. Тем очевиднее выглядит необходимость объединения усилий ученых-специалистов разных областей, бизнесменов, политиков, представителей местного населения.

Для всех перечисленных групп хорошим стимулом к самоорганизации и совместной работе в этом направлении, на наш взгляд, было бы знакомство с хорошо продуманной и четко написанной книгой, которую нам посчастливилось прочитать. Мы призываем вас последовать нашему примеру и уверены, что она не оставит читателей равнодушными.

Литература

Поланьи К. Великая трансформация: Политические и экономические истоки нашего времени / пер. с англ. А. Васильева и А. Шурбелева; под общ. ред. С. Е. Фёдорова. СПб.: Алетейя, 2002. 320 с.

Природа и коренное население Арктики под влиянием изменения климата и индустриального освоения: Мурманская область». М., 2020. 180 с.

Hechter M. Karl Polanyi's Social Theory: A Critique // *Politics & Society*. 1981. Vol. 10, No. 4. P. 399–429.

O'Dell T. Experience scapes. Blurring borders and testing connections // *Experience scapes. Tourism, Culture, and Economy* / T. O'Dell & P. Billing (eds.). Køge: Copenhagen Business School Press, 2010. P. 11–34.

The Rovaniemi Declaration. 2008. URL: <https://www.saamicouncil.net/documentarchive/saami-conference-in-rovaniemi-2008?rq=The%20Rovaniemi%20Declaration> (accessed 25.11.2020).

«КОЛЬСКОЕ ЗАСТОЛЬЕ»: О ПИТАНИИ НА СЕВЕРЕ И ТРАДИЦИЯХ СЕВЕРЯН

“KOLA FEAST”: ABOUT NORTHERN CUISINE AND FOOD TRADITIONS

В издательстве «Геликон Плюс» (Санкт-Петербург) вышла книга Евгении Пацья «Кольское застолье». Это подарок жителям и гостям нашего региона в честь 90-летия Кольского научного центра РАН.



Обложка издания

Евгения Пацья с 1997 г. возглавляет музейную экспозицию Музея-архива истории изучения и освоения Европейского Севера, а работает в нем со дня основания. В 2010 г. ей присвоено звание «Заслуженный работник культуры Российской Федерации», чуть позже — звание «Почетный гражданин города Апатиты». Ее книги «Невеста солнца» и «Семилетний стрелок из лука» стали библиографической редкостью.

Над «Кольским застольем» Евгения Яковлевна работала несколько лет, а сбор матери-

ала шел несколько десятилетий: она записывала истории и рецепты друзей и коллег, тех, кто переезжал на Север в советские годы, чтобы показать новые пищевые традиции через призму их кулинарных предпочтений и привычек.

Книга «Кольское застолье» вобрала несколько жанров: здесь и этнографические очерки о коренных народах полуострова — саамах и поморах, полевые журналистские эссе, энциклопедия знаний о поварском искусстве и, конечно же, конкретные рецепты.

Из первых двух глав читатель узнает о быте жителей старинных сел — Чаванги, Кузомени, Ловозера, Умбы. Прочтет также о древних кулинарных традициях саамов, включая упоминания о них в книгах первых исследователей Кольского Севера — Иоганна Шеффера, Николая Озерецковского, Константина Случевского, Николая Харузина, Карла Виклунда, Александра Ферсмана. Здесь же приведены рецепты из знаменитых сборников Вильяма Похлебкина и Елены Молоховец.

Друзья-поморы раскрыли автору многие секреты и тонкости обращения с рыбой, а друзья-саамы посвятили в тайны своей философии сосуществования с природой и поделились древними и простыми до совершенства рецептами приготовления оленины. Одна из 18 глав посвящена кулинарии голодного постперестроенного периода.

В целом же книга «Кольское застолье» рассчитана на людей, которые предпочитают рациональное питание, чувствуют среду, в которой живут, учитывают ее природные ресурсы.

Издание объемом в 254 страницы получилось солидным, отличается оригинальным дизайном и хорошим полиграфическим исполнением, а нетривиальные рисунки известной апатитской художницы Ирины Ситдиковой делают «Кольское застолье» настоящим северным сувениром.



КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

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

KOLA SCIENCE CENTRE

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

РИО
КНЦ
naukaprint.ru

