

ФИЦ
КНЦ
РАН

- НАУКИ О ЗЕМЛЕ
- БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
- ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
- ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ
- ЖИЗНЬ НАУКИ.
- КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ
- ЮБИЛЯРЫ

ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

2/2018



2/2018 (10)

издается с декабря 2009 года
DOI: 10.25702/KSC.2307-5228.2018.10.2
ISSN 2307-5228

Российская Академия Наук

ВЕСТНИК

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»

Свидетельство о регистрации СМИ

ПИ № ФС77-58548 от 25.06.2014

выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Главный редактор — чл.-корр. РАН, проф. С. В. КРИВОВИЧЕВ, лауреат премии Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых учёных «За выдающийся вклад в фундаментальное развитие структурной минералогии и кристаллохимии материалов, закладывающий основы создания новых материалов и наноматериалов», обладатель медали Европейского минералогического союза, лауреат премии Фонда поддержки образования и науки (Алфёровского фонда) для молодых учёных, почётный член Американского минералогического общества, лауреат премии им. А. П. Карпинского в области геологических и географических наук и горного дела, иностранный член Туринской академии наук

Заместитель главного редактора: д. г.-м. н. Г. Ю. ИВАНЮК

Редакционная коллегия

д. т. н. З. С. Абишева;
д. и. н. И. Ю. Винокурова;
д. б. н., чл.-корр. МАНЕБ Н. К. Белишева;
к. т. н., ст. н. с. П. Б. Громов, награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» IV степени;
д. ф.-м. н. В. Е. Иванов;
д. б. н. Н. А. Кашулин, заслуженный эколог России;
д. э. н. А. И. Кибиткин;
д. т. н., проф. А. А. Козырев, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Государственной премии СССР в области науки и техники, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, лауреат премии им. Н. В. Мельникова, награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, знаком «Шахтерская слава» II и III степени;
д. т. н. Н. В. Коровкин;
чл.-корр. РАН В. Н. Лажнецв;
д. б. н., проф. П. Р. Макаревич;
д. т. н. А. Г. Олейник;
д. и. н. И. А. Разумова;
к. г.-м. н. Т. В. Рундквист;
д. т. н., проф. А. Я. Фридман

Публикация статей не является свидетельством того, что издатель разделяет мнения их авторов.

С требованиями к авторам статей, редакционной политикой журнала, а также с архивом выпущенных номеров можно ознакомиться на сайте журнала по адресу: <http://www.naukaprint.ru/zhurnalny/vestnik/>

184209, г. Апатиты, Мурманская область,
ул. Ферсмана, 14.
Тел.: 8-81555-79-754.
E-mail: vestnik2@admksk.apatity.ru

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

академик РАН, д. геогр. н., проф. Г. Г. МАТИШОВ, награжден орденами Почёта, Дружбы, «Знак Почета», «За заслуги перед Отечеством» IV степени, «За морские заслуги», медалями «300 лет Российскому флоту», «За морские заслуги в Арктике», «За профессиональную честь», Золотой медалью им. Ф. П. Литке Русского географического общества, Золотой медалью Национальной академии наук Республики Армения, нагрудным знаком «Почетный полярик», лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, премий РАН им. О. Ю. Шмидта и им. С. О. Макарова, почётный работник науки и техники РФ, награжден Почётной грамотой Администрации Президента РФ «За большой вклад в обеспечение деятельности Администрации Президента РФ по развитию сотрудничества Российской Федерации с государствами — участниками Содружества Независимых Государств»;

академик РАН, д. т. н., проф. **Н. Н. МЕЛЬНИКОВ**, дважды лауреат премии Совета министров СССР, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, иностранный член Академии инженерных наук Сербии, награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени, орденом Почета, памятной медалью «70 лет Дня шахтера», золотым знаком «Горняк России», полный кавалер знака «Шахтерская слава»;

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

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

лауреат Государственной премии в области науки и техники;

д. т. н., ст. н. с., проф. Б. В. ЕФИМОВ;

д. б. н., проф. Ф. ЗОЛЬЗЕР;

д. э. н., проф. Ф. Д. ЛАРИЧКИН, заслуженный экономист России;

д. т. н., ст. н. с. В. А. МАСЛОБОЕВ;

д. г.-м. н., проф. В. П. ПЕТРОВ, награжден орденами «Знак Почета», Дружбы, медалью им. П. Л. Капицы РАЕН, почетными грамотами Президиума АН СССР и РАН, заслуженный деятель науки РФ;

д. т. н., проф. В. А. ПУТИЛОВ, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, орденом Дружбы, почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации;

д. ф.-м. н. Е. Д. ТЕРЕЩЕНКО;

PhD Я. М. ФЕДОРЧУК;

PhD М. ХИ;

PhD Ф. ШИ;

к. г.-м. н. А. Н. Виноградов (отв. секретарь)

Научное издание

Ответственный редактор А. С. Менделева

Редакторы: С. А. Шарам, Ю. Н. Еремеева, Е. Н. Еремеева (англ. яз.)

Технический редактор В. Ю. Жиганов

Подписано к печати 02.06.2018. Формат бумаги 60×84 1/8

Усл. печ. л. 16,62. Заказ № 36. Тираж 300 экз.

ФГБУН ФИЦ «КНЦ РАН»

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

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования.

Подписной индекс в каталоге «Почта России» — П3898

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Кольский научный центр Российской академии наук», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

<i>Билин А. Л.</i> Перспективы освоения массива апатит-ильменит-титаномагнетитовых руд Гремяха-Вырмес.....	5
<i>Гусак С. А.</i> К оценке эффективности атомных станций малой мощности для энергоснабжения арктических регионов России.....	17
<i>Дворецкий В. Г., Дворецкий А. Г.</i> Состав и распределение летнего зоопланктона полярного фронта (Баренцево море)	25
<i>Евзеров В. Я.</i> Неиспользованные сырьевые ресурсы Мурманской области.....	38
<i>Ильченко В. Л.</i> Тектоностратиграфическое моделирование земной коры по данным геофизического исследования скважин на шельфе Баренцева моря.....	53
<i>Козырев А. А., Панин В. И., Журавлева О. Г.</i> Энергонасыщенность — важный геомеханический параметр геологической среды в горнотехнических системах.....	63
<i>Пожиленко В. И., Серов П. А.</i> Sm-Nd изотопные исследования раннедокембрийских пород центральной части Кольского региона: новые данные.....	71

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Другова Т. П.</i> Листостебельные мхи города Кола (Мурманская область).....	87
---	----

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Фридман А. Я.</i> Концептуальные пространства как средство оценки ситуационной осведомленности при моделировании динамических иерархий.....	98
--	----

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Мартынова А. А., Пряничников С. В.</i> Функциональное состояние здоровья женского персонала горно-обогатительного предприятия.....	109
---	-----

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Емельянова Е. Е.</i> Перспективные направления развития инвестиционной деятельности в муниципалитетах регионов Севера и Арктики.....	117
<i>Серова Н. А.</i> Роль Мурманского транспортного узла в развитии Арктической зоны Российской Федерации	123

ЖИЗНЬ НАУКИ. КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ.....	128
--	-----

ЮБИЛЯРЫ.....	135
---------------------	-----

AD MEMORIAM.....	141
-------------------------	-----

2/2018 (10)

Published since December 2009
DOI: 10.25702/KSC.2307-5228.2018.10.2
ISSN 2307-5228

Russian Academy of Sciences

HERALD

of the Kola Science Centre of the RAS

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

Mass Media Registration Certificate
issued by the Federal Service for Supervision of Communications,
Information Technology and Mass Media on June, 25 2014.

Editor-in-Chief — S. V. KRIVOVICHEV, Corr. Member of the RAS, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), awarded the Medal of the European Mineralogical Union, Winner of the Prize of Foundation for Support of Education and Science (Alferov's Foundation) — Supporting Research of Young Scientists, Winner of the RF President's Prize in Science and Innovation for Young Scientists, Winner of the Karpinsky Prize of the Saint Petersburg Government and the Saint Petersburg Scientific Center in Geology, Geography and Mining, Foreign Member of the Turin Academy of Sciences, Honorary Member of Mineralogical Society of America, Prof.

Vice Editor-in-Chief — G. Yu. IVANUK, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.)

International Editorial Board

Z. S. Abisheva, Dr. Sci. (Eng.);
I. Yu. Vinokurova, Dr. Sci. (History);
N. K. Belisheva, Dr. Sci. (Bio);
P. B. Gromov, PhD (Eng.), awarded the IV class Medal of the Order "For Merit to the Fatherland";
V. E. Ivanov, Dr. Sci. (Phys. & Math.);
N. A. Kashulin, Dr. Sci. (Bio), Honoured Ecologist of the RF;
A. I. Kibitkin, Dr. Sci. (Econom.);
A. A. Kozyrev, Dr. Sci. (Eng.), Honoured Scholar of the RF, the USSR State Prize Winner (Science and Engineering), Winner of the Prize of the Government of Russia (Science and Engineering), Melnikov Prize Winner, awarded the II class Medal of the Order "For Merit to the Fatherland" and Miner's Glory Medal of II degree and III degree, Prof.;
N. V. Korovkin, Dr. Sci. (Eng.);
V. N. Lazhentsev, Corr. Member of the RAS;
P. R. Makarevich, Dr. Sci. (Bio);
A. G. Olejnik, Dr. Sci. (Eng.);
I. A. Razumova, Dr. Sci. (History);
T. V. Rundkvist, PhD (Geol. & Mineral.);
A. Ya. Fridman, Dr. Sci. (Eng.)

Information for authors, our policy and archive:
<http://www.naukaprint.ru/zhurnaly/vestnik/>

The responsibility for opinions, expressed in signed articles, studies and other contributions rests solely with the authors, and publication does not constitute an endorsement by the Publisher of the opinions expressed in them.

International Editorial Council

G. G. MATISHOV, Academician of the RAS, Dr. Sci. (Geography), awarded the Order of the Badge of Honour, the Order of Honour, the Order "For Naval Merit", the IV class Order "For Merit to the Fatherland", the Order of Friendship, the Jubilee Medal "300 Years of the Russian Navy", the Medal "For Naval Merit in the Arctic", the Medal "For Professional Honor", the Litke Gold Medal of the Russian Geographical Society, the Gold Medal of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, the Honored Polar Explorer Badge, Winner of the Prize of the Government of Russia (Science and Engineering), Winner of the Schmidt Prize of the RAS, Winner of Makarov Prize of the RAS, Honoured Worker of Science and Engineering, awarded the Certificate of Honour of the Presidential Administration of Russia "For Great Contribution to Presidential Administration of Russia's Activities in Development of the RF's Cooperation with the Countries — the Participants of the CIS, Prof.;
N. N. MEL'NIKOV, Academician of the RAS, Dr. Sci. (Eng.), twice Winner of the Council of Ministers of the Soviet Union Prize, Winner of the Prize of the Government of Russia (Science and Engineering), Foreign Member of Academy of Engineering Sciences of Serbia, awarded the IV class Order "For Merit to the Fatherland", the Order of Honour, the Memorial Medal "70 Years of Miner's Day", the Golden Badge "Miner of Russia", Full Cavalier of the Miner's Glory Medal, Prof.;
V. K. ZHIROV, Corr. Member of the RAS, Dr. Sci. (Bio), Prof.;
A. I. NIKOLAEV, Corr. Member of the RAS, Dr. Sci. (Chemistry), Honoured Scholar of the RF, Prof.;
B. V. EFIMOV, Dr. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Prof.;
F. ZOELZER, PhD (Bio), Prof.;
F. D. LARICHKIN, Dr. Sci. (Econ.), Honoured Economist of the RF, Prof.;
V. A. MASLOBOEV, Dr. Sci. (Eng.), Senior Researcher;
V. P. PETROV, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), awarded the Order of the Badge of Honour, the Order of Friendship, the Kapitza Medal of the Russian Academy of Natural Sciences, Certificates of Honour of the Presidium of the Academy of Sciences, Honoured Scholar of the RF, Prof.;
V. A. PUTILOV, Dr. Sci. (Eng.), Winner of the Prize of the Government of Russia (Science and Engineering), awarded the II class Medal of the Order "For Merit to the Fatherland", the Order of Friendship, Honoured Worker of Higher Professional Education of the RF, Honoured Scholar of the RF, Prof.;
E. D. TERESHCHENKO, Dr. Sci. (Phys. & Math.);
Ya. M. FEDORTCHOUK, PhD; M. HI, PhD; F. SHI, PhD
A. N. VINOGRADOV, PhD (Geol. & Mineral.) — Responsible Secretary

Executive Editor — A. S. Mendeleva

184209, Fersman str., 14, Apatity, Murmansk Oblast.
Tel. 8-81555-79-754.
E-mail: vestnik2@admksk.apatity.ru.

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

CONTENTS

EARTH SCIENCES

Andrey L. Bilin

- Prospects for the Development of the Apatite-Titanomagnetite-Ilmenite Ore Massif
Gremyakha-Vyrmes..... 5

Sergey A. Gusak

- Efficiency Assessment of Small Nuclear Power Plants for Power Supply
in the Arctic Regions of Russia..... 17

Vladimir G. Dvoretzky, Alexander G. Dvoretzky

- Composition and Distribution of Summer Zooplankton of Polar Front (the Barents Sea)..... 25

Vladimir Ya. Yevzerov

- Unused Raw Material Resources of the Murmansk Region..... 38

Vadim L. Il'chenko

- Tectonostratigraphic Modeling of the Earth Crust by Geophysical Exploration Data
from Boreholes on the Barents Sea Shelf..... 53

Anatoliy A. Kozyrev, Victor I. Panin, Olga G. Zhuravleva

- Energy Saturation as the Important Geomechanical Parameter
of Geological Environment in Mining-Engineering Systems..... 63

Vladimir I. Pozhilenko, Pavel A. Serov

- Sm-Nd Isotope Studies of Early Precambrian Rocks of the Central Part of the Kola Region:
New Data..... 71

BIOSCIENCES

Tatiana P. Drugova

- Mosses of the Town of Kola (Murmansk Region)..... 87

ENGINEERING SCIENCES

Alexander Ya. Fridman

- AI Spaces As a Means to Estimate Situational Awareness in Modeling Dynamic Hierarchies..... 98

PHYSIOLOGICAL SCIENCES

Alla A. Martynova, Sergey V. Prjanichnikov

- Functional State of the Body of the Female Workers of Mining and Processing Enterprise..... 109

ECONOMIC SCIENCES

Elena E. Emelyanova

- Perspective Directions of Investment Activity Development in the Municipalities
of the North and the Arctic..... 117

Natalia A. Serova

- The Role of the Murman Transport Hub in the Development
of the Arctic Zone of the Russian Federation..... 123

- CONFERENCES**..... 128

- ANNIVERSARIES**..... 135

- AD MEMORIAM**..... 141

DOI: 10.25702/KSC.2307-5228.2018.10.2.5-16

УДК 622.013

**ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ МАССИВА
АПАТИТ-ИЛЬМЕНИТ-ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ РУД
ГРЕМЯХА-ВЫРМЕС***

А. Л. Билин

ФГБУН Горный институт КНЦ РАН

ФГБОУ ВО Мурманский арктический государственный университет

Аннотация

Анализируются предпроектные технико-экономические расчеты по результатам предварительной разведки рудного района апатит-ильменит-титаномагнетитовых руд. Доказывается, что выполненные проектные проработки содержат существенные просчеты, ухудшившие инвестиционные показатели освоения массива. В результате технологической оптимизации и продуманной государственной поддержки массив может быть освоен и способен обеспечить потребность России в титановом сырье на 100–200 лет.

Ключевые слова:

границы карьеров, основные и попутные полезные ископаемые, приведение попутных полезных ископаемых, инвестиционный анализ, привлекательность горнорудных проектов, государственная поддержка проектов.

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE APATITE-TITANOMAGNETITE-ILMENITE ORE
MASSIF GREMYAKHA-VYRMES**

Andrey L. Bilin

Mining Institute of the of the KSC of the RAS

Murmansk Arctic State University

Abstract

Pre-design technical and economic calculations are analyzed based on the results of preliminary exploration of the apatite-ilmenite-titanium-magnetite ore region. The author states that the design studies performed contain significant miscalculations that have worsened the investment indicators for the rock massif development. The investment analysis has shown that taking into account the three useful components and the increase in the industrial importance of titanium-magnetite ores, the project for the Gremyakhā–Vyrmes rock massif's prime location mining becomes an investment attractive, with a profitability index of 1,75, after paying all taxes at a 9-year payback period and 30-year reserve supply within the development phase. As a result of technological optimization and well-targeted government support, the rock massif can be developed and is able to meet Russia's demand for titanium raw materials for 100–200 years.

Keywords:

boundaries of open pits, principal and secondary minerals, bringing of secondary minerals, investment analysis, the attractiveness of mining projects, state support for projects.

* Исследования выполнены при поддержке гранта Российского научного фонда № 14-17-00761П.



Краткая характеристика анализируемых предпроектных проработок

Рудный узел апатит-титаномагнетит-ильменитовых руд Гремяха-Вырмес располагается в Кольском районе в 20–30 км к юго-западу от поселка Мурмаши в районе озер Гремяха и Вырмес. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 120 до 420 м. Относительные превышения — от 150 до 200 м. Массив Гремяха-Вырмес представляет собой синклинальную структуру размером 13 на 7 км в форме подковы, ориентированную в меридиональном направлении, с крыльями на север. Центр структуры размещается под озером Вырмес. Контакты массива с вмещающими породами крутые: в восточной части 65–75° с падением на запад, в южной — 55–60° на север, в западной — 70–75° на восток.

В 1985 г. проектным институтом «Гипроруда» были выполнены «Технико-экономические соображения предварительной разведки апатит-ильменитового массива Гремяха-Вырмес» [1] — ТЭС-1985. Оконтуривание контактов апатит-титаномагнетит-ильменитовых руд осуществлено для бортового содержания 2 % по P_2O_5 .

В соответствии с условиями залегания рудных тел выходы структуры на дневную поверхность было предложено обрабатывать открытым способом. В пределах рудного района по граничному коэффициенту вскрыши, равному $12 \text{ м}^3/\text{м}^3$, выделено 9 участков-месторождений, отработка которых возможна самостоятельными карьерами (рис. 1).

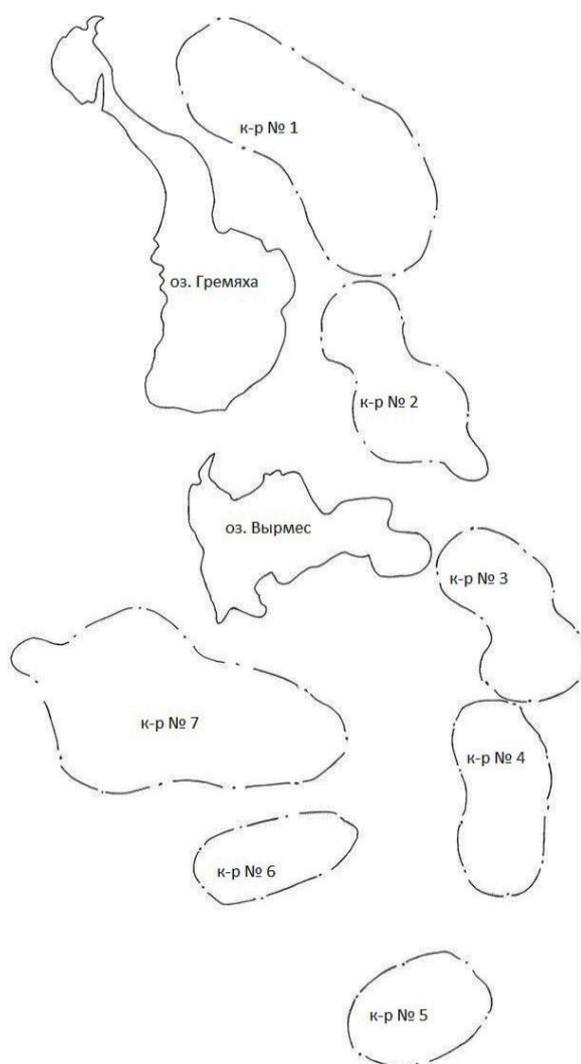


Рис. 1. Схема размещения карьеров
Fig. 1. Location of open pits

Отработка месторождения предложена комбинированным автомобильно-железнодорожным транспортом. Руда с верхних горизонтов и с перегрузочных пунктов транспортируется на обогатительную фабрику железнодорожным транспортом на расстояние 7 км от карьера № 1 и 11 км от карьера № 3.

Производительность обогатительной фабрики по руде определена на уровне 50 млн т руды в год на уровне горнотехнических возможностей. Наиболее крупными и благоприятными по горно-геологическим условиям являются карьеры № 1 и 7. На первом этапе предложено обрабатывать карьеры № 1 и 3, на 34-м году работы — карьер № 7, на 53-м году — карьер № 2, а карьер № 7 вывести на полную мощность. Общий срок отработки запасов по карьерам № 1 и № 7 составил более 90 лет. Прочие карьеры (4, 5, 6 и малые 8 и 9) подлежали отработке после завершения первых двух этапов.

Из-за ограничений в спросе на ильменитовый концентрат (ИК) были рассмотрены два варианта строительства обогатительных фабрик (ОФ): с извлечением на полный объем концентратов и по урезанной схеме обогащения с производством ильменитового концентрата на уровне имеющейся потребности в 1,8 млн т в год.

Из девяти участков два (№ 1 и № 3) стали предметами дальнейшего рассмотрения в 1990 г. в технико-экономическом обосновании целесообразности детальной разведки в качестве участков «Гремяха» и «Вырмес» [2] — ТЭО-1990, а в 1991 г. дополнительно было рассмотрено два направления доработки ТЭО (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Показатели отработки по вариантам
Mining indicators for options

Показатели Indicators	Старая схема обогащения ОФ [2] Used concentration scheme rough flotation (RF)		Новая схема обогащения Advanced concentration scheme	
	Полная ОФ Complete RF	Урезанная ОФ Cutdown RF	Урезанная ОФ [4] Cutdown RF	Полная ОФ [5] Complete RF
1	2	3	4	5
Добыча горной массы, млн т Rock mass production, mln t	110	110	110	9
Добыча руды, млн т Ore production, mln t	50	50	50	6
Выпуск концентратов, млн т Output of concentrates, mln t				
апатитового (АК) apatite (AC)	3,122	3,122	2,970	0,356
титаномагнетитового (ТМК) titanium-magnetite (TMC)	3,970	3,970	3,561	0,458
ильменитового (ИК) ilmenite (IC)	4,005	1,800	1,800	0,494

Окончание таблицы 1
Table 1 (Continued)

1	2	3	4	5
Цена 1 т концентрата, руб. Price per one ton of concentrate, rub.				
АК АС	22,3	22,3	22,3	22,3
ТМК ТМС	4,5	4,5	3,08	2,89
ИК ИС	73,92	73,92	73,92	73,92
Товарная продукция (ТП), млн руб. Market products (MP), mln rub.	383,5	220,5	210,3	45,8
Себестоимость ТП, млн руб. MP self-cost, mln rub.	272,5	245,1	210,0	38,6
Прибыль, млн руб. Income, mln rub.	111,0	-24,6	0,3	7,2
Капиталовложения, млн руб. Capital investments, mln rub.	1088,6	993,4	971,9	268,3
Рентабельность к себестоимости, млн руб. Profitability to self-cost, mln rub.	40,8	-10,0	0,1	18,6
Амортизационные отчисления, млн руб. Amortization, mln rub.	50,6	45,2	39	11,7
Прибыль с амортизацией, млн руб. Income from amortization, mln rub.	161,6	20,6	39,3	18,9
Капвложения с оборотными средствами, млн руб. Capital investments with current assets, mln rub.	1144,8	1043,6	1015,2	278,0
Срок возврата капиталовложений, лет Payback period,	7,1	50,6	25,9	14,7

Первоначально магнитно-флотационная схема обогащения предполагала, что почти вся руда (за исключением черного титаномагнетитового концентрата (ТМК)) перерабатывается по флотационной технологии (первые два варианта). Вместе с тем, было установлено, что руды месторождения характеризуются довольно значительной гравитационной дифференциацией. Титаномагнетит, ильменит и сульфиды имеют удельный вес более $4,6 \text{ г/см}^3$ в то время как остальные составляющие — менее $3,9 \text{ г/см}^3$. Это позволило специалистам института «Механобр» [3] предложить размещение в голове обогатительного процесса гравитационной сепарации (вариант 3). Количество флотационных хвостов по новой схеме стало меньше на 24 %, при этом вследствие исключения флотационного ильменитового цикла качественный состав хвостов стал более благоприятен с точки зрения снижения вредного воздействия на природную среду. Можно дополнительно отметить, что за счет флангового прироста запасов на участке «Гремяха» была установлена возможность обеспечения заданной производительности исключительно на этом участке.

Несмотря на некоторое сокращение эксплуатационных расходов по гравитационно-флотационной схеме обогащения, вариант с производством ильменитового концентрата в объеме потенциального спроса обеспечил слишком длительный срок окупаемости капитальных вложений.

В качестве 1-го этапа освоения Гремяхинского массива был рассмотрен вариант создания обогатительной фабрики по переработке 6 млн т руды в год с производительностью карьера по горной массе в 9 млн т (вариант 4). Было обеспечено снижение срока окупаемости капитальных затрат до 15 лет, хотя он остался еще довольно значительным вследствие того, что малая фабрика более чем в 8 раз меньше по объему производства. Масштабный фактор сделал фабрику существенно более затратной, а ее строительство потребует капитальных вложений в развитие транспортной и энергетической инфраструктур, которые необходимы для освоения запасов всего Гремяхо-Вырмесского рудного района на полную производительность.

Критический анализ основных проектных решений

После ознакомления с предпроектными проработками, выполненными по результатам поисково-оценочных работ и предварительной разведки участков первоочередного освоения, может создаться впечатление, что рассматриваемый геологический объект относится к категории малоперспективных, что нашло отражение в дальнейших проработках по перспективам развития апатитовой, титановой и титаномагнетитовой сырьевых баз.

Например, в докладе о необходимости формировании национального резерва стратегических материалов [6] в качестве объектов сырьевой базы на титан Мурманской обл. рассматривается лишь слабоапатитовый участок юго-восточная Гремяха (№ 5 на рис. 1), далеко не самый благоприятный по запасам и горно-геологическим условиям.

На общероссийском уровне в качестве потенциальной сырьевой базы черной металлургии по титаномагнетитовым рудам в числе потенциальных объектов освоения также перечисляется лишь этот же участок [7].

Посредством критической оценки постараемся доказать обратное: объект инвестиционно привлекателен. В качестве причин просчетов следует указать, прежде всего, на узковедомственный подход в разведке и оценке месторождений, который повлек за собой целый ряд последствий, существенно «ухудшивших» рассматриваемый геологический объект.

Произведем расчет извлекаемой ценности руды в недрах по вариантам освоения Гремяхинского месторождения (табл. 2):

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_{iK} \cdot \frac{A_{iK}}{A_p}, \text{ руб/т,}$$

где C_{iK} — цена i -го концентрата, руб/т; A_{iK} — годовой объем производства i -го концентрата, млн т; A_p — годовой объем переработки руды, млн т.

Как видно из расчетов, наиболее ценным компонентом в комплексной руде на момент анализируемых предпроектных проработок являлся ильменит и искусственное ограничение его извлечения (с «размещением» излишков в хвостохранилище) не выглядит экономически оправданным. Вместо урезания обогатительной фабрики при сохранении производительности по перерабатываемой руде на уровне 50 млн т в год более логичным видится вариант рассмотрения обогатительной фабрики по переработке руды в год на уровне 21–24 млн т при полноценной обогатительной схеме.

Потенциально данный вариант мог бы быть рассмотрен уже в 1990 г. на втором этапе предпроектных исследований, а причиной его пропуска явилось неиспользование в проектной практике методов определения ценности руды по полезным компонентам и «побочность» ильменитового концентрата для «профилирующего» апатитового производства Министерства химической промышленности, выступившего заказчиком предварительной разведки массива.

Таблица 2
Table 2Ценность руды по концентратам
Value of ore in terms of concentrates

Показатели Indicators	ТЭС-1985 [1] Easibility reasons-85 [1]		ТЭО-1990 [2] Feasibility study-90 [2]		Доработка-1991 Modification-1991	
	Старая схема обогащения Used concentration scheme rough flotation				Новая схема обогащения Advanced concentration scheme	
	Полная ОФ Complete RF	Урезанная ОФ Cutdown RF	Полная ОФ Complete RF	Урезанная ОФ Cutdown RF	Урезанная ОФ [4] Cutdown RF [4]	Полная ОФ [5] Complete RF [5]
Производительность по руде, млн т Ore production, mln t	50	50	50	50	50	6
Производительность по ИК, млн т Ilmenite concentrate Production, mln t	4,01	1,80	4,01	1,80	1,80	0,49
Ценность руды всего, руб/т * Ore value in total, rub/t	8,55	5,29	7,56	4,30	4,21	7,63
в т. ч. по АК Including AC	1,39	1,39	1,39	1,39	1,32	1,32
по ТМК TMC	1,24	1,24	0,24	0,24	0,22	0,22
по ИК IC	5,92	2,66	5,92	2,66	2,66	6,09

* В рублях 1990 г.

* Rub. of 1990.

Для улучшения показателей освоения массива Гремяха-Вырмес дополнительно можно:

- выполнить переоконтуривание рудных тел по условному TiO_2 ильменитовому;
- перейти от натурального замыкающего показателя — граничного коэффициента вскрыши, равного $12 \text{ м}^3/\text{м}^3$, — к расчетному экономически допустимому коэффициенту вскрыши с учетом качества руд и расстояния их транспортирования, что позволит более взвешенно обосновать решение по границам карьеров на разных участках [8];
- выделить пространственный этап освоения при экономически обоснованной производительности и обеспеченности запасами на 25–30 лет.

Не ввязываясь в столь масштабные и довольно трудоемкие оптимизационные проработки, выполним укрупненную геолого-экономическую переоценку и ответим на вопрос, может ли иметь экономический смысл освоение первоочередного участка «Гремяха» (карьер № 1) в современных (2017 г.) условиях.

Опираясь на итоговые цифры выполненных ранее проработок, оценим ориентировочный уровень капитальных и эксплуатационных затрат и уровень товарной продукции. В качестве дефлятора капитальных вложений и себестоимости используем официальный уровень инфляции, основанный на индексах потребительских цен на товары и услуги, публикуемых Федеральной службой государственной статистики [9] (табл. 3).

Полученный средний уровень инфляции 94,25 используем в качестве дефлятора для эксплуатационных затрат и капитальных вложений.

Таблица 3

Table 3

Инфляция относительно цен 1990 г.
Inflation relative to 1990 prices

Год Year	Годовой уровень инфляции, % Annual inflation, %	Уровень инфляции, доли единиц (разы) Inflation level, share units (times)		
		к предыдущему году in unit ratio to previous year	к уровню 1990 г. to a level of 1990	с учетом деноминации 1998 г. accounting denomination of 1998
2016	5,38	1,054	94248	94,25
2015	12,91	1,129	89436	89,44
2014	11,36	1,114	79210	79,21
2013	6,45	1,065	71130	71,13
2012	6,58	1,066	66820	66,82
2011	6,1	1,061	62694	62,69
2010	8,78	1,088	59090	59,09
2009	8,8	1,088	54321	54,32
2008	13,28	1,133	49927	49,93
2007	11,87	1,119	44074	44,07
2006	9	1,090	39398	39,40
2005	10,91	1,109	36145	36,14
2004	11,74	1,117	32589	32,59
2003	11,99	1,120	29165	29,17
2002	15,06	1,151	26043	26,04
2001	18,8	1,188	22634	22,63
2000	20,1	1,201	19052	19,05
1999	36,6	1,366	15864	15,86
1998	84,5	1,845	11613	11,61
1997	11	1,110	6294	–
1996	21,8	1,218	5671	–
1995	131,6	2,316	4656	–
1994	214,8	3,148	2010	–
1993	840	9,400	638,57	–
1992	2508,8	26,088	67,93	–
1991	160,4	2,604	2,604	–

Что касается товарных продуктов, то основным продавцом на мировом рынке титановых (рутилового и ильменитового) концентратов продолжает оставаться Австралия. Цены на (54 %-й) ильменитовый концентрат (ИК), ФОБ-порты Австралии в последние годы долго держались в диапазоне 80–90 долл. США за 1 т (рис. 2), но в 2011–2013 гг. испытали сильный скачок, повысившись до 300 долл. США, после чего в 2016 г. снизились до 105 долл. США [10]. Для сглаживания цен часто применяют среднюю шестилетнюю цену за предшествующий период, которая демонстрирует тенденцию к росту цен. График показывает, что текущие цены характеризуют «слабое» состояние рынка и их нельзя принимать в качестве средних долгосрочных. Среднюю между текущими годовыми и средними шестилетними (147 долл. США за 1 т) примем в качестве ожидаемого (реалистичного) уровня цен на длительную перспективу. При пересчете в 49 %-й ИК это даст цену в 133 долл. США за 1 т.

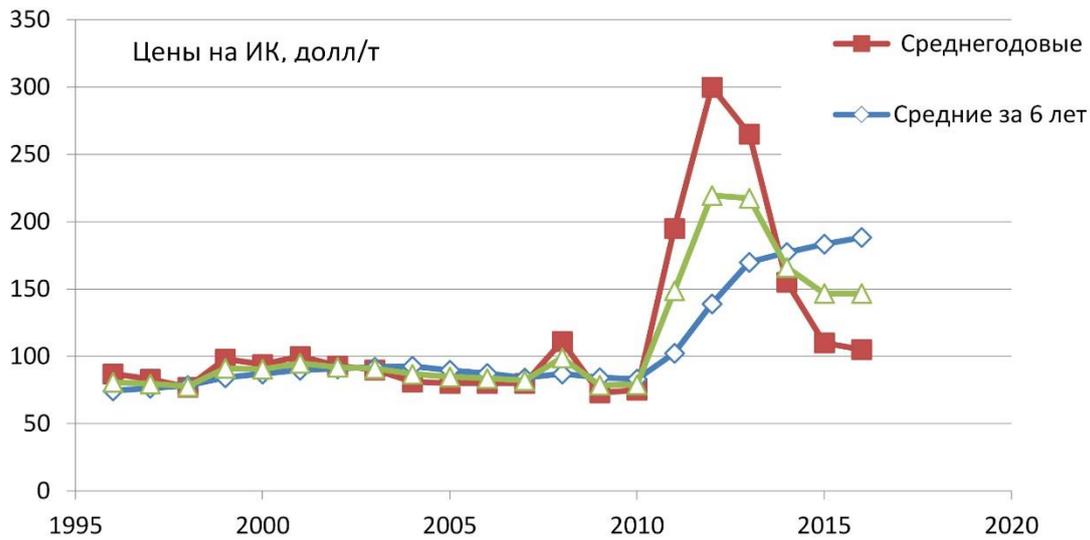


Рис. 2. Анализ среднегодовых цен на ильменитовый (54 % TiO_2) концентрат [10]
 Fig. 2. Analysis of average annual costs of ilmenite (54 % TiO_2) concentrate [10]

В 2016 г. стоимость 1 т апатитового концентрата (АК) составила около 110 долл. США. Что касается ТМК, то металлурги заявляют, что его использование в производстве сталей является задачей, которая уже решена промышленностью [11]. В настоящее время при доменной плавке допускается содержание TiO_2 до 4 % в титаномагнетитовом концентрате, а при большей величине — в смеси с традиционными рудами.

Это позволяет принять возможную цену ТМК на уровне 57 долл. США за 1 т с учетом 31 %-й скидки относительно магматитовых железорудных концентратов и с учетом разницы содержания железа в стандартном (64 %) и титаномагматитовом (55 %) концентратах (рис. 3). В итоге получено два варианта инвестиционного анализа (табл. 4), выполненного по методике института ВИЭМС [12].



Рис. 3. Динамика среднегодовых цен на железорудный (64 % Fe) концентрат американского и мирового рынков [13]
 Fig. 3. Variation of average annual costs of iron (64 % Fe) concentrate at the US and world markets [13]

Таблица 4

Table 4

Результаты инвестиционного анализа первого этапа освоения массива Гремях-Вырмес
Results of investment analysis of the first development stage of the Gremyakh–Vyrmes ore massif

Показатели Indicators	Варианты расчета Calculation options	
	по данным ТЭО 1991 г. by FS data of 1991	после дефляции 2017 г. after deflation of 2017
1	2	3
Годовая производительность по добыче руды, тыс. т Annual output of ore production, ths t	6 000	6 000
Годовая мощность по горной массе, тыс. т Annual capacity of rock mass, ths t	9 000	9 000
Годовой выпуск товарной продукции, тыс. т Annual output of market products, ths t		
АК AC	448,6	448,6
ТМК TMC	363,0	363,0
ИК IC	452,6	452,6
Цена 1 т товарной продукции предприятия, руб. Price per 1 t of an enterprise's market product, rub.		
по ИК of IC	73,9	7 680
по АК of AC	22,3	6 600
по ТМК of TMC	2,89	3 420
Среднее содержание в концентратах, % Average content in concentrates, %		
TiO ₂ в ИК TiO ₂ in IC	49,0	49,0
P ₂ O ₅ в АК P ₂ O ₅ in AC	38,0	38,0
Fe в ТМК Fe in TMC	55,6	55,6
TiO ₂ в ТМК расчетное TiO ₂ in TMC calculated	6,7	6,7
Стоимость товарной продукции (без НДС), млн руб. Cost of market products (excl. VAT), mln rub.	42,6	7 389
по ИК of IC	33,2	3 445
по АК of AC	8,1	2 396
по ТМК of TMC	1,3	1 548
Годовые эксплуатационные затраты, млн руб. Total annual operating costs, mln rub.	35,0	3 300
в т. ч. на добычу including production	7,6	711,6

Окончание таблицы 4
Table 4 (Continued)

1	2	3
Налог на добычу полезных ископаемых, млн руб. Mineral production tax, mln rub.	0,7	127,5
Годовые эксплуатационные затраты с платежами, млн руб. Annual operating costs with payments, mln rub.	35,8	3 427
Амортизационные отчисления, млн руб. Amortization, mln rub.	16,1	1 517
Годовой доход, млн руб. Annual return, mln rub.	7,5	4 089
Годовой доход с амортизацией, млн руб. Annual return with amortization, mln rub.	23,6	5 606
Годовая прибыль, млн руб. Annual income, mln rub.	6,8	3 962
Налоги на прибыль, млн руб. Income tax, mln rub.	1,4	792,4
Чистая прибыль, млн руб. Net income, mln rub.	5,4	3 169
Чистая прибыль с амортизацией, млн руб. Net income with amortization, mln rub.	21,5	4 686
Капиталовложения, млн руб. Capital investment, mln rub.	268,3	25 287
Срок окупаемости капитальных вложений, лет Payback period of capital investment, years	Не окупается Is not payable	8,8
Чистый дисконтированный доход (ЧДД), млн руб. Net present return (NPR), mln rub.	-38,9	24 090
Чистая дисконтированная прибыль (ЧДП), млн руб. Net present value (NPV), mln rub.	–	16 537
Дисконтированная бюджетная эффективность (ДБЭ), млн руб. Discounted budget effectiveness (DBE), mln rub.	–	7 553
Индекс доходности (ИД), единицы Productivity index, units	0,83	2,10
Индекс прибыльности (ИП), единицы Profitability index, units	0,76	1,75
Внутренняя норма доходности (ВНД), % Internal rate of return, %	8,3	20,1
Внутренняя норма прибыльности (ВНП), % Internal rate of profitability (IRR), %	6,0	17,0
Рентабельность к капиталовложениям, % Profitability to capital investment, %	2,8	16,2
Рентабельность к эксплуатационным затратам, % Profitability to operating costs, %	21,5	123,9
Рентабельность к капиталовложениям при налогах, % Profitability to capital investment including taxes, %	2,0	12,5
Рентабельность к эксплуатационным затратам при налогах, % Profitability to operating costs including taxes, %	15,2	92,5

Из-за довольно существенных капиталовложений фондоотдача в ценах 1990 г. составила всего 16 %, а в принятых ценах 2017 г. — уже 29 %. В ценах 1990 г. проект некупаем, что подтверждают выводы проектировщиков, так как рентабельность к эксплуатационным затратам после выплаты налогов составляет 15 %, рентабельность же к капиталовложениям — всего 2 %.

Ильменитовый концентрат обеспечивает 46,6 % коллективной ценности, апатитовый — 32,4 %, а титаномагнетитовый — 21 %. Фактически все три компонента стали близки как по ценам, так и по ценности в руде. При этом наименьший прирост цен обеспечил ИК (самый ценный компонент в проработках 1985–1991 гг.), хотя и выше сводного индекса инфляции. Рост цены АК, ввиду обострения дефицитности, втрое опередил принятый дефлятор, а ТМК — в 11 раз, так как за прошедшее время он превратился в полноценный промышленный сорт железных руд, приблизившийся по ценности к двум концентратам.

Следует обратить внимание, что из-за высокой капиталоемкости и низкой фондоотдачи срок окупаемости проекта освоения массива продолжает оставаться довольно большим (около 9 лет), несмотря на то обстоятельство, что рентабельность к эксплуатационным затратам после выплаты налогов является более чем существенной (более 90 %).

Ключевые инвестиционные показатели

В ценах 2017 г. капиталовложения — 25,3 млрд руб.

Чистая дисконтированная прибыль (NPV) при норме дисконтирования 10 % — 16,5 млрд руб.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) — 24 млрд руб.

Дисконтированная бюджетная эффективность (ДБЭ) — 7,5 млрд руб.

Индексы доходности (ИД) и прибыльности (ИП) — 2,1 и 1,75 раза.

Внутренняя норма прибыльности (ВНП) — 17 % над уровнем инфляции.

Внутренняя норма доходности (ВНД) — 20,1 %.

Отметим, что показатели доходности характеризуют общественную значимость проекта по валовой прибыли (доходу) до налогообложения, показатели же прибыльности — коммерческую значимость проекта для инвесторов по чистой прибыли после налогообложения. Разница между этими системами показателей характеризует бюджетную эффективность проекта (без учета подоходного налога и социальных отчислений). Кроме того, необходимо отметить, что полученные ВНД и ВНП характеризуют реальную доходность над уровнем инфляции. Для перехода к обычно используемым в кредитно-инвестиционной банковской деятельности номинальным процентам необходимо к полученной реальной ставке прибавить средний уровень инфляции, который составляет 5–7 %.

Общие выводы

Освоение массива апатит-ильменит-титаномагнетитовых руд Гремяха-Вырмес является жизнеспособным и привлекательным инвестиционным проектом. Его реализация способна обеспечить инвестору 17 реальных и 22–24 номинальных процентов прибыльности на вложенный капитал, что составляет более чем приемлемую ставку сбережения вложенных средств после выплаты всех налогов. Внутренняя норма доходности проекта (до выплаты налогов) составляет около 20 реальных или 25–27 номинальных процентов. Кроме того, следует напомнить, что в проведенном анализе проект освоения массива рассмотрен в контурах «этапа первоочередного освоения» при производительности фабрики на уровне 6 млн т в год. В условиях полной реализации продукции и при подтверждении цен сохраняется возможность повышения годовой производительности по руде с 6 до 24 млн т с обеспеченностью запасами более чем на 200 лет.

По титановому сырью массив Гремяха-Вырмес может быть отнесен к категории стратегических материалов. Высокие капиталовложения, большой период окупаемости и рискованность инвестиций требуют разработки программы поддержки проекта освоения рудного района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техничко-экономические соображения предварительной разведки апатит-ильменитового массива Гремяха-Вырмес: в 2 кн. Кн. 1: Горные работы и обоснование целесообразности предварительной разведки / Гипроруда, Механобр // Архив Рос. федер. геол. фонда. Л., 1985. 177 л. 2. Техничко-экономическое обоснование (ТЭО) очередности освоения и разведки месторождений апатитовых руд Кольского полуострова. ТЭО целесообразности детальной разведки месторождения комплексных апатит-титаномагнетит-ильменитовых руд Гремяха-Вырмес. Т. 1: Горнотехническая часть: пояснит. зап. / Гипроруда // Архив Рос. федер. геол. фонда. Л.: 1990. 116 с. 3. Прогноз технико-экономических показателей переработки комплексных руд участка Гремяха по более экономичной и экологически чистой технологии обогащения: отчет о НИР. / Механобр // Архив Рос. федер. геол. фонда. Л., 1991.
4. ТЭО очередности освоения... Этап 4. ТЭО целесообразности детальной разведки месторождения... Гремяха-Вырмес. Доработка. Т. 1а: Техничко-экономические показатели отработки месторождения на базе более экономичной и экологически чистой технологии обогащения / Гипроруда // Архив Рос. федер. геол. фонда. Л., 1991. 62 с. 5. ТЭО очередности... Этап 4. ТЭО целесообразности... Доработка. Т. 1б: Техничко-экономические показатели отработки участка Гремяха на базе новой технологии обогащения. Дополнительный вариант на производительность 6 млн т в год / Гипроруда // Архив Рос. федер. геол. фонда. Л., 1991. 22 с. 6. *Виноградов А. Н., Селин В. С., Цукерман В. А.* Мурманская область как перспективная база для формирования национального резерва стратегических материалов // Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С. 481–489. URL: <http://www.kolasc.net.ru/russian/innovation/ksc75/6.4.pdf>. 7. *Вышегородский Д.* Титаномагнетитовые руды — перспективная сырьевая база металлургии // Уральский рынок металлов. 2006. № 1. С. 48–53 с. URL: <http://www.urm.ru/ru/75-journal121-article1546>. 8. *Билин А. Л.* Развитие методов определения границ карьеров в сложных горно-геологических условиях // Экологическая стратегия развития горнодобывающей отрасли. Формирование нового мировоззрения в освоении природных ресурсов: сб. докл. Всерос. науч.-техн. конф. с участием иностранных специалистов, 13–15 октября 2014 г. / Рос. акад. наук; Горный ин-т КНЦ РАН. Апатиты; СПб.: Реноме, 2014. Т. 1. С. 76–84. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=22510255>. 9. Уровень инфляции РФ: сайт индексов потребительских цен на товары и услуги, публикуемых Федеральной службой государственной статистики. URL: <http://xn----ctbjnaatncev9av3a8f8b.xn--p1ai/> (дата обращения: 12.05.2017). 10. USGS — United States Geological Survey: информ. сайт Геологической службы США. URL: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/> (дата обращения: 19.05.2017). 11. *Пахомов Ф. П., Тиунов Л. П., Быховский Л. З.* Титаномагнетитовые месторождения России: минерально-сырьевая база, перспективы освоения и комплексного использования. Минеральное сырье. Геолого-экономическая серия. М.: ВИМС, 2010. № 30. 138 с. 12. Методика геолого-экономической переоценки запасов месторождений твердых полезных ископаемых (по укрупненным показателям). М.: ВИЭМС, 1996. 31 с. 13. USGS — United States Geological Survey: информ. сайт Геологической службы США. URL: https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_ore/ (дата обращения: 19.05.2017).

Сведения об авторе

Билин Андрей Леонидович — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Горного института КНЦ РАН, доцент Мурманского арктического государственного университета
E-mail: bilin@goi.kolasc.net.ru

Author Affiliation

Andrey L. Bilin — PhD (Engineering), Leading Researcher of the Mining Institute of the KSC of the RAS, Associate Professor of the Murmansk Arctic State University
E-mail: bilin@goi.kolasc.net.ru

Библиографическое описание статьи

Билин, А. Л. Перспективы освоения массива апатит-ильменит-титаномагнетитовых руд Гремяха-Вырмес / *А. Л. Билин* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2018. — № 2 (10). — С. 5–16.

Reference

Bilin Andrey L. Prospects for the Development of the Apatite-Titanomagnetite-Ilmenite Ore Massif Gremyakh–Vyrmes. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2018, vol. 2 (10), pp. 5–16 (In Russ.).

К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ РОССИИ

С. А. Гусак

ФГБУН Горный институт КНЦ РАН

Аннотация

В статье рассмотрены основные положения экспертно-аналитического метода для оценки эффективности инновационных проектов реакторных установок малой мощности. Методический подход основан на сравнительной оценке альтернативных проектов, при которой под эффективностью проекта понимается отношение уровня инвестиционной привлекательности к уровню инвестиционного риска. На основе использования этого метода с учетом ряда факторов инвестиционной привлекательности и риска выполнена сравнительная оценка реакторных установок электрической мощностью 6–12 МВт.

Ключевые слова:

атомные станции малой мощности, инвестиционная привлекательность, энергоснабжение, арктические регионы России.

EFFICIENCY ASSESSMENT OF SMALL NUCLEAR POWER PLANTS FOR POWER SUPPLY IN THE ARCTIC REGIONS OF RUSSIA

Sergey A. Gusak

Mining Institute of the KSC of the RAS

Abstract

The paper presents the main provisions of the expert-analytical method for the efficiency assessment of innovative projects of small power reactor units. The methodological approach is based on the comparative assessment of alternative projects, in which the efficiency of the project is understood as the ratio of the level of investment attractiveness to the level of investment risk. Based on the use of this method, taking into account a number of factors of investment attractiveness and risk there was carried out a comparative assessment of reactor units of an electric power of 6–12 MW.

Keywords:

small nuclear power plants, investment attractiveness, power supply, Russian Arctic regions.



Введение

В 2013 г. президентом РФ была утверждена Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года [1]. Среди приоритетных задач, решение которых направлено на достижение главных целей государственной политики Российской Федерации в Арктике, в данном документе определена необходимость создания альтернативных источников энергии и модернизации энергетической инфраструктуры в арктических регионах.

Указанное приоритетное направление развития российской Арктики обуславливает реальные перспективы практического внедрения проектов атомных станций малой мощности (АСММ) для энергоснабжения труднодоступных и удаленных территорий арктических регионов РФ, состояние энергетической инфраструктуры которых определяет объективную необходимость её развития на основе использования источников энергии малой мощности.

При определенных условиях АСММ могут быть конкурентоспособными по сравнению с традиционными энергоисточниками, работающими на органическом топливе [2]. В настоящее время в России разработано около 20 реакторных установок (РУ) малой мощности, на основе которых могут быть созданы АСММ в широком энергетическом диапазоне для покрытия перспективных нагрузок потенциальных потребителей в российской Арктике [2, 3]. Однако до сих пор нет опыта коммерческого освоения инновационных проектов АСММ и их практического использования в различных секторах энергетики. Этим во многом объясняется отсутствие достаточно полной информации о технико-экономических характеристиках предлагаемых проектов АСММ, которая позволяла бы выполнить детально обоснованную оценку эффективности инновационных проектов атомных энергоисточников малой мощности.

Как правило, выбор проекта из альтернативных вариантов требует оценки многообразных факторов, оказывающих влияние на эффективность реализации проектов. Значительная неопределенность в исходной информации затрудняет или практически исключает возможность применения стандартных методик, которые основаны на расчете критериев денежной природы (ожидаемая доходность, ожидаемые затраты, чистый дисконтированный доход, срок окупаемости и другие) и которые успешно используются в условиях определённости информации [4].

В условиях ограниченного информационного обеспечения в настоящей работе для экспертной ориентировочной оценки инвестиционной привлекательности АСММ применен методический подход, на основе которого выполнена сравнительная оценка инновационных проектов РУ трех типов: АБВ-6, УниTERM и СВБР-10.

Основные положения методики сравнительной оценки реакторных установок

Для оценки эффективности рассматриваемых проектов РУ применяется методика, которая предложена в работе [4], посвященной методологическим аспектам сравнительной оценки эффективности альтернативных инновационных проектов в условиях сильной неопределенности. В соответствии с используемой методикой оценка проектов РУ выполнялась для двух вариантов возможного критерия. Во-первых, в качестве меры эффективности использовано отношение приоритетов инвестиционной привлекательности к приоритетам риска. Согласно второму варианту показатель инвестиционной привлекательности определяется с учетом коэффициента оптимизма α [4]:

$$K^* = \{\max [(k_1), (1 - k_2)]\}^\alpha \cdot \{\min [(k_1), (1 - k_2)]\}^{1-\alpha},$$

где K^* — показатель инвестиционной привлекательности проекта с учетом риска; k_1 — уровень инвестиционной привлекательности в долях единицы; k_2 — уровень инвестиционного риска в долях единицы; α — коэффициент оптимизма.

Говоря о коэффициенте оптимизма α , который используется в сравнительной оценке проектов АСММ, следует отметить, что этот критерий был предложен американским экономистом, лауреатом Нобелевской премии по экономике Леонидом Гурвицем. Критерий Гурвица позволяет принимать решения в промежуточных случаях между крайним оптимизмом и крайним пессимизмом. В соответствии с этим критерием коэффициент оптимизма α ($0 \leq \alpha \leq 1$) может рассматриваться как степень уверенности при принятии решения в том, что события будут развиваться по наилучшему сценарию. Тогда $(1-\alpha)$ — коэффициент пессимизма, степень уверенности в том, что события будут развиваться по наихудшему сценарию [5].

Принятый в оценках диапазон значений коэффициента оптимизма (0,3–0,7) можно охарактеризовать следующим образом:

- 0,3 — в большей степени отражает пессимистический взгляд на развитие событий;
- 0,5 — характеризует компромиссный взгляд на развитие событий;
- 0,7 — в большей степени предполагает развитие событий по наилучшему сценарию.

Сравнительная оценка инновационных проектов реакторных установок

На первом этапе сравнения уровней инвестиционной привлекательности проектов РУ (k_1) проводится ранжирование принятых к рассмотрению факторов инвестиционной привлекательности с целью выделения наиболее приоритетных. Второй этап направлен на оценку приоритетов (уровней) факторов привлекательности по каждому проекту РУ.

Факторы инвестиционной привлекательности и критерии, которые были использованы при оценке приоритетов этих факторов, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Факторы инвестиционной привлекательности
Factors of investment attractiveness

Фактор привлекательности Factors of attractiveness	Критерии, используемые при оценке приоритетов Criteria used in assessment of priorities
Инновационный Innovative	Уровень референтности и стадия разработки (степень готовности) Level of reference and stage of development (degree of readiness)
Потребительский Consumer	Экономическая эффективность (себестоимость вырабатываемой электрической энергии), возможность работы в режиме когенерации, срок службы основного оборудования Economic efficiency (cost of electricity produced), ability to work in cogeneration mode, service life of main equipment
Производственный Production	Длительность топливного цикла, модульный подход в конструкции РУ, численность эксплуатационного персонала Duration of fuel cycle, modular approach in the design of reactor units, quantity of operating personnel
Инфраструктурный Infrastructure	Массогабаритные характеристики единичного оборудования РУ с учетом возможности транспортировки различными видами транспорта Weight and size characteristics of the single equipment of reactor units taking into account the possibility of transportation by different modes of transport

На основе экспертных суждений автора статьи принято следующее распределение приоритетов (весов) факторов инвестиционной привлекательности.

Инновационный фактор. В работе специалистов «ОКБМ Африкантов» [6], которое является главным конструктором всех судовых реакторных установок для атомного ледокольного флота, отмечается, что уровень референтности и степень готовности реакторных установок к практической реализации является одним из важных факторов, которые сдерживают коммерческое внедрение атомных энергоисточников на локальном и местном уровнях. Значение данного фактора определяет его высокий приоритет (вес), которому устанавливается значение, равное 0,35.

Потребительский фактор в наибольшей степени отражает требования потенциальных потребителей энергетической продукции. С точки зрения значимости экономической эффективности, роли и объема использования атомного энергоисточника этому фактору устанавливается приоритет, равный приоритету инновационного фактора.

Производственный фактор характеризует уровень автономности и особенности строительства и эксплуатации атомного энергоисточника с точки зрения обращения с отработавшим ядерным топливом и возможности сокращения объема строительно-монтажных работ и оптимизации обслуживания на основе создания модульно-блочной структуры АСММ путем использования стандартизированных реакторных модулей заводского изготовления. В общей структуре факторов инвестиционной привлекательности производственному фактору устанавливается приоритет, равный 0,2.

Инфраструктурный фактор. Размещение потенциальных потребителей энергетической продукции на удаленных арктических территориях, которые характеризуются слабо развитой транспортной инфраструктурой, обуславливает комплексный характер проблемы доставки единичного оборудования реакторных установок на площадку атомного энергоисточника. Решение этой проблемы, очевидно, потребует использования различных видов транспорта — водного, железнодорожного и автомобильного. Выбор способов доставки оборудования на площадку АСММ будет определяться в зависимости от массогабаритных параметров транспортируемых грузов с учетом состояния и перспектив развития транспортной инфраструктуры в районе размещения атомного энергоисточника. В сравнительной оценке проектов РУ инфраструктурному фактору установлен приоритет, равный 0,1.

Также на основе экспертной оценки автора статьи устанавливается распределение приоритетов проектов РУ по различным критериям инвестиционной привлекательности, приведенным в табл. 1. Данная оценка проводилась на основе анализа опубликованной информации о проектно-конструкторских решениях и технико-экономических характеристиках РУ [3, 7–12], а также нормативных документов, регулирующих перевозку тяжеловесных и крупногабаритных грузов различными видами транспорта. В качестве примера экспертных суждений при оценке приоритетов инвестиционной привлекательности остановимся на потребительском факторе (см. табл. 1).

В оценке приоритетов экономической эффективности предполагается, что чем меньше стоимость энергетической продукции, тем более привлекательным является проект АСММ. С учетом этого качественного предположения, значение долей данного критерия в структуре потребительского фактора инвестиционной привлекательности различных проектов определялось пропорционально соотношению обратных величин LCOE (нормированная на срок жизни станции стоимость единицы электроэнергии с учетом всех возможных затрат, доходов и инвестиций, в том числе с учетом фактора дисконтирования).

Следует отметить существенные изменения в оценках экономических показателей, которые выполнялись в различное время на разных стадиях разработки проектов РУ. Можно полагать, что существенные различия в результатах оценки экономических показателей конкретной АСММ в значительной степени обусловлены тем, что такие оценки выполнялись на разных стадиях разработки (степени «зрелости») проектов АСММ в условиях сильной неопределенности.

Среди основных причин возникновения неопределенности в инвестиционных проектах выделим следующие [13]:

- ошибки в расчетах параметров проекта, вызванные неточной экстраполяцией данных на будущее;
- неточность и неполнота информации о параметрах объектов (технических, технологических и экономических);
- возможное изменение рыночной конъюнктуры;
- нестабильность экономической ситуации и законодательства, условий инвестирования.

В условиях значительной неопределенности некоторые исходные параметры, которые используются при расчетах экономической эффективности проекта, носят прогнозный характер. Значения этих параметров зачастую определяется в ходе экспертных оценок или базируются на информации по проектам, которые уже были реализованы [13]. В настоящей работе в качестве исходных данных по экономическим показателям альтернативных проектов были использованы результаты их оценок, которые выполнялись либо в один и тот же период времени, либо в периоды времени, наиболее близкие из имеющейся опубликованной информации. Экономические показатели, которые были использованы в сравнительной оценке эффективности проектов, приведены в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Экономические показатели АСММ различного типа [3, 8, 9]
Economic indicators of small nuclear power plants (SNPP) of various types [3, 8, 9]

АСММ SNPP	Электрическая мощность, МВт Electricity power, MW	LCOE, руб/кВт·ч (время оценки, год) LCOE, rub/kW·hour (assessment time, year)	Удельные капиталовложения, тыс. руб/кВт (время оценки, год) Specific capital investment, ths rub/kW (assessment time, year)
АБВ-6 ABV-6	9	1,02 (2007)	118,977 (2007)
УниTERM Uniterm	6,6	2,50 (2007)	98,540 (2007)
СВБР-10 SVBR-10	12	1,36 (2005)	140,575 (2005)

В предположении об обратной зависимости привлекательности от стоимости энергетической продукции приоритеты проектов РУ по данному критерию $k_{\text{стоим}}$, рассчитанные пропорционально соотношению обратных величин LCOE, составили: 0,463 (для АБВ-6); 0,189 (для УниTERMa); 0,348 (для СВБР-10).

Во всех проектах РУ предусмотрена возможность работы энергоисточника в режиме когенерации, следовательно, всем установкам по данному критерию устанавливается одинаковый приоритет (вес) $k_{\text{ког}}$, равный 0,333.

Согласно проектным данным, срок службы основного оборудования реакторных установок УниTERM и СВБР-10 составляет 60 лет. Проектный ресурс основного оборудования установки АБВ-6 составляет 40 лет с возможностью продления до 60 лет [3]. На основе этой информации о проектных характеристиках для всех установок также устанавливается одинаковый приоритет $k_{\text{сс}}$, равный 0,333.

Окончательное распределение приоритетов проектов РУ по потребительскому фактору, которое определялось пропорционально сумме приоритетов рассматриваемых критериев ($k_{\text{ког}} + k_{\text{сс}} + k_{\text{стоим}}$), выглядит следующим образом: АБВ-6: 0,377; УниTERM: 0,285; СВБР-10: 0,338.

В обобщенном виде результаты оценки распределения приоритетов проектов РУ по факторам инвестиционной привлекательности (k_1) приведены в табл. 3.

Сравнительная оценка уровней (приоритетов) инвестиционного риска проектов РУ (k_2) выполнялась на основе данных об удельных капиталовложениях (см. табл. 2), пропорционально которым определяется долевое значение этого критерия для РУ различного типа.

Результаты расчета отношения приоритетов инвестиционной привлекательности и риска, а также показателя инвестиционной привлекательности проектов РУ для рассмотренного диапазона значений коэффициента оптимизма, приведены в табл. 4.

Таблица 3
Table 3

Распределение приоритетов проектов РУ единичной мощности 6–12 МВт
по критериям инвестиционной привлекательности
Distribution of priorities of the projects of the reactor units of electricity power of 6–12 MW
according to the criteria of investment attractiveness

Фактор инвестиционной привлекательности Factors of investment attractiveness	Вес Importance	Приоритеты проекта Priorities of projects		
		АБВ-6 ABV-6	УниTERM Uniterm	СВБР-10 SVBR-10
Инновационный Innovative	0,35	0,450	0,275	0,275
Потребительский Consumer	0,35	0,377	0,285	0,338
Производственный Production	0,20	0,334	0,329	0,337
Инфраструктурный Infrastructure	0,10	0,442	0,279	0,279
Интегральная оценка приоритетов с учетом веса каждого фактора (k_1) Integrated assessment of priorities taking into account the importance of each factor (k_1)		0,401	0,290	0,309

Таблица 4
Table 4

Расчет интегрального показателя инвестиционной привлекательности проектов РУ
Calculation of the integral indicator of investment attractiveness of the projects of reactor units

Приоритет Priority	Приоритеты проектов Priorities of projects		
	АБВ-6 ABV-6	УниTERM Uniterm	СВБР-10 SVBR-10
Инвестиционная привлекательность, k_1 Investment attractiveness, k_1	0,401	0,290	0,309
Инвестиционный риск, k_2 Investment risk, k_2	0,332	0,275	0,393
Отношение приоритетов, k_1/k_2 Ratio of priorities, k_1/k_2	1,208	1,055	0,786
Показатель инвестиционной привлекательности K^* при коэффициенте оптимизма Indicator of investment attractiveness K^* under the coefficient of optimism			
$\alpha = 0,3$	0,467	0,381	0,378
$\alpha = 0,5$	0,518	0,459	0,433
$\alpha = 0,7$	0,573	0,551	0,496

Из результатов оценки, приведенных в табл. 4, видно, что по этим критериям проект АБВ-6 выглядит более предпочтительным по сравнению с проектами УниTERM и СВБР-10. Сравнительная оценка этих проектов показывает, что при более высокой инвестиционной привлекательности проект СВБР-10 характеризуется наибольшим инвестиционным риском.

По критерию отношения приоритетов инвестиционной привлекательности и риска, а также по значениям показателя инвестиционной привлекательности с учетом коэффициента оптимизма более предпочтительным является проект «УниTERM».

Заключение

В условиях значительной неопределенности исходной информации о технико-экономических показателях и других факторах, определяющих эффективность инновационных проектов атомных энергоисточников малой мощности, существенно усложняется задача принятия инвестиционного решения при сравнении альтернативных проектов. Вспомогательная информация в наглядном виде для такого решения может быть получена на основе применения экспертно-аналитического метода, рассмотренного в настоящей работе на примере сравнительной оценки эффективности инновационных проектов АСММ мощностью 6–12 МВт с учетом ограниченного числа факторов инвестиционной привлекательности и инвестиционного риска.

Несомненно, оптимальный подбор группы квалифицированных экспертов и расширение спектра рассматриваемых факторов будут способствовать наиболее обоснованному формированию суждений о предпочтении инвестиционных проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года: утв. Президентом РФ 8 февр. 2013 г. № Пр-232. URL: <http://government.ru/news/432/> (дата обращения: 15.01.2015).
2. Сравнительная эффективность использования атомных станций малой мощности в локальных энергосистемах на востоке России / Н. И. Воропай [и др.] // Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики / под ред. акад. РАН А. А. Саркисова. М.: Академ-Принт, 2015. Т. 2. С. 59–71.
3. Адамов Е. О. Состояние разработок АСММ в мире и России, приоритеты и перспективы их создания. URL: http://www.innov-rosatom.ru/files/articles/5e334977_fec5bf72d7dedcb904a914c0.pdf (дата обращения: 06.10.2015).
4. Хайрулин И. Г. Методологические подходы к сравнительной оценке эффективности инновационных проектов в условиях сильной неопределенности. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_17942552_49116494.pdf (дата обращения: 17.06.2017).
5. Теория принятия решений. URL: <http://www.rea.ru/ru/org/cathedries/mathmek/documents/ТЕОРИЯ%20ПРИНЯТИЯ%20РЕШЕНИЙ.pdf> (дата обращения: 17.06.2017).
6. Перспективы развития атомных станций с реакторами малой и средней мощности / В. В. Петрунин [и др.] // Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики: в 2 т. / под ред. акад. РАН А. А. Саркисова. М.: Академ-Принт, 2015. Т. 2. С. 36–49.
7. АБВ-6Э. Атомный энергоисточник малой мощности для объектов арктической зоны. URL: http://www.okbm.nnov.ru/images/pdf/abv_6e_ru_web.pdf (дата обращения: 11.01.2017).
8. Атомная станция малой мощности АСММ «УниTERM» для электро- и теплоснабжения. URL: <http://atomicexpert-old.com/sites/default/files/library-pdf/УниTERM%20%28НИКИЭТ%29.pdf> (дата обращения: 20.06.2017).
9. Кенжин Е. А. Реакторные установки малой мощности // Ядерная и радиационная физика: материалы 6-й Междунар. конф. (Алматы, 4–7 июня 2007 г.): в 3 т. Алматы: ИЯФ НЯЦ РК, 2008. Т. 1. С. 16–24. URL: <http://www.inp.kz/konfrs/arhiv/shestaya-mezhdunarodnaya-konferenciya-abyademnaya-i-adiacionnaya-fizikabb-icnpr07/tom-1.pdf> (дата обращения: 21.07.2013).
10. Климов Н. Н. Свинцово-висмутовые быстрые реакторы для атомных станций малой и средней мощности. URL: <http://www.slideshare.net/myatom/klimov-gidropress-svbr> (дата обращения: 13.02.2017).
11. Развитие работ по реакторной установке для АСММ «УниTERM» / А. И. Алексеев [и др.]. URL: http://nikiet.ru/images/stories/NIKIET/Publications/Conf/mntk_nikiet_2014/IV-6_rus.pdf (дата обращения: 15.10.2015).
12. Status of Small Reactor Designs without On-Site Refuelling. IAEA-TECDOC-1536. URL: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1536_web.pdf (дата обращения: 18.01.2016).
13. Уланов С., Макаров Ю., Опарин Д. Анализ рисков при управлении инвестиционными проектами. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_17908485_82885720.pdf (дата обращения: 17.06.2017).

Сведения об авторе

Гусак Сергей Андреевич — кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Горного института КНЦ РАН
E-mail: gusnat52@mail.ru

Author Affiliation

Sergey A. Gusak — PhD (Engineering), Associate Professor, Leading Researcher of the Mining Institute of the KSC of the RAS

E-mail: gusnat52@mail.ru

Библиографическое описание статьи

Гусак, С. А. К оценке эффективности атомных станций малой мощности для энергоснабжения арктических регионов России / *С. А. Гусак* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2018. — № 2 (10). — С. 17–24.

Reference

Gusak Sergey A. Efficiency Assessment of Small Nuclear Power Plants for Power Supply in the Arctic Regions of Russia. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2018, vol. 2 (10), pp. 17–24 (In Russ.).

СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕТНЕГО ЗООПЛАНКТОНА ПОЛЯРНОГО ФРОНТА (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)*

В. Г. Дворецкий, А. Г. Дворецкий

ФГБУН Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

Аннотация

Баренцево море — один из наиболее продуктивных районов арктического региона. Исследовано состояние зоопланктона в зоне полярного фронта летом 2003–2010 гг. Выявлено, что численность зоопланктона демонстрирует выраженные сезонные и межгодовые колебания. Для летнего периода характерна численность от 150 до 7000 экз/м³, биомасса зоопланктона варьирует от 1 до 170 мг сухой массы на 1 м³, максимальные показатели характерны для термических фронтов со стороны холодных арктических вод. По численности доминируют веслоногие ракообразные, среди которых лидирующее положение занимают *Oithona similis* (30–50 %) и представители рода *Pseudocalanus* (10–40 %). По биомассе преобладают *Calanus* spp. (40–80 %) и *Pseudocalanus* spp. (5–20 %). На основе многолетних данных ММБИ и экспедиционных работ за последние 20 лет, а также опубликованных данных составлен таксономический список зоопланктона Баренцева моря в зоне полярного фронта. Всего зарегистрировано 110 таксономических единиц микро- и мезозоопланктона, а также 57 таксономических единиц макрозоопланктона, которые могут обнаруживаться в пробах. Наибольшего разнообразия достигают ракообразные.

Ключевые слова:

зоопланктон, структура сообщества, полярный фронт, Арктика.

COMPOSITION AND DISTRIBUTION OF SUMMER ZOOPLANKTON OF POLAR FRONT (THE BARENTS SEA)

Vladimir G. Dvoretsky, Alexander G. Dvoretsky

Murmansk Marine Biological Institute of the KSC of the RAS

Abstract

The Barents Sea is one of the most productive regions in the Arctic. Zooplankton conditions were studied in the Polar Front zone during summer period of 2003–2010. We revealed that zooplankton abundance demonstrates clear seasonal and year-to-year fluctuations. Summer zooplankton abundance varied from 150 to 7000 ind/m³ while biomass ranged from 1 to 170 mg of dry mass per m³ with maximal values found in the thermal fronts in cold Arctic Water. Copepods dominate in terms of the total zooplankton abundance, *Oithona similis* (30–50 %) and representatives of the genus *Pseudocalanus* (10–40 %) being the most numerous. *Calanus* spp. (40–80 %) and *Pseudocalanus* spp. (5–20 %) constituted mostly in the total zooplankton biomass. A taxonomical list of plankton fauna for the Polar Front was compiled based on the long-term MMBI data, expedition works during the last 20 years, and published sources. A total of 110 taxa of micro- and mesozooplankton as well as 57 taxa of macrozooplankton can be found in plankton samples. Crustaceans were the most diverse group.

Keywords:

zooplankton, community structure, Polar Front, Arctic.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-14-01268 «Биология арктического планктона в зоне полярного фронта»).



Баренцево море — один из наиболее продуктивных районов Арктического региона [1]. По обилию и биоразнообразию промысловых объектов ему принадлежит ведущая роль среди северных морей России [2]. Зоопланктонные сообщества играют важную роль в трофических цепях пелагиали моря, являясь ключевым звеном, обеспечивающим поток энергии от первичных продуцентов на более высокие трофические уровни [3].

В рационе пелагических рыб зоопланктон занимает первое место, от состояния и запасов планктонных организмов во многом зависит питание рыб и в конечном итоге формирование доступной для вылова промысловой рыбы [4]. В Баренцевом море основной потребитель зоопланктона — это мойва, а также отчасти молодь трески и пикши [5].

Помимо этого, планктонные сообщества являются хорошими индикаторами внешних воздействий на водные биоценозы, в частности, динамика зоопланктона тесно связана с климатическими флуктуациями [6, 7]. По состоянию планктона можно оценивать текущее состояние и продуктивность пелагической экосистемы Баренцева моря. В Баренцевом море выделяются три основных водных массы — арктическая, атлантическая и прибрежная [8]. Особую зону представляет полярный фронт, разделяющий холодные арктические воды, которые поступают из Северного Ледовитого океана, и теплые атлантические воды, транспортируемые из Норвежского моря.

Целью работы было изучение состава и распределения зоопланктона в зоне Полярного фронта в летний период.

Материал и методы

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона, отобранные в Баренцевом море в ходе шести летних рейсов НИС «Дальние Зеленцы» (рис. 1, табл. 1). В ходе работы был проведен анализ более 70 проб зоопланктона (табл. 1). Данные по вертикальному распределению температуры и солености в слое облова получены с использованием океанографических зондов: STD-зонд SEACAT SBE 19plus фирмы SEA-BIRD ELECTRONICS (США).

В качестве орудия лова использовали сеть Джеди (диаметр входного отверстия — 37 см, размер ячеей фильтрующего полотна — 168 мкм). Отбор проб по возможности проводили в слое от дна до поверхности. Пробы планктона фиксировали немедленно с использованием 40 %-го раствора формалина, конечная концентрация в пробе составляла 4 %. Камеральная обработка проб проводилась по стандартным методикам: из каждой пробы отбирали по 3 подпробы объемом 2–3 мл (объем подпробы зависел от количества организмов), которые просматривали в камере Богорова или чашке Петри (в зависимости от размеров зоопланктеров) при помощи стереоскопического микроскопа МБС-10 (при увеличениях $\times 16$, $\times 32$ или $\times 56$) [9].

Организмы идентифицировались до класса, рода и, по возможности, до вида. Особое внимание уделялось определению возрастных стадий массовых представителей копепод рода *Calanus* — *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis* и *Calanus hyperboreus*. Для разделения копеподитов V и взрослых особей анализировали строение 5-й пары ног и использовали морфологические критерии. Из каждой пробы отделяли легко идентифицируемые IV–VI стадии, далее отбирали по 300–400 особей. У рачков измеряли длину цефалоторакса с точностью до 0,025 мм.

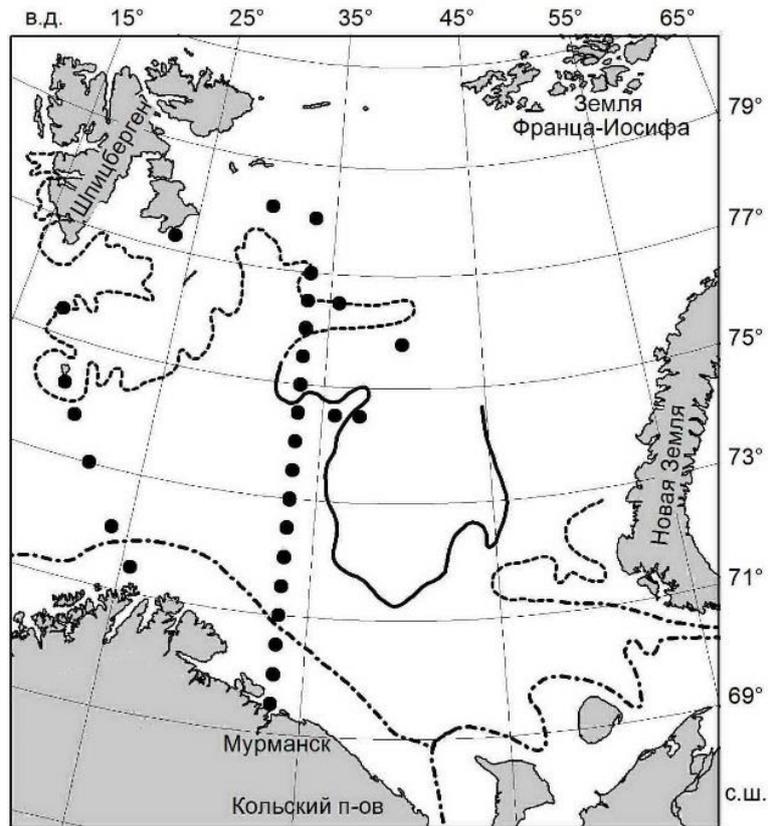


Рис. 1. Расположение станций отбора проб зоопланктона в Баренцевом море летом 2003–2010 гг.
Линии показывают расположение фронтальных зон

Fig. 1. Location of zooplankton sampling stations in the Barents Sea, summer 2003–2010.
Lines indicate boundaries of the frontal zones

Таблица 1
Table 1

Объем проанализированного материала
Summary of data analyzed

Период отбора проб Sampling period	Число станций Number of stations	Число проб Number of samples
Июль 2004 г. July 2004	15	20
Июль 2005 г. July 2005	10	10
Август 2006 г. August 2006	12	12
Август 2007 г. August 2006	6	6
Июль-август 2009 г. July-August 2009	13	13
Август 2010 г. August 2010	9	9
Всего Total	66	76

Для каждой стадии развития строили частотные диаграммы их распределения. Моды каждой частотной диаграммы длины просомы сравнивали с литературными данными [10–13]. В зависимости от количества и абсолютной величины мод судили о присутствии в пробах стадий развития каждого из видов. Виды рода *Pseudocalanus* (копеподиты V и взрослые особи) в Баренцевом море были разделены по морфометрическим критериям и размеру формируемых яиц [14].

Результаты количественного анализа трех подпроб осредняли и пересчитывали (в экз/м³) с учетом объема профильтрованной воды, полагая 100 %-ю эффективность фильтрации сети Джеди. Биомассу зоопланктона рассчитывали по стандартным таблицам, размерно-весовым зависимостям или номограммам. Подробное описание методики было опубликовано ранее [15]. Полученные значения сырой биомассы были переведены в миллиграммы сухой массы на 1 м³. Обработку полученных данных проводили методами описательной статистики.

Результаты и обсуждение

Особенности распределения. Анализ данных 2004–2010 гг. выявил следующие черты летнего распределения зоопланктона в зоне полярного фронта Баренцева моря и прилегающих водах. В июле 2004 г. численность зоопланктона составляла 1100–1200 (1130 экз/м³). В составе сообщества преобладали веслоногие ракообразные, они составляли 93 % суммарного обилия. Наиболее массовыми были *Oithona similis* (75 %) и *Oithona atlantica* (11 %). Общая биомасса зоопланктона в пределах полярного фронта изменялась в диапазоне 1–8 (4 мг/м³ сухой массы). По биомассе преобладал *Calanus finmarchicus* (50 %) и представители рода *Oithona* (28 %).

В 2005 г. в летний период (июль) суммарная численность зоопланктона варьировала от 1500 до 2100 экз/м³ (1852 экз/м³). По обилию лидирующее положение занимали *Oithona similis* (35 %), *Calanus finmarchicus* (25 %) и науплии Copepoda (21 %). Суммарная биомасса зоопланктона колебалась в диапазоне 70–130 мг/м³ (сухой массы). Подавляющую часть биомассы составляли крупные копеподы рода *Calanus* (95 %).

В летний период 2006 г. средняя численность была сходна с величинами, отмеченными в прибрежных районах, варьируя от 177 до 834 экз/м³. Основу обилия составляла *Oithona similis* (45 %), субдоминантом был *Calanus finmarchicus* (13 %), а крылоногий моллюск *Limacina helicina* (6 %) занимал третье место по численности. Суммарная биомасса зоопланктона колебалась между 10 и 26 мг/м³ (сухой массы). Превалировал *Calanus finmarchicus*, составлявший 47 % суммарной биомассы. В роли субдоминантов выступали щетинкочелюстные *Parasagitta elegans* (16 %) и крылоногие моллюски *Limacina helicina* (15 %).

В августе-сентябре 2007 г. в пределах атлантической водной массы и водах полярного фронта обилие зоопланктона варьировало в диапазоне 52–1240 экз/м³. На долю *Oithona similis* приходилось 37 % суммарной численности, *Calanus finmarchicus* составлял 11 %, третьим массовым видом был *Microcalanus pusillus* (19 %). Биомасса зоопланктона составляла 2–27 мг/м³ (сухой массы), преобладал *Calanus finmarchicus* (30–80 %), значительного количественного развития достигали аппендикулярии (20 %) и щетинкочелюстные (5 %).

В августе 2009 г. в водах атлантического происхождения и полярного фронта обилие зоопланктона было существенно выше, чем в других районах (525–3084 экз/м³), по численности доминировала *Oithona similis* (39 % суммарных показателей) и *Calanus finmarchicus* (15 %). В атлантических водах и зоне полярного фронта средняя биомасса зоопланктона была почти в 14 раз выше, чем в других водных массах (720 ± 301 мг/м³ (сухой массы)), основу сообщества составлял *Calanus finmarchicus* (41 %), довольно велика была доля *Calanus glacialis* (23 %).

Летом 2010 г. в пробах идентифицировано 48 таксономических единиц зоопланктона. Общая численность зоопланктона колебалась в диапазоне 527–7921 экз/м³, в среднем составляя 3507 экз/м³. Общая биомасса зоопланктона изменялась от 33 до 163 мг/м³ (сухой массы) при средней величине 78 мг/м³. В составе сообщества доминировали веслоногие ракообразные, на долю которых приходилось 77–97 % общего обилия и 65–98 % суммарной биомассы. По численности преобладали *Oithona similis* (33 %), представители рода *Pseudocalanus* (27 %) и *Calanus finmarchicus* (12 %). По биомассе превалировали *Calanus* spp. (57 %) и *Pseudocalanus* spp. (20 %).

В целом состав и количественное распределение зоопланктона в зоне полярного фронта Баренцева моря во многом были сходны с особенностями локализации, которые были зарегистрированы для других арктических районов [2, 6, 15–17]. Ряд более ранних исследований показал, что зоопланктон вод полярного фронта представляет собой комплекс, включающий бореальные, арктические и аркто-бореальные виды [2, 18–20]. Первый компонент ассоциирован с теплыми и солеными североатлантическими водами, тогда как два последних — с холодными арктическими водами [6, 19]. Наши результаты в целом хорошо соотносятся с полученными для этого района данными по структуре мезозоопланктона.

Более ранние исследования показали, что биомасса зоопланктона в Баренцевом море в августе-октябре подвержена межгодовым флуктуациям, при этом максимальные показатели (средние величины — 10–12 г/м², максимальные — более 20 г/м² (сухой массы)) отмечены в теплые годы, тогда как минимальные (около 0,5–2,0 г сухой массы/м²) зарегистрированы в холодные периоды [5–7, 15]. В целом, отмеченные нами величины биомассы зоопланктона были сопоставимы с показателями, характерными для теплого климатического периода, что подтверждает общую тенденцию, выявленную для арктических акваторий — возрастание средней биомассы морского зоопланктона в условиях увеличения температуры водных масс.

Таксономическая сводка и эколого-географический список зоопланктона в зоне Полярного фронта

Мезо- и микрозоопланктон. Всего зарегистрировано 110 таксономических единиц микро- и мезозоопланктона, которые могут обнаруживаться в гидробиологических пробах (табл. 2). Список видов, родов и более высоких таксономических категорий Баренцева моря включает в себя значительную часть (более 70 %) видов зоопланктеров, зарегистрированных в арктических морях [6, 15, 21].

Многочелюстные организмы составляют более 60 %. Среди них наибольшего разнообразия достигают ракообразные (37 таксонов, 34 %), далее располагаются цилиаты (27 таксонов, 24 %), коловратки, радиолярии, фораминиферы (по 9 таксонов, 8 %), на долю оставшихся групп приходится 19 таксонов (18 %).

Среди ракообразных лидирующее положение занимают копеподы (61 %), остракоды (13 %), декаподы (11 %).

К истинно пелагическим можно отнести 99 таксонов (90 %) всех зоопланктеров, остальные в большей или меньшей степени связаны с дном.

Бентопелагические животные представлены в основном фораминиферами.

Голопланктонные организмы (79 таксонов, 72 %) доминируют в составе микро- и мезозоопланктона.

Псевдопланктонные формы (10 таксонов, 9 %) включают фораминифер.

Меропланктон (21 таксон, 19 %) представлен по большей части гидромедузами (Cnidaria), а также личинками донных беспозвоночных (Decapoda, Echinodermata, Polychaeta и пр.).

Состав фауны микро- и мезозоопланктона в зоне полярного фронта Баренцева моря
Faunal composition of micro- and mesozooplankton of the Polar Front in the Barents Sea

Группа Group	Таксон Taxon
Cnidaria	<i>Euphysa aurata</i> Forbes, 1848
	<i>Obelia geniculata</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Obelia longissima</i> (Pallas, 1766)
	<i>Rathkea octopunctata</i> (Sars, 1835)
	Anthozoa larvae
Nemertini	Nemertini larvae
Polychaeta	Polychaeta larvae
Cladocera	<i>Evadne nordmanni</i> Lovén, 1836
	<i>Podon leuckartii</i> (G. O. Sars, 1862)
Copepoda	<i>Acartia (Acartiura) longiremis</i> (Lilljeborg, 1853)
	<i>Aetideopsis armatus</i> (Boeck, 1872)
	<i>Aetideopsis rostrata</i> Sars G. O., 1903
	<i>Anomalocera patersoni</i> Templeton, 1837
	<i>Calanus finmarchicus</i> (Gunner, 1765)
	<i>Centropages hamatus</i> (Lilljeborg, 1853)
	<i>Centropages typicus</i> Krøyer, 1849
	<i>Gaetanus tenuispinus</i> (Sars G. O., 1900)
	<i>Heterorhabdus norvegicus</i> (Boeck, 1872)
	<i>Metridia longa</i> (Lubbock, 1854)
	<i>Metridia lucens</i> Boeck, 1865
	<i>Microcalanus pusillus</i> Sars G. O., 1903
	<i>Microcalanus pygmaeus</i> (Sars G. O., 1900)
	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)
	<i>Paraheterorhabdus compactus</i> (Sars G. O., 1900)
	<i>Pseudocalanus acuspes</i> (Giesbrecht, 1881)
	<i>Pseudocalanus minutus</i> (Krøyer, 1845)
	<i>Pseudocyclops obtusatus</i> Brady & Robertson D., 1873
	<i>Pseudophaenna typica</i> Sars G. O., 1902
	<i>Temora longicornis</i> (Müller O. F., 1785)
	<i>Oithona atlantica</i> Farran, 1908
	<i>Oithona similis</i> Claus, 1866
	<i>Triconia borealis</i> (Sars G. O., 1918)

Продолжение таблицы 2
Table 2 (Continued)

Ostracoda	<i>Boroecia borealis</i> (Sars, 1866)
	<i>Boroecia maxima</i> (Brady & Norman, 1896)
	<i>Discoconchoecia elegans</i> (Sars, 1866)
	<i>Obtusoecia obtusata</i> (Sars, 1866)
	<i>Philomedes globosus</i> (Lilljeborg, 1853)
Cirripedia (larvae)	<i>Balanus balanus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Balanus crenatus</i> Bruguière, 1789
Isopoda	<i>Bopyroides hippolytes</i> (Kroyer, 1838)
Decapoda (larvae)	<i>Chionoecetes opilio</i> (Fabricius, 1788)
	<i>Crangon crangon</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Hyas araneus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Hyas coarctatus</i> Leach, 1815
Bivalvia	Bivalvia larvae
Gastropoda	Gastropoda larvae
Pteropoda	<i>Limacina retroversa</i> (Fleming, 1823)
Bryozoa	Bryozoa larvae
Echinodermata	Echinoidea (echinopluteus larvae)
	Ophiuroidea (ophiopluteus larvae)
	Asteroidea (bipinnaria larvae)
	Holothuroidea (auricularia larvae)
Ascidia	Ascidiacea larvae
Appendicularia	<i>Fritillaria borealis</i> Lohmann, 1896
	<i>Fritillaria polaris</i> Bernstein, 1934
	<i>Oikopleura (Vexillaria) labradoriensis</i> Lohmann, 1892
Foraminifera	<i>Alveolophragmium orbiculatum</i> Stschedrina, 1936
	<i>Astrononion stelligerum</i> (d'Orbigny, 1839)
	<i>Cornuspira foliacea</i> (Philippi, 1844)
	<i>Lobatula lobatula</i> (Walker & Jacob, 1798)
	<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenberg, 1861)
	<i>Nonionella labradorica</i> (Dawson, 1860)
	<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Siphonaperta agglutinans</i> (d'Orbigny, 1839)
	<i>Triloculina bucculenta</i> (Brady, 1884)
Radiolaria	<i>Acanthometron pellucida</i> Mueller, 1856
	<i>Amphimelissa setosa</i> (Cleve) Bernstein, 1934
	<i>Challengeron diodon</i> Haeckel, 1887
	<i>Collozoum groenlandicum</i> Pouchet, 1893
	<i>Dictyophimus multispinus</i> Bernstein, 1934
	<i>Plagiacantha arachnoides</i> Claparède, 1856
	<i>Protocystis tridens</i> Bjørklund, 1976
	<i>Pseudodictyophimus gracilipes</i> Caulet, 1979
	<i>Sticholonche zanclea</i> Hertwig, 1877

Окончание таблицы 2
Table 2 (Continued)

Ciliophora	<i>Amphorides steenstrupi</i> (Claparède & Lachmann, 1858)
	<i>Codonellopsis ovata</i> Jörgensen, 1925
	<i>Codonellopsis pusilla</i> (Cleve) Jörgensen, 1924
	<i>Coxliella ampla</i> (Jörgensen) Brandt, 1907
	<i>Coxliella helix</i> (Claparède & Lachmann, 1858)
	<i>Coxliella meunieri</i> (Kofoid et Campbell, 1929)
	<i>Eutintinnus lususundae</i> (Entz, 1884)
	<i>Helicostomella subulata</i> (Ehrenberg, 1833)
	<i>Laboea strobila</i> Lohmann, 1908
	<i>Leptotintinnus bottnicus</i> (Joergensen, 1924)
	<i>Parafavella denticulata</i> (Ehrenberg, 1840)
	<i>Parafavella parumdentata</i> (Brandt, 1906)
	<i>Ptychocylis obtusa</i> Brandt, 1896
	<i>Ptychocylis urnula</i> (Claparède et Lachmann, 1858)
	<i>Salpingella acuminata</i> (Claparède & Lachmann, 1858)
	<i>Spirostrombidium sauerbreyae</i> (Kahl, 1932) Petz et al., 1995
	<i>Stenosemella steinii</i> Jörgensen, 1912
	<i>Stenosemella ventricosa</i> (Claparède & Lachmann, 1858)
	<i>Strobilidium striatum</i> (Meunier, 1910) Kahl, 1933
	<i>Strobilidium typicum</i> (Lankester, 1874) Fauré-Fremiet, 1924
	<i>Strombidium conicum</i> (Lohmann, 1908) Wulff, 1919
	<i>Strombidium longipes</i> (Meunier, 1910)
	<i>Tintinnopsis beroidea</i> (Stein, 1867)
	<i>Tintinnopsis campanula</i> (Ehrenberg, 1840)
<i>Tintinnopsis pellucida</i> (Brandt, 1907)	
<i>Tintinnopsis sacculus</i> (Brandt, 1907)	
<i>Tintinnopsis tubulosa</i> Levander, 1900	
Rotatoria	<i>Synchaeta cecilia</i> Rousselet, 1902
	<i>Synchaeta glacialis</i> Smirnov, 1932
	<i>Synchaeta hyperborea</i> Smirnov, 1932
	<i>Synchaeta monopus</i> Plate, 1889
	<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832
	<i>Synchaeta stylata</i> Wierzejski, 1893
	<i>Synchaeta tamara</i> Smirnov, 1932
	<i>Synchaeta vorax</i> Rousselet, 1902
	<i>Trichocerca marina</i> (Daday, 1890)

Фауна прибрежных видов (57 таксонов, 48 %) богаче по сравнению с океаническими представителями (рис. 2).

Согласно полученным данным, подавляющая часть представителей микро- и мезозоопланктона (78 таксонов, 71 %) редко встречается в планктонных пробах. На долю часто встречающихся зоопланктеров приходится 18 таксонов (16 %). Только 14 представителей таксонов

разного ранга (13 %) могут считаться массовыми: *Acartia (Acartiura) longiremis* (Lilljeborg, 1853), *Bivalvia* larvae, *Calanus finmarchicus* (Gunner, 1765), Echinoidea (echinopluteus larvae), *Evadne nordmanni* Lovén, 1836, *Fritillaria borealis* Lohmann, 1896, Gastropoda larvae, *Metridia longa* (Lubbock, 1854), *Microcalanus pusillus* Sars G.O., 1903, *Oithona similis* Claus, 1866, Ophiuroidea (ophiopluteus larvae), Polychaeta larvae, *Pseudocalanus minutus* (Krøyer, 1845), *Temora longicornis* (Müller O. F., 1785).

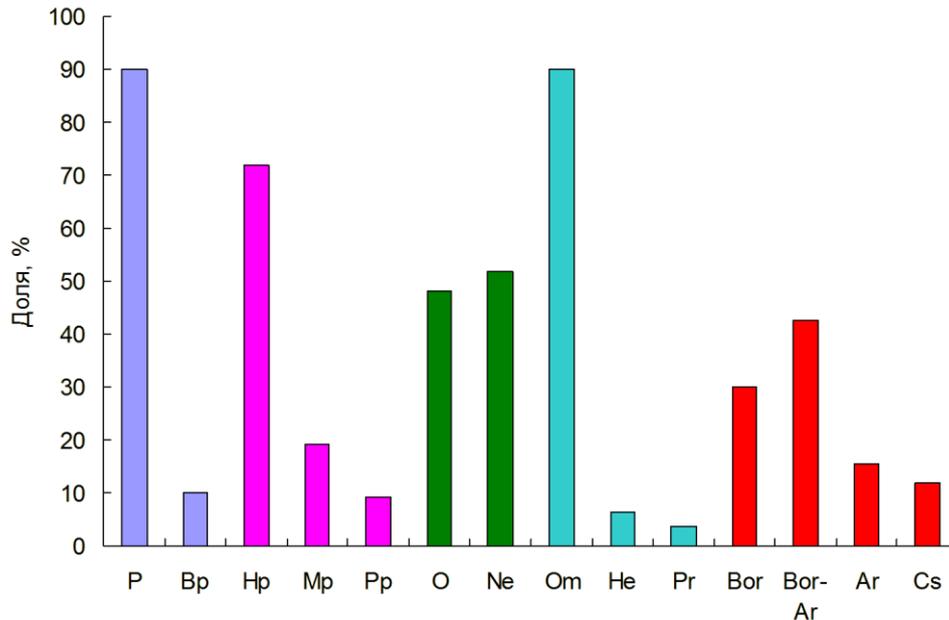


Рис. 2. Эколого-географическая характеристика микро- и мезозoopланктона полярного фронта Баренцева моря:

P — пелагические; Bp — бентопелагические; Hp — голопланктонные; Mp — меропланктонные; Pp — псевдопланктонные; O — океанические; Ne — неритические; Om — всеядные; He — растительноядные; Pr — хищные; Bor — бореальные; Bor-Ar — бореально-арктические; Ar — арктические; Cs — космополиты

Fig. 2. Ecological and geographical characteristics of micro- and mesozooplankton of the Polar Front in the Barents Sea: P — pelagic; Bp — benthopelagic; Hp — holoplanktonic; Mp — meroplanktonic;

Pp — pseudoplanktonic; O — oceanic; Ne — neritic; Om — omnivores; He — herbivores; Pr — predators; Bor — boreal; Bor-Ar — boreal-arctic; Ar — arctic; Cs — cosmopolites

Основу микро- и мезозoopланктона составляют всеядные виды (99 таксонов, 90 %), на долю растительноядных видов приходится около 7 % суммарного таксономического богатства (7 видов).

Хищные животные (4 таксона) менее всего представлены в составе фауны планктонных сообществ.

По зоогеографическому критерию преобладают бореально-арктические животные, на долю которых приходится 40 % видового богатства мезозoopланктона (47 таксонов). Также велика доля бореальных видов, которые составляют около трети всей фауны планктона (33 таксона). Арктические виды (17 таксонов) обеспечивают около 15 % разнообразия микро- и мезозoopланктона в Баренцевом море. Менее всего представлены космополиты — 13 таксонов (12 %) (рис. 2).

Макрзоопланктон. Всего в пробах может встречаться 57 таксономических единиц макрзоопланктона, которые могут обнаруживаться в планктонных пробах (табл. 3).

Наибольшего разнообразия среди представителей макрзоопланктона достигают ракообразные, составляющие чуть меньше половины видового богатства (26 таксонов), далее располагаются кишечнополостные (16 таксонов, 28 %), полихеты (5 таксонов) и гребневики (4 таксона).

Состав фауны макропланктона в зоне Полярного фронта Баренцева моря
Faunal composition of macroplankton of the Polar Front in the Barents Sea

Группа Group	Вид Species
Cnidaria	<i>Aeginopsis laurentii</i> Brandt, 1838
	<i>Aglantha digitale</i> (Müller, 1776)
	<i>Aurelia aurita</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Bougainvillia superciliaris</i> (Agassiz, 1849)
	<i>Catablema vesicarium</i> (A. Agassiz, 1862)
	<i>Cyanea capillata</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Dimophyes arctica</i> (Chun, 1897)
	<i>Euphysa flammea</i> (Linko, 1905)
	<i>Euphysa tentaculata</i> Linko, 1905
	<i>Mitrocomella polydiademata</i> (Romanes, 1876)
	<i>Perigonimus roseus</i> (M. Sars 1874)
	<i>Ptychogastria polaris</i> Allman, 1878
	<i>Sarsia princeps</i> (Haeckel, 1879)
	<i>Sarsia tubulosa</i> (M. Sars, 1835)
	<i>Staurostoma mertensii</i> (Brandt, 1834)
<i>Tiaropsis multicirrata</i> (Sars, 1835)	
Ctenophora	<i>Beroe abyssicola</i> Mortensen, 1927
	<i>Beroe cucumis</i> Fabricius, 1780
	<i>Mertensia ovum</i> (Fabricius, 1780)
	<i>Pleurobrachia pileus</i> (Müller, 1776)
Polychaeta	<i>Pelagobia longicirrata</i> Gravier, 1911
	<i>Phalacrophorus pictus</i> Greeff, 1879
	<i>Tomopteris (Johnstonella) helgolandica</i> (Greeff, 1879)
	<i>Tomopteris septentrionalis</i> Steenstrup, 1849
	<i>Typhloscolex muelleri</i> Busch, 1851
Copepoda	<i>Calanus glacialis</i> Jaschnov, 1955
	<i>Calanus hyperboreus</i> Krøyer, 1838
	<i>Paraeuchaeta glacialis</i> (Hansen, 1887)
	<i>Paraeuchaeta norvegica</i> (Boeck, 1872)
Mysidacea	<i>Mysis mixta</i> Lilljeborg, 1852
	<i>Mysis oculata</i> (Fabricius, 1780)
	<i>Mysis relicta</i> Loven, 1862
Amphipoda	<i>Apherusa glacialis</i> (Hansen, 1887)
	<i>Hyperia galba</i> (Montagu, 1815)
	<i>Hyperia medusarum</i> (Müller O.F., 1776)
	<i>Hyperia spinigera</i> Bovallius, 1889
	<i>Hyperoche medusarum</i> (Krøyer, 1838)
	<i>Onisimus glacialis</i> (Sars, 1900)
	<i>Themisto abyssorum</i> Boeck, 1870
	<i>Themisto libellula</i> Lichtenstein, 1822

Euphausiacea	<i>Meganctiphanes norvegica</i> (M. Sars, 1857)
	<i>Nematoscelis megalops</i> G.O. Sars, 1883
	<i>Stylocheiron maximum</i> Hansen, 1908
	<i>Thysanoessa inermis</i> (Krøyer, 1846)
	<i>Thysanoessa longicaudata</i> (Krøyer, 1846)
	<i>Thysanoessa raschii</i> (M. Sars, 1864)
Decapoda (larvae)	<i>Lithodes maja</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Pagurus pubescens</i> Krøyer, 1838
	<i>Pandalus borealis</i> Krøyer, 1838
	<i>Sclerocrangon ferox</i> (Sars, 1877)
	<i>Sclerocrangon salebrosa</i> Owen, 1939
Pteropoda	<i>Clione limacina</i> (Phipps, 1774)
	<i>Limacina helicina</i> Phipps, 1774
Chaetognatha	<i>Eukrohnia hamata</i> (Möbius, 1875)
	<i>Eukrohnia molchanovi</i> Kassatkina, 1982
	<i>Parasagitta elegans</i> (Verrill, 1873)
Appendicularia	<i>Oikopleura (Vexillaria) vanhoeffeni</i> Lohman, 1896

Среди ракообразных лидирующее положение занимают амфиподы (8 таксонов, 31 %), эвфаузииды (6 таксонов, 23 %) и декаподы (5 таксонов, 19 %). К истинно пелагическим можно отнести 53 таксона (93 %) всех зоопланктеров. Небольшое количество бентопелагических видов представлено в основном десятиногими ракообразными и мизидами. Голопланктонные организмы (36 таксонов, 63 %) доминируют в составе макрозоопланктона. Псевдопланктонные формы (5 таксонов, 9 %) включают амфипод и мизид. Меропланктон (16 таксонов, 21 %) представлен в основном медузами (Cnidaria), а также личинками Decapoda. Фауна океанических видов (34 таксона, 60 %) богаче по сравнению с неритическими представителями (рис. 3).

Проведенный анализ показал, что основная часть представителей макрозоопланктона (37 таксонов, 65 %) редко встречается в планктонных пробах. На долю часто встречающихся зоопланктеров приходится 18 таксонов (32 %). Только два представителя макропланктона — *Calanus glacialis* Jaschnov, 1955 и *Parasagitta elegans* (Verrill, 1873) (13 %) могут считаться массовыми. Основу макрозоопланктона составляют хищники (32 таксона, 57 %), на долю растительноядных видов приходится около 24 % суммарного таксономического богатства (14 видов). Всеядные виды (19 таксонов) менее всего представлены в составе сообществ макрозоопланктона. По зоогеографическому критерию преобладают бореально-арктические животные, на долю которых приходится 44 % видового богатства мезозоопланктона (25 таксонов). Также значительна доля бореальных и арктических видов, которые составляют по 25 % таксономического богатства макрозоопланктона. Менее всего представлены космополиты и тепловодные виды по 2 вида (4 %) (рис. 3).

Приведенные нами сводки могут рассматриваться лишь как один из этапов исследования таксономического разнообразия зоопланктонных сообществ Баренцева моря [6, 15, 21]. В будущем они должны быть существенно дополнены и расширены за счет проведения более детальных исследований в малоизученных районах, использования более точных методик для исследования

слабоизученных групп зоопланктона (микрзоопланктон) и более детального исследования крупных таксономических единиц (например, личинок донных организмов) до уровня видов или хотя бы родов и семейств.

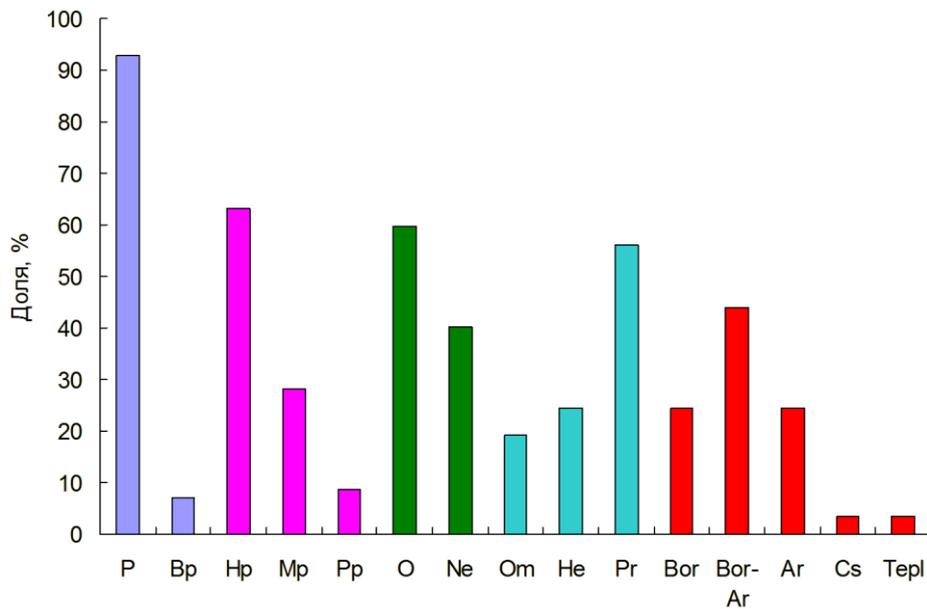


Рис. 3. Эколого-географическая характеристика макрозоопланктона полярного фронта Баренцева моря:

P — пелагические; Bp — бентопелагические; Hp — голопланктонные; Mp — меропланктонные; Pp — псевдопланктонные; O — океанические; Ne — неритические; Om — всеядные; He — растительноядные; Pr — хищные; Bor — boreальные; Bor-Ar — boreально-арктические; Ar — арктические; Cs — космополиты; Tepl — тепловодные

Fig. 3. Ecological and geographical characteristics of macrozooplankton of the Polar Front in the Barents Sea:

P — pelagic; Bp — benthopelagic; Hp — holoplanktonic; Mp — meroplanktonic; Pp — pseudoplanktonic; O — oceanic; Ne — neritic; Om — omnivores; He — herbivores; Pr — predators; Bor — boreal; Bor-Ar — boreal-arctic; Ar — arctic; Cs — cosmopolites; Tepl — warm water

ЛИТЕРАТУРА

1. Food Webs and Carbon Flux in the Barents Sea / P. Wassmann [et al.] // Prog. Oceanogr. 2006. Vol. 71. P. 232–287.
2. Зенкевич Л. А. Биология морей СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 739 с.
3. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 658 с.
4. Raymont J. E. G. Plankton and Productivity of the Oceans // Zooplankton. Oxford: Pergamon Press, 1983. Vol. 2. 824 p.
5. Zooplankton / E. L. Orlova [et al.] // The Barents Sea ecosystem: Russian-Norwegian cooperation in science and management. Trondheim: Tapir Academic Press, 2011. P. 91–119.
6. Тимофеев С. Ф. Экология морского зоопланктона. Мурманск: Изд-во МГПИ, 2000. 216 с.
7. Dalpadado P., Ingvaldsen R., Hassel A. Zooplankton biomass variation in relation to climatic conditions in the Barents Sea // Polar Biol. 2003. Vol. 26. P. 233–241.
8. Ожигин В. К., Ившин В. А. Водные массы Баренцева моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1999. 48 с.
9. Богоров В. Г. Инструкция для проведения гидробиологических работ в море (планктон и бентос). М.; Л.: Главсевморпуть, 1947. 127 с.
10. Melle W., Skjoldal H. R. Reproduction and Development of *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* and *C. hyperboreus* in the Barents Sea // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1998. Vol. 169. P. 211–228.
11. Madsen S. D., Nielsen T.G., Hansen B.W. Annual Population Development and Production by *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* and *C. hyperboreus* in Disko Bay, Western Greenland // Mar. Biol. 2001. Vol. 139. P. 75–93.
12. Distribution of *Calanus* species in Kongsfjorden, a Glacial Fjord in Svalbard / S. Kwasniewski [et al.] // J. Plankton Res. 2003. Vol. 25. P. 1–20.
13. Arnkvaern G., Daase M., Eiane K. Dynamics of Coexisting *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis* and *Calanus hyperboreus* Populations in a High-Arctic Fjord // Polar Biol. 2005. Vol. 28. P. 528–538.
14. Frost B. W. A Taxonomy of the Marine Calanoid Copepod Genus *Pseudocalanus* // Can. J. Zool. 1989. Vol. 67. P. 525–551.
15. Дворецкий В. Г., Дворецкий А. Г. Экология зоопланктонных сообществ Баренцева моря и сопредельных вод. СПб.: Реноме, 2015. 736 с.
16. Dvoretsky V. G., Dvoretsky A. G. Regional Differences of Mesozooplankton Communities in the Kara Sea // Cont. Shelf Res. 2015. Vol. 105. P. 26–41.
17. Dvoretsky V. G., Dvoretsky A. G. Mesozooplankton Structure in the Northern

White Sea in July 2008 // *Polar Biol.* 2011. Vol. 34. P. 469–474. **18.** *Богоров В. Г.* Планктон Мирового океана. М.: Наука, 1974. 320 с. **19.** *Тимофеев С. Ф.* Зоопланктон фронтальных зон Баренцева моря // *Жизнь и среда полярных морей.* Л.: Наука, 1989. С. 84–89. **20.** *Фомин О. К.* Качественный состав зоопланктона // *Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря.* Апатиты: Изд-во КФАН СССР, 1985. С. 128–134. **21.** *Dvoretsky V. G., Dvoretsky A. G.* Checklist of Fauna Found in Zooplankton Samples from the Barents Sea // *Polar Biol.* 2010. Vol. 33. P. 991–1005.

Сведения об авторах

Дворецкий Владимир Геннадьевич — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории планктона Мурманского морского биологического института КНЦ РАН

E-mail: vdvoretskiy@mmbi.info

Дворецкий Александр Геннадьевич — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией зообентоса Мурманского морского биологического института КНЦ РАН

E-mail: dvoretskiya@mmbi.info

Author Affiliation

Vladimir G. Dvoretsky — PhD (Biology), Leading Researcher of Plankton Laboratory of the Murmansk Marine Biological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: vdvoretskiy@mmbi.info

Alexander G. Dvoretsky — PhD (Biology), Head of Zoobenthos Laboratory of the Murmansk Marine Biological Institute of the of the KSC of the RAS

E-mail: dvoretskiya@mmbi.info

Библиографическое описание статьи

Дворецкий, В. Г. Состав и распределение летнего зоопланктона полярного фронта (Баренцево море) / *В. Г. Дворецкий, А. Г. Дворецкий* // *Вестник Кольского научного центра РАН.* — 2018. — № 2 (10). — С. 25–37.

Reference

Dvoretsky Vladimir G., Dvoretsky Alexander G. Composition and Distribution of Summer Zooplankton of Polar Front (the Barents Sea). *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2018, vol. 2 (10), pp. 25–37 (In Russ).

НЕИСПОЛЬЗОВАННЫЕ СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Я. Евзеров

ФГБУН Геологический институт КНЦ РАН

Аннотация

Приведены краткие сведения о месторождениях торфа, диатомита и кирпичных глин. Предложена эксплуатация торфяных залежей для производства гуматов без осушения болот, что неизбежно имело бы отрицательные экологические последствия. Широкие и разнообразные сферы применения диатомитов при грамотном маркетинге откроют большие перспективы перед добычей диатомитов и обеспечат рентабельность добывающих предприятий. При освоении месторождений Баренцевоморского шельфа целесообразно возродить производство глиняного кирпича в регионе на базе запасов Урагубского месторождения глин.

Ключевые слова:

месторождения, торф, диатомит, кирпичные глины, перспективы освоения.

UNUSED RAW MATERIAL RESOURCES OF THE MURMANSK REGION

Vladimir Ya. Yevzerov

Geological Institute of the KSC of the RAS

Abstract

Brief information is given on the deposits of peat, diatomite and clay brick. The exploitation of peat deposits for the production of humates without swamp draining is suggested, which would inevitably have negative ecological consequences. Wide and diverse fields of application of diatomites with competent marketing will open great prospects for the extraction of diatomites and will ensure the profitability of extractive enterprises. When developing deposits in the Barents Sea shelf, it is worthwhile to revive the production of clay bricks in the region on the basis of reserves of the Uraguba clay deposit.

Keywords:

deposits, peat, diatomite, brick clays, development prospects.



Многие полезные ископаемые Кольского региона, приуроченные к кристаллическим породам, достаточно активно эксплуатируются. Из рыхлого покрова берутся в основном только стройматериалы, такие как пески и песчано-гравийные смеси. Производство глиняного кирпича прекращено. Ведется нерегулярная добыча торфа для нужд сельского хозяйства, однако сырьевые ресурсы четвертичных отложений, как мы покажем далее, могут использоваться гораздо эффективнее.

Органогенные полезные ископаемые

Органогенные полезные ископаемые широко распространены в северо-восточной части Балтийского щита. Это, прежде всего, торфяники и сапропели, представляющие значительный интерес для развития промышленности и сельского хозяйства. В настоящее время они практически не используются. На существенно более ограниченных площадях встречается ракуша, которая может применяться при откорме птиц. Все органогенные ископаемые относятся к категории восстанавливаемых ресурсов. Они образовались в голоцене и существенным образом зависят от изменений климата. Поэтому целесообразно вкратце рассмотреть климатическую обстановку этого периода.

Климат региона в голоцене реконструировался различными методами. Его количественные характеристики восстанавливались по результатам изучения остатков хирономид, пыльцы и спор наземных растений [1, 2], а качественная оценка была впервые получена по материалам исследования прибрежно-морских образований [3]. Мы сконцентрируем внимание на рассмотрении результатов, полученных на палеонтологической основе и приведенных на рис. 1. Анализ графиков показывает, что климат многократно изменялся: чередовались потепления и похолодания. Значительно больше изменений зафиксировано по палинологии, чем по материалам изучения хирономид. Судя по графикам (рис. 1, б), наиболее значительное потепление имело место в атлантический период, несколько меньшее по амплитуде — в суббореале. Повышениям температур, как правило, сопутствовало и увеличение количества осадков.

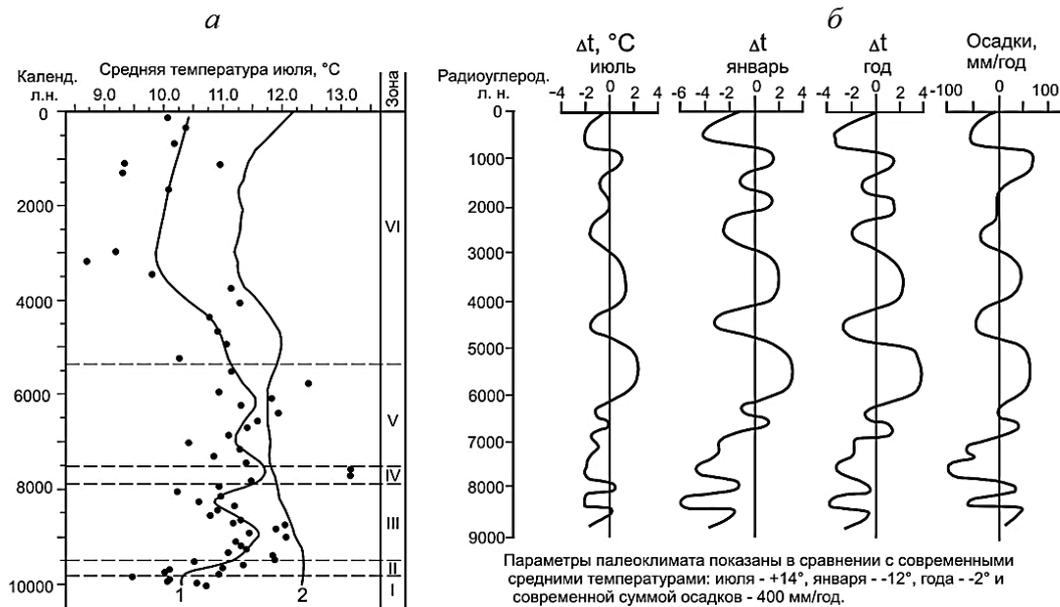


Рис. 1. Реконструкции климатических показателей голоцена по материалам изучения хирономид (а) и спорово-пыльцевых спектров (б) [1, 2]:

а — оз. Купальное в предгорьях Хибин (1), оз. Беркут на Беломорском побережье Кольского п-ова (2);

б — бугристое топяное болото севернее Ловозерских тундр (68° с. ш. и 35° в. д.)

Fig. 1. Reconstructions of climatic characteristics in the Holocene based on the study of chironomides (a) and pollen-spore spectra (b) [1, 2]:

a — Kupalnoye Lake at the Khibiny foothills (1), Berkut Lake at the White Sea coast of the Kola Peninsula (2);

b — hummocky bog to the north of the Lovozero tundra (68° n. l. and 35° e. l.)

Торфяные месторождения

Согласно Геологическому словарю [4], торф является горючим полезным ископаемым, относящимся к гумитам. Он представляет собой первую стадию превращения растительного материала по пути его преобразования в уголь. Торф накапливается в болотах из остатков отмерших растений, которые подвергаются неполному разложению в условиях повышенной влажности и затруднённого доступа воздуха. Главную роль при торфообразовании играют процессы биохимической гумификации, протекающие при участии микроорганизмов. В результате образуется гумус, процентное содержание которого определяет степень разложения торфа, влияющую наряду с флористическим составом на все его важнейшие свойства. Структура торфа волокнообразная при низкой (до 25 %) и аморфная при высокой (50–65 %) степени разложения, влажность составляет 75–95 %. Содержание минеральных примесей в низинных торфах (грунтовое питание) варьирует от 4 до 18 %, а в верховых (атмосферное

питание) — от 2 до 4 %. Пористость торфа малой степени разложения очень велика (70–80 %), тогда как сильно разложившегося торфа обычно незначительна. Органическая масса торфа содержит примерно 52–62 % углерода, 4,5–6,5 % водорода, 1–2,9 % азота, 31–42 % кислорода и 0,1–1,5 % серы. Кроме того, в нем присутствуют сахара.

В мире добывается порядка 20 млн т торфа, из них 12 млн т — в Финляндии и примерно 2 млн т в России [5]. Торф является ценным экологически чистым биотопливом в связи с высоким содержанием углерода и низкими содержаниями серы и других вредных негорючих остатков и примесей. Основным недостатком торфа является более низкая калорийность, чем угля, и высокое содержание влаги (до 65 %), затрудняющей его сжигание. В структуре топливных ресурсов России торф занимает второе после угля место (43 %). На его долю в пересчете на тонны условного топлива приходится 29 %, тогда как его использование не превышает 0,05 % [5]. Торф в качестве топлива активно употребляется в таких странах, как Финляндия и Канада.

Торф обладает рядом качеств, делающих его весьма полезным для земледелия. Он богат гумусом, являющимся основой плодородия почвы. Для перевода гумуса, содержащегося в торфе в связанном состоянии, в воднорастворимые гуматы торф необходимо подвергнуть обработке тем или иным способом. Гуматы не только питание, но и прекрасные стимуляторы роста. Они могут быть использованы также для санации территорий в районах хранения и уничтожения химического оружия, обеззараживания земли от некоторых радионуклидов и очистки сточных вод от тяжелых металлов. Кроме того, гумус может связывать деградированные почвы, которые выдуваются ветром или размываются водой. Торф является хорошим влагорегулятором, обладает бактерицидными свойствами и способностью к поглощению большого количества газов. В старину верховой сфагновый торф, имеющий пористую структуру, использовался как перевязочное средство. В чистом виде торф применяется для улучшения структуры обрабатываемой почвы, для аккумуляции и длительного удержания влаги в почве, а также для создания среды, способствующей увеличению кислородообменных процессов. В настоящее время, применяя торф как основу, готовят субстрат для растений, культивируемых в теплицах, органические удобрения, подстилки для скота и блоки для выращивания рассады. В Мурманской обл. торфяники после мелиорирования используются в качестве сельскохозяйственных угодий. При глубокой переработке торфа под действием высоких температур из него получают активный уголь, который применяется в медицине, биохимии и промышленности в качестве абсорбентов, фильтрующих элементов, газопоглотителей и восстановителей металлов.

На крайнем северо-западе России широко распространены залежи торфа. Они приурочены в основном к болотам, сформировавшимся в голоцене. Заболоченность Мурманской обл., по данным из разных источников, составляет от 26 до 37 % [6, 7]. В тундровой зоне на долю болот приходится всего 10–20 %, тогда как в таежной зоне — от 20–70 % [8]. Типизация болот и их распространение на территории Мурманской обл. показаны на рис. 2. Анализ схемы свидетельствует о том, что наиболее широко развиты аапа-болота, в которых низинный торф по периферии окаймлен торфом верховым. Реже встречаются бугристые болота, еще реже верховые сфагновые и крайне редко — низинные травяные болота. Бугристые болота локализованы в тундре и лесотундре. Их рельеф обязан своим происхождением мерзлотным процессам.

В распределении болот по площади, наряду с климатическими особенностями, существенную роль, несомненно, играет рельеф. На приведенном рисунке хорошо видно, что болота сконцентрированы в восточной части Мурманской обл., которая отличается от западной более спокойным и низким, слабопересеченным рельефом.

По материалам Комитета промышленного развития Мурманской обл., ЗАО «Русская торфяная земля» и торфяного фонда РСФСР [10–12], балансом по области учитывается 48 месторождений торфа площадью более 10 га с общей площадью 9918,62 га и запасами 13 376 тыс. т торфа. Запасы по 13 месторождениям площадью от 1 до 10 га составляют 178 тыс. т. Перспективы добычи торфа на территории области обусловлены наличием 620 месторождений общей площадью 379 575 га с прогнозными ресурсами 853,403 млн т торфа. При проведении поисково-разведочных работ всего были оценены запасы 815 месторождений с площадью в границах промышленной залежи 388,18 млн га и запасами торфа 907,5 млн т при 40 %-й влажности.

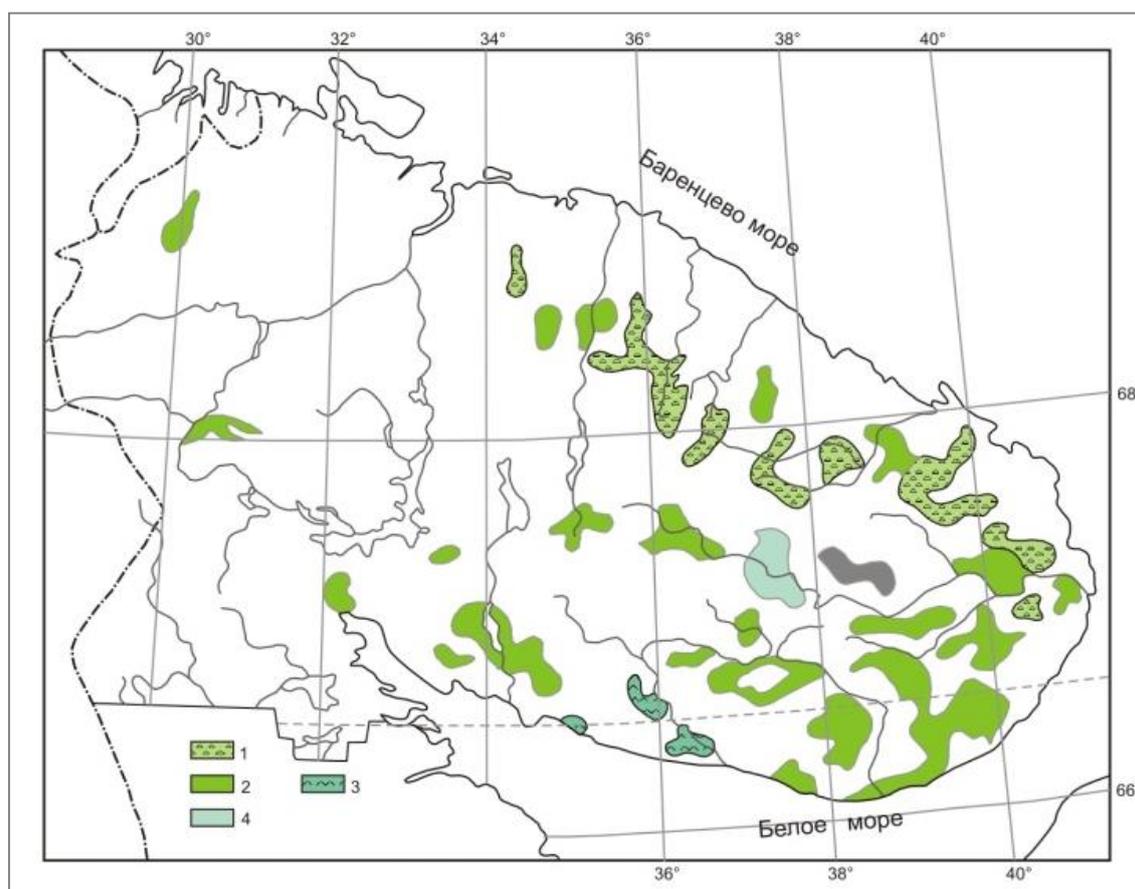


Рис. 2. Схема распространения болотных массивов Мурманской обл.

(приводится по: [9], с упрощением и дополнением):

1 — бугристые болота; 2 — аапа-болота; 3 — верховые сфагновые болота; 4 — низинные травяные болота

Fig. 2. Scheme of distribution of bog areas in the Murmansk region (after [9], simplified and added):

1 — hummocky bogs; 2 — aapa mires; 3 — upland sphagnum moors; 4 — lowland meadow bogs

Наиболее распространены месторождения площадью до 100 га. По количеству они составляют 80 %, а по запасам на их долю приходится всего 4,4 %. Основные запасы торфа (87 %) сосредоточены в 26 месторождениях, площадь каждого из которых превышает 1000 га. Самые крупные месторождения сосредоточены в верховьях рек Поной, Варзуга и их притоков. Залежи всех типов торфа в Мурманской обл. маломощные: их средняя толщина варьирует от 0,99 до 1,52 м. Уместно отметить, что в районе городов Апатиты и Кировска, а также села Ловозеро среди большого количества мелких месторождений встречаются и крупные площадью в несколько тысяч гектаров, которые могут активно эксплуатироваться.

В Мурманской обл., как уже отмечалось, ведется нерегулярная добыча торфа для нужд сельского хозяйства. Очевидно, что в качестве горючего полезного ископаемого торф не может конкурировать с относительно дешевым мазутом. Однако гуматы могут и должны найти практическое применение. В настоящее время они широко используются, в частности, для борьбы с опустыниванием местностей. Белоруссия, например, успешно продает гуматы в Арабские эмираты, ей уже не хватает сырьевой базы торфяников, чтобы удовлетворить спрос [5]. Проблема опустынивания актуальна во всех засушливых регионах Земли.

Там, где крупные месторождения торфа имеются вблизи населенных пунктов [13], целесообразно наладить добычу торфа для производства гуматов, имеется в виду не только использование их внутри страны, но и широкие возможности экспорта. Несомненно, потребуется предварительная экономическая проработка вопроса. Кроме того, будет целесообразным и детальное изучение торфяных залежей, намеченных к освоению, чтобы выбрать среди них залежь с максимальной скоростью нарастания торфа, поскольку торфяники относятся к числу естественно возобновляемых ресурсов. Не следует проводить осушение болот, что ведет к весьма неблагоприятным экологическим последствиям. Очевидно, необходимо отрабатывать торфяные залежи полосами, оставляя между ними достаточно широкие нетронутые целики. Это позволит сохранить болото как элемент ландшафта и через некоторое время использовать для переработки растительные остатки, накопившиеся в отработанных полосах. Создание новых производств будет способствовать повышению жизнестойкости городов, возникших в связи с деятельностью одного крупного градообразующего предприятия. Такими городами в Мурманской обл. являются Апатиты, Кировск, Мончегорск и др.

Скорость нарастания торфа зависит от климата, и она, несомненно, изменялась на протяжении голоцена, однако имеющихся материалов недостаточно для корректного определения изменения скорости накопления торфа во времени. Средние скорости нарастания торфа рассчитаны нами по данным работ [9, 14]. Они составили в тундре 0,2–0,3 мм/год, в лесотундре — от 0,15 до 0,4 мм/год и в тайге — от 0,1 до 0,76 мм/год. Г. А. Елина с соавторами [9] указывают на то, что в болоте Ловозерское у села Ловозеро скорость накопления торфа в субатлантический период была выше, чем в суббореальный и атлантический периоды (0,08 мм/год) и составляла 0,25 мм/год.

Месторождения сапропелей

Семейство сапропелей довольно разнообразно. Однако опойсковывался и разведывался только диатомит, несколько десятков месторождений которого, сформировавшихся в голоцене, обнаружено в Мурманской обл. Некоторые из них до недавнего времени активно разрабатывались. Другие виды сапропелей тоже являются полезными ископаемыми и могут употребляться в качестве удобрений, кормовых добавок, лечебных грязей и др.

Что касается диатомита, то он используется в самых разнообразных областях (рис. 3). Именно это обстоятельство позволяет предполагать, что эксплуатация диатомита может оказаться рентабельной и в настоящее время, но, безусловно, потребуются экономические расчеты.

В отчетном балансе запасов на 1 января 1972 г. в Мурманской обл. числится 20 месторождений диатомита, одно из которых объединяет 2 вполне самостоятельных месторождения (см. примечание к рис. 4) с суммарными балансовыми запасами категорий А + В + С₁ — 20 070 тыс. м³, категории С₂ — 13 044 тыс. м³ и забалансовыми запасами — 686 тыс. м³ [16]. Расположение 21 разведанного месторождения показано на рис. 4.

В Кольском регионе большое количество выпадающих осадков и малое испарение определили наличие хорошо развитой гидрографической сети и значительного количества озер, что отчетливо видно на рис. 4. Регион по насыщенности озерами на единицу площади речных водосборов в два с половиной раза превосходит Карелию — классическую область озер [17].



Рис. 3. Области применения диатомита (проводится по: [15])
 Fig. 3. Areas of diatomite application (after [15])

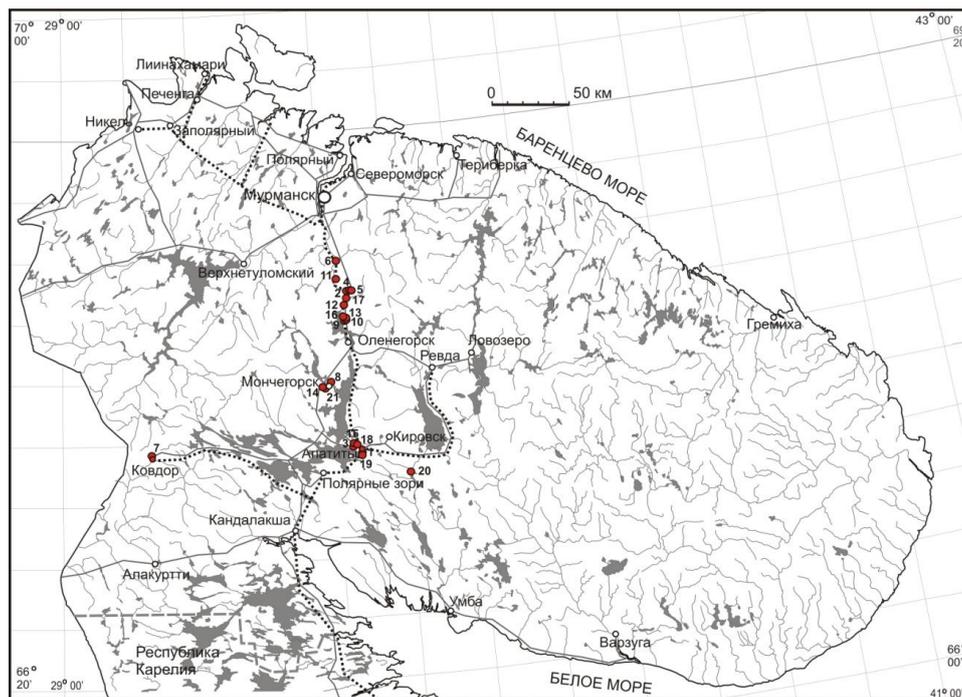


Рис. 4. Схема гидрографической сети Мурманской обл.:
 пунктиром показаны железные дороги; сплошной линией — основные шоссе; красными кружками с номерами — разведанные месторождения диатомита, точные адреса которых под теми же номерами приведены в подписи к рис. 5

Fig. 4. Scheme of hydrographic system of the Murmansk region:
 dashed lines show railways, solid lines demonstrates main highways, red circles with numbers denote explored diatomite deposits, accurate addresses of which under the same numbers are given in Figure 5 caption

Как видим, практически все месторождения расположены в непосредственной близости к железной или шоссе дорогам и огромные пространства региона остались не охваченными поисковыми работами. Однако в разные годы опозисковано еще 14 мелких проявлений с оценкой

запасов диатомита по категориям C_1 и C_2 . Запасы по трем из них, составившие от 254 до 449 тыс. м³, в 1933 г. были приняты территориальной комиссией по запасам. В объяснительной записке к обзорной карте месторождений строительных материалов Мурманской обл. масштаба 1:1 000 000 [16] содержатся сведения о мощностях залежей диатомитов, показанных на рис. 5. Кроме того, в ней приведены данные о мощностях толщи воды над каждой из залежей. В совокупности эти материалы позволяют примерно оценить глубины озер, в которых сформировались месторождения. Приближенные расчеты показывают, что глубины шести озер составляли около 4 м, десяти — от 7 до 11 м и трех достигали 12–14 м.

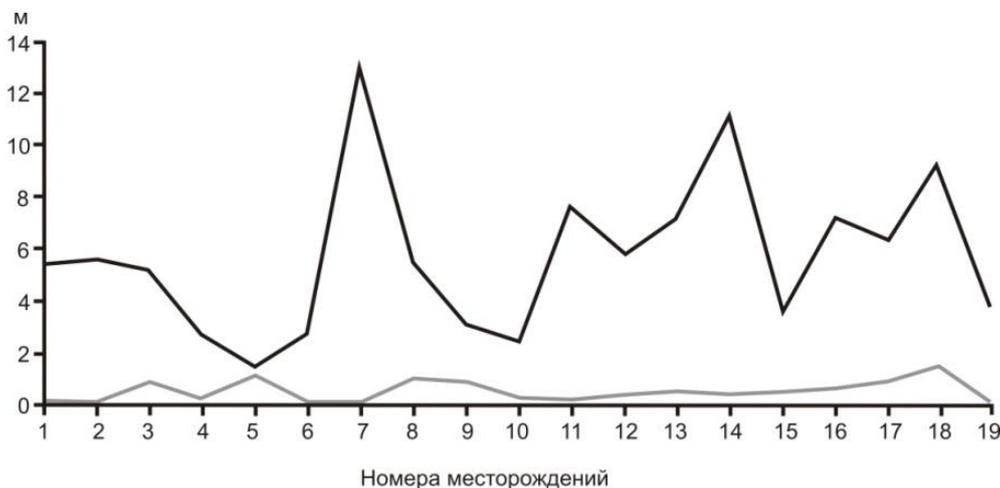


Рис. 5. Максимальная (черная линия) и минимальная (серая линия) мощности залежей диатомита, разведанных в Мурманской обл.:

месторождения: 1 — залив Тик-Губа в 2 км к югу от ж.-д. ст. Апатиты; 2 — оз. Малое Пулозеро в 200 м от ж.-д. ст. Тайбола; 3 — оз. Безымянное в 700 м от берега оз. Имандра, в 10 км от ж.-д. ст. Апатиты; 4 — оз. Безымянное в 1–2 км к востоку от ж.-д. станции Тайбола; 5 — оз. Безымянное II в 2 км к востоку от ж.-д. станции Тайбола; 6 — оз. Кицкое в 3 км от ж.-д. ст. Лопарская; 7 — оз. Ковдор в 2 км к северо-западу от ж.-д. ст. Ковдор; 8 — оз. Лумболка у г. Мончегорска; 9 — оз. Масельское I в 1 км на север от ж.-д. ст. Лапландия; 10 — оз. Масельское II в 1–2 км на север, северо-восток от ж.-д. ст. Лапландия; 11 — оз. Мурдозеро, южнее ж.-д. ст. Кица; 12 — оз. Собачье II в 500 м к северо-востоку от ж.-д. ст. Пулозеро; 13 — оз. Спинное примерно в 1,5 км на север от ж.-д. ст. Лапландия; 14 — оз. Травяное в 1 км к северо-западу от оз. Ньюдозеро; 15 — оз. Щучье I в 5 км к северо-западу от ж.-д. ст. Апатиты; 16 — оз. Щучье II в 5 км к северо-западу от ж.-д. ст. Лапландия; 17 — оз. Пулозеро от ж.-д. ст. Пулозеро до ж.-д. ст. Тайбола; 18 — юго-восточная часть губы Белой оз. Сейд-озеро, в 4–4,5 км к северо-западу от ж.-д. ст. Апатиты; 19 — Тик-озеро в 6 км к югу от ж.-д. ст. Апатиты

Fig. 5. Maximum (black) and minimum (grey) thicknesses of the diatomite bodies explored in the Murmansk region: deposits: 1 — Tik-Guba bay 2 km south of the railway station of Apatity; 2 — Maloye Pulozero Lake 200 m away from the railway station of Taybola; 3 — Bezymyannoye Lake 700 m away from the shore of Imandra Lake, 10 km away from the railway station of Apatity; 4 — Bezymyannoye Lake 1–2 km east of the railway station of Taybola; 5 — Bezymyannoye II Lake 2 km east of the railway station of Taybola; 6 — Kitskoye Lake 3 km away from the railway station of Loparskaya; 7 — Kovdor Lake 2 km northwest of the railway station of Kovdor; 8 — Lumbolka Lake at Monchegorsk; 9 — Masel'skoye I Lake 1 km away north of the railway station of Lapland; 10 — Masel'skoye II Lake 1–2 km north, northeast of the railway station of Lapland; 11 — Murdozero Lake south of the railway station of Kitsa; 12 — Sobachiye II Lake 500 m northeast of the railway station of Pulozero; 13 — Spinnoye Lake 1,5 km north of the railway station of Lapland; 14 — Travyanoye Lake 1 km northwest of Nyudozero Lake; 15 — Schuchiye Lake 5 km northwest of the railway station of Apatity; 16 — Schuchiye II Lake 5 km northwest of the railway station of Lapland; 17 — Pulozero Lake from the railway station of Pulozero to the railway station of Taybola; 18 — southeastern part of the Belaya Bay of Seidozero Lake 4–4,5 km northwest of the railway station of Apatity; 19 — Tikozero Lake 6 km south of the railway station of Apatity

Примечание. Месторождения 4 и 5 в [16] фигурируют как одно месторождение. По месторождениям озер Котельного в 2 км к западу от Известкового завода и Ньюдозера у города Мончегорска (№ 20 и 21 на рис. 2) имеются данные только о средних мощностях залежей диатомита [16].

Note. Deposits 4 and 5 in [16] are shown as one deposit. There are data only on medium thicknesses of diatomite bodies for the deposits of Kotel'noye Lake 2 km west of the Lime Plant and Nyudozero Lake at Monchegorsk (NoNo. 20 and 21 in Fig. 2) [16].

Диатомиты обычно залегают на песчано-гравийно-галечных и песчаных отложениях, реже глинах. В месторождениях 1 и 18 под диатомитами, помимо терригенных осадков, обнаружены торфяно-илистые отложения или торф, а в месторождении 13 — сапропель (в терминологии, принятой в справочных руководствах, это органические отложения, отличные от диатомита). Толщи диатомита перекрыты водой или торфом и в сыром виде содержат от 52,29 до 93,1 % SiO_2 [16].

Как было показано выше, диатомиты образуются в озерах глубиной от 4 до 14 м и вряд ли глубина в 14 м является предельной. Часть факторов благоприятствует формированию практически всех органических осадков озер. Это, прежде всего, прозрачность воды, присутствие в воде элементов — биофилов и спокойные условия осадконакопления, исключая или сводящие до минимума принос обломочного материала. Препятствует образованию всех без исключения сапропелей обильное поступление в водоем песчаных, алевритовых или глинистых частиц.

Для развития диатомовых водорослей вода должна обязательно содержать кремнекислоту, поскольку диатомеи «строят» свои створки из аморфного кремнезема. Растворимость SiO_2 уменьшается по мере снижения температуры, вследствие чего холодноводные озера предпочтительнее тепловодных для образования диатомитов. И все-таки этого недостаточно для того, чтобы понять, каким образом происходит обособление диатомитов от прочих органических осадков озер. Необходим какой-то фактор, позволяющий в значительной мере освободиться от органических остатков конкурирующих организмов.

Если учесть, что органические остатки всех видов, кроме диатомового, диатомово-песчаного и диатомово-глинистого, состоят из органического углерода, становится очевидным, что таким фактором может быть только достаточно высокое и постоянно пополняемое содержание кислорода в воде. Кислород «сжигает» органику, оставляя нетронутыми створки диатомей, которые состоят из аморфного кремнезема. Благоприятные условия для насыщения воды кислородом создаются в водных потоках в связи с динамикой водной среды и в связи с обычно более низкой, чем в озерах, температурой воды в них. Поэтому формирование диатомитов наиболее успешно должно происходить в проточных озерах. Речь, конечно, не идет об озеровидных расширениях русел рек с их активной гидродинамикой. Озеро, с одной стороны, должно хорошо «вентилироваться», а с другой — иметь обширные участки со спокойной гидродинамикой, в пределах которых могли бы накапливаться панцири диатомовых водорослей, соизмеримые с алевритовыми обломочными частицами.

Сапропели со сравнительно низкими содержаниями створок диатомей, встречающиеся в основании залежей диатомитов, видимо, отвечают начальному этапу становления гидросети. Влияние проточности озера на степень обогащения сапропелей створками диатомей подчеркивает Н. В. Кордэ [18]. По ее данным, при усилении проточности озера в сапропелях возрастает содержание кремневых створок диатомей. Л. Л. Россолимо [19] также считает, что высокое содержание кислорода в придонных слоях играет важнейшую роль в образовании диатомитов. Более подробные сведения о месторождениях диатомита и условиях их формирования приведены в работах автора [20, 21].

В Мурманской обл. при проведении поисковых работ могут быть обнаружены новые месторождения как диатомитов, так и других видов сапропелей. Поиски диатомитов целесообразно вести в широких котловинах проточных озер, воды которых насыщены кислородом, а широкие озерные ванны предполагают наличие обширных придонных участков с замедленным перемещением вод [20].

Как показали исследования сотрудников Кольской экспедиции в 1930–1932 гг., благоприятны для поисков диатомитов также заливы крупных озер, в которые впадают ручьи или реки. Остальные виды сапропелей, пригодные для использования в сельском хозяйстве и медицине, следует искать в бессточных озерах, воды которых обеднены кислородом.

Кирпичные глины

После распада СССР производство глиняного кирпича в Мурманской обл. прекратилось в силу ряда причин. Главную роль сыграли чрезмерная изношенность оборудования и крайне несовершенная технология производства. Отчасти сказался и дефицит сырья. Поскольку глиняный кирпич по многим показателям превосходит силикатный, применяемый ныне в области, есть основание ожидать возобновления производства глиняного кирпича в будущем, особенно с учетом значительных перспектив экономического развития Мурманской обл. Освоение нефтяных и газовых месторождений Баренцевоморского шельфа будет сопровождаться строительством хранилищ нефти и газа, введением в строй новых портовых сооружений и, вероятно, жилищных комплексов.

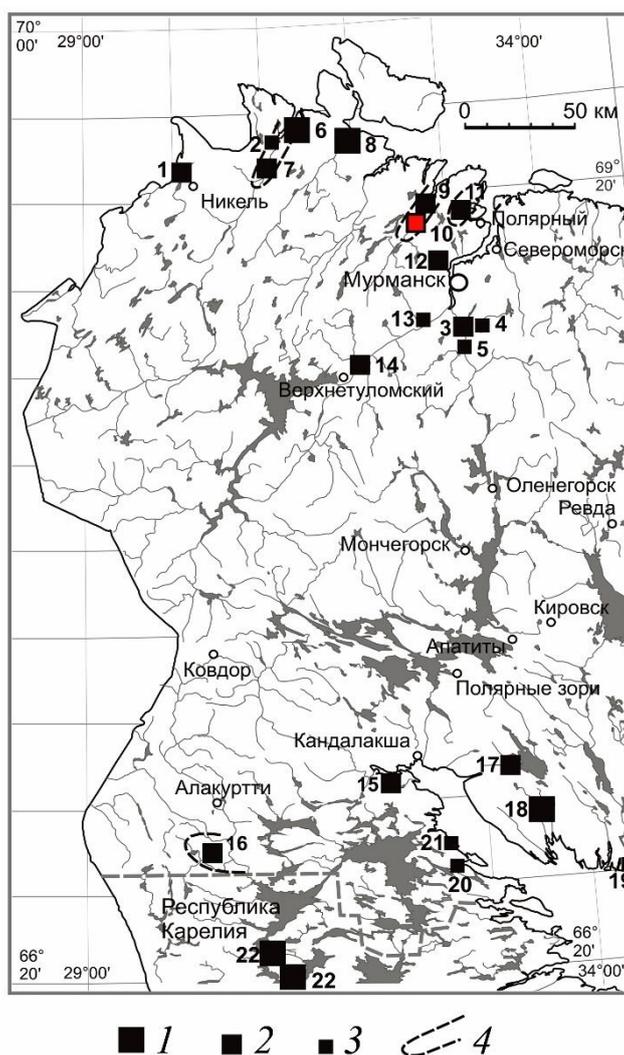


Рис. 6. Схема расположения месторождений и проявлений легкоплавких глин в западной части Мурманской обл. и Северной Карелии. Месторождения и проявления глин: 1 — крупные (запасы свыше 10 млн м³); 2 — средние (2,5–10 млн м³); 3 — мелкие (менее 2,5 млн м³); 4 — контуры перспективных на глины площадей. Красным выделен объект наиболее перспективный для освоения. Номера проявлений и месторождений на карте отвечают таковым в табл.

Fig. 6. Sketch map for the deposits and prospects of fusible clays in the western part of the Murmansk region and Northern Karelia. Clay deposits and prospects: 1 — large-scale (reserves of over 10 mln. m³); 2 — medium-scale (reserves between 2,5 and 10 mln. m³); 3 — small-scale (reserves of less than 2,5 mln. m³); 4 — contours of clay-promising areas. Red color highlights the most promising area for development. The numbers of prospects and deposits on the map correspond to the same in the table

В Мурманской обл. геологами производственных и научных организаций обнаружено 8 месторождений и 17 проявлений легкоплавких глин, 5 из которых выявлено автором. Запасы категорий А, В и С₁, установленные в месторождениях, составляют немногим более 18,5 млн м³. Большинство месторождений эксплуатировалось; одно из них с запасами в 1,5 млн м³ практически отработано. Перспективные запасы категорий С₂ и Р всех известных проявлений достигают 205 млн м³ и могут быть увеличены. Расположение месторождений глин показано на рис. 6, а сведения о запасах приведены в таблице.

Сведения о запасах легкоплавких глин
в западной части Мурманской обл. и Северной Карелии
Data on fusible clay reserves in the western part of the Murmansk region and Northern Karelia

№ п/п	Месторождения и проявления Deposits and prospects	Запасы по категориям Reserves by category		Примечание Note
		А+В+С ₁ , В+С ₁ [*] , С ₁ ^{**} , тыс. м ³ ths m ³	С ₂ и прогнозные, млн м ³ С ₂ and undiscovered recourses, mln. m ³	
1	2	3	4	4
1	Печенгское — 1 Pechenga — 1	5226	—	Возможен прирост запасов Increment of reserves is possible
2	Печенгское — 2 Pechenga — 2	1867	—	Возможен прирост запасов; снято с баланса Increment of reserves is possible; debooked
3	Кильдинское Kildin	2500	—	—
4	Зверосовхоз Zverosovkhoz	811 [*]	—	—
5	Шонгуйское Shonguy	1220 [*]	—	—
6	Какурийокское Kakuriyoki	—	Более 10	—
7	Луостарское Luostari	—	8	—
8	Титовское Titovka	—	20	—
9	Урагубское — 1 Ura-Guba-1	—	6	—
10	Урагубское — 2 Ura-Guba-2	6711	—	—
11	Сайдагубское Saida-Guba	—	7	—
12	Лавненское Lavna	—	2,7	3 участка с расстоянием между ними 1,5–3 км 3 areas with a distance of 1,5–3 km among them
13	Тулумское Tuloma	—	1,2	Состоит из 2 участков Consists of 2 areas

Окончание таблицы
Table (Continued)

1	2	3	4	5
14	Шовна Shovna	–	5	Под пахотными землями Croplands
15	Кандагубское Kanda-Guba	–	6,7	–
16	Кутсайокское Kutsayoki	–	2,5	–
17	Тикша Tiksha	–	3,5	–
18	Аленкин ручей Alyonkin Ruchey		17,4	Возможен прирост запасов Increment of reserves is possible
19	Каленгозерский ручей Kalengozero Stream	105**	0,1	
20	Нищевское Nischevskoye		0,8	
21	Рыбное Rybnoye		1,4	
22	Кумское Kumskoye		1800	

Как видим, в западной части региона, на площади, где имела место рассекающая дегляциация [21], сосредоточено 21 месторождение, из которых 6 представлены ледниково-морскими и 3 послеледниковыми морскими глинами. Восточнее в пределах огромной площади, на которой проявилась фронтально-ареальная дегляциация, находится всего лишь 4 месторождения, 2 из них образованы озерно-ледниковыми, 1 — ледниково-морскими и 1 — послеледниковыми морскими глинами.

При составлении таблицы использованы официальные данные оперативной сводки ПО «Мурманскстройматериалы» об обеспеченности Кильдинского кирпичного завода разведанными запасами Кильдинского и Шонгуйского месторождений, результаты поисковых и съемочных работ, систематизированные Центрально-Кольской комплексной геологической экспедицией (ЦККГЭ) и трестом «Росгеолнерудразведка», а также результаты исследований ПО «Аэрогеология» и Геологического института Кольского филиала АН СССР [22–25].

В Мурманской обл. на государственном балансе числятся запасы 7 месторождений: Печенгского-1, Урагубского, Кильдинского, Шонгуйского, Зверосовхоз, Каленгозерский ручей и Ермаковского. Из них Кильдинское и Шонгуйское эксплуатировались до 1991 г. Нет оснований ожидать прироста запасов в районе Шонгуйского месторождения. Более того, по предварительным данным треста «Росгеолнерудразведка», подлежат списанию, ввиду низкого качества сырья, запасы одного из участков, составляющие 1 млн м³. Оставшийся объем глин Шонгуйский цех завода должен был израсходовать за 8 лет, хотя до закрытия он проработал 4 года.

Более благоприятная обстановка в окрестностях Кильдинского месторождения. В результате исследований, проведенных отрядом Геологического института Кольского филиала АН СССР под руководством автора, для опоискования рекомендована площадь, которая примыкает к южному флангу участка Воронин ручей. Прогнозные запасы глин определялись в 700 тыс. м³. Партией № 7 треста «Росгеолнерудразведка» толща глин обнаружена и разведана. Следует отметить, что из 2,5 млн м³ глин месторождения, которые могли обеспечить работу Кильдинского цеха завода в течение 29 лет, площадь в 1,7 млн м³ (участок «Зверосовхоз») располагается

под сельхозугодиями и в последние годы работы завода было получено разрешение на эксплуатацию лишь 0,4 млн м³. Изложенное свидетельствует о том, что реальные запасы обоих рассмотренных месторождений, очевидно, меньше приведенных в таблице.

В конце 1990-х гг. в связи с изношенностью оборудования и наметившимся дефицитом запасов глиняного сырья было принято решение о модернизации кирпичного завода, включающей строительство нового цеха на месте Кильдинского, с доведением его производительности до 115 млн шт. кирпича в год. Соответственно ежегодный расход глины с учетом потерь при добыче и транспортировке достиг бы 300 тыс. м³, а для обеспечения завода сырьем на амортизационный срок потребовалось бы 7,5 млн м³ глины. В связи с этим в качестве резервной сырьевой базы ПО «Мурманскстройматериалы» первоначально рассматривало месторождения Печенгское-1 и Печенгское-2. Первое из них расположено в непосредственной близости к государственной границе, что серьезно затрудняет его доизучение и делает весьма проблематичной возможность отработки. Второе снято с баланса, так как целиком находится в пределах километровой охранной зоны реки Печенги и, кроме того, удалено от завода более чем на 200 км.

Позднее производственное объединение сориентировалось на обеспечение завода запасами глин, находящихся в радиусе не более 50 км от завода. На этой площади расположены Лавненское, Туломское, Сайдагубское и Урагубское проявления. Два первых представляют собой 5 участков распространения глин, выявленных на левобережье реки Туломы партией треста «Росгеолнерудразведка». Они характеризуются низким качеством сырья и неблагоприятными горнотехническими условиями эксплуатации. Прогнозные запасы участков варьируют от 160 тыс. до 1,5 млн м³, составляя в общей сложности 3,9 млн м³. В случае вовлечения их в эксплуатацию придется многократно закладывать новые карьеры, что создаст организационные трудности и приведет к нанесению существенного ущерба природе. При этом дефицит сырья, о котором говорилось выше, не будет покрыт полностью. С учетом указанных отрицательных моментов более рациональным представляется освоение одного крупного месторождения с глиной хорошего качества. Прежде всего, речь идет о проявлениях Урагубском-1 и Урагубском-2. Первое из них выделено сотрудником ПО «Аэрогеология» К. С. Лазаревичем в 1978 г. в 3 км к югу от пос. Урагуба. По заключению П. А. Кособоковой (отдел технологии строительных материалов Кольского научного центра РАН), урагубские глины могут быть использованы для производства дренажных труб, лицевого и эффективного кирпича. Несмотря на хорошее качество и большие запасы сырья, проявление, по нашему мнению, не имеет практической ценности. Оно целиком находится в охранной зоне реки Уры, и, кроме того, глины погребены под песками мощностью 4–10 м. Проявление Урагубское-2 установлено и обследовано нами в 1985 г. Оно расположено на правобережье реки Уры, в 6 км к югу от пос. Урагуба, у автодороги, соединяющей этот поселок с шоссе Кола — Печенга. Глины залегают под торфяником мощностью до 1,5 м. Площадь проявления, судя по геоморфологическим признакам, составляет 900 тыс. м², а мощность толщи глин не менее 5–6 м. Достаточно полно глины были обследованы нами в береговых обрывах реки Уры в 0,5–1 км к западу и юго-западу от границы перспективной площади. Они здесь однородные или ленточно-слоистые и умеренно пластичные, а их мощность превышает 10 м. Прогнозные запасы проявления были оценены в 5 млн м³ [25]. Керамические свойства аналогичных глин определялись в проявлении Урагубское-1. По нашей рекомендации проявление Урагубское-2 было исследовано партией стройматериалов Мурманской геологоразведочной экспедиции (МГРЭ). Разведанные запасы составили 6711 тыс. м³ [22]. Освоение Сайдагубского проявления, расположенного недалеко от Урагубского, осложнено вследствие природоохранных ограничений. Поэтому его следует рассматривать лишь как резервный объект.

Добавим несколько слов о прочих проявлениях глин северо-запада Мурманской обл., представляющих собой второй эшелон резервов кирпичного завода. Самым перспективным из этих проявлений является Луостарское, в 1985 г. обнаруженное автором по геолого-

геоморфологическим признакам. Оно расположено восточнее пос. Луостари в непосредственной близости к железной дороге, идущей от поселка Печенга к магистрали Никель — Мурманск. Его площадь около 1 млн м², мощность глин достигает 16 м. При подсчете запасов она сокращена вдвое в связи с пересеченностью рельефа. Глина здесь перекрыта только почвенно-растительным слоем, однородная, пластичная. Керамические свойства не определялись. Что касается остальных проявлений, то крупное и наиболее удаленное от завода Какурыйокское находится не у железной дороги, Титовское расположено значительно севернее шоссе Кола — Печенга, а Шовна — под сельхозугодьями.

Кандагубское проявление, установленное и предварительно изученное геологами Мурманской геологоразведочной экспедиции, характеризуется сложной гидрогеологической обстановкой и невысоким качеством сырья [26]. Расположено оно в 16 км к юго-западу от г. Кандалакша и в 4 км от шоссе. Поисково-оценочные работы, проводившиеся в 1985–1986 гг., остались незавершенными. Соответственно не выяснена и практическая значимость проявления.

Кутсайокское проявление выделено нами по геолого-геоморфологическим признакам в 1984 г. на правом берегу одноименной реки в нижнем ее течении. Оно расположено вдали от крупных населенных пунктов и железной дороги. Поэтому, вероятнее всего, проявление будет осваиваться лишь при условии интенсивного развития горнорудной промышленности юго-запада Мурманской обл. и, прежде всего, вовлечения в эксплуатацию месторождений расположенного поблизости массива Вуорияри.

Проявление Аленкин ручей обнаружено и изучено геологами МГРЭ в 20 км от пос. Умба по дороге Умба — Кандалакша. По заключению территориальной комиссии по запасам Северо-Западного производственно-геологического объединения, строительство завода на базе проявления нерентабельно вследствие неблагоприятных транспортно-экономических условий [27]. Кумское проявление глин установлено и исследовано геологами Южно-Кольской партии ЦККГЭ вблизи пос. Зашеек [28]. Оно расположено на небольшом удалении (50 и 80 км) от станций Кестеньга и Няозеро. Огромные запасы глин позволяют построить на основе проявления крупный комбинат мощностью 200 млн шт. кирпича в год.

Окончательный выбор объекта эксплуатации может быть сделан на основе комплексной геолого-экономической и горнотехнической оценки упоминавшихся месторождений и проявлений глин. Предпочтительным представляется строительство завода вблизи месторождения Урагубское-2, поскольку экономическое развитие Мурманской обл. связано с освоением побережья Мурманска в окрестностях Кольского залива. Судя по результатам наших исследований, нет ни малейших оснований надеяться на выявление в благоприятных транспортно-экономических условиях новых крупных залежей глин на территории западной части Мурманской обл. Здесь могут быть обнаружены лишь весьма незначительные по масштабам залежи. Площади, перспективные для постановки поисковых и разведочных работ на глины, показаны на рис. 6.

Выводы

1. Обилие месторождений торфа в регионе позволяет организовать его добычу для производства, главным образом, гуматов. Гуматы являются стимуляторами роста растений и могут быть использованы также для санации территорий в районах хранения и уничтожения химического оружия, обеззараживания земли от некоторых радионуклидов и очистки сточных вод от тяжелых металлов. Кроме того, гумус способствует сохранению деградирующих почв, выдуваемых ветром или размываемых водой. Гуматы найдут применение не только в России, но и за рубежом. Торфяные залежи необходимо обрабатывать полосами, оставляя между ними достаточно широкие нетронутые целики. Это позволит сохранить болото как элемент ландшафта,

избежать негативных экологических последствий при осушении болот и через некоторое время использовать для переработки растительные остатки, накопившиеся в обработанных полосах.

2. При грамотном маркетинге большие перспективы откроются и перед добычей диатомитов, области применения которого весьма многочисленны и разнообразны. Ресурс уже известных месторождений диатомита может быть значительно увеличен поисковыми работами, поскольку в Кольском регионе благодаря большому количеству выпадающих осадков и малому испарению хорошо развита гидрографическая сеть и по насыщенности озерами на единицу площади речных водосборов регион в 2,5 раза превосходит классическую область озер Карелию.

3. Есть основания ожидать возобновления производства глиняного кирпича в будущем, поскольку глиняный кирпич по многим показателям превосходит ныне применяемый в области силикатный. Но это может произойти только в случае освоения нефтяных и газовых месторождений Баренцево-морского шельфа. Анализ материалов по распространению, запасам и качеству месторождений кирпичных глин показывает, что наиболее рационально строительство кирпичного завода на небольшом удалении от месторождения Урагубское 2 с запасами около 7 млн м³ глин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Растительность и климатохронология голоцена Ловозерской равнины Кольского полуострова (по спорово-пыльцевым диаграммам бугристо топяного болота) / Г. А. Елина, Х. А. Арсланов, В. А. Климанов, Л. И. Усова // Ботан. журн. 1995. Т. 80, № 3. С. 1–16.
2. Ильяшук Б. П., Ильяшук Е. А., Хаммарлунд Д. Изменения климата в предгорьях Хибин, Кольский полуостров, на протяжении голоцена // Бюлл. ком. по изуч. четвертич. периода. 2007. № 67. С. 85–96.
3. Holocene Raised-Beach Ridges and Sea-Ice-Pushed Boulders on the Kola Peninsula: Indicators of Climatic Change / Møller J. J. [et al.] // The Holocene. 2002. Vol. 12, No. 2. P. 169–176.
4. Геологический словарь. М.: Недра, 1978. Т. 2. С. 320–321.
5. Вешняковская Е. Торф как национальная идея // Наука и жизнь. 2011. № 4. С. 4–55.
6. Атлас торфяных ресурсов СССР. М.: ГУГиХ, 1968. 96 с.
7. Новиков С. М., Усова Л. И. Новые данные о площади болот и запасах торфа на территории России // Динамика болотных экосистем северной Евразии в голоцене: материалы междунар. симп. (Петрозаводск, 5–9 октября 1998 г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. С. 49–52.
8. Болота Кольского полуострова / Г. А. Елина [и др.] // Труды Карельского научного центра РАН. 2005. Вып. 8. С. 94–111.
9. Елина Г. А., Лукашов А. Д., Юрковская Т. К. Позднеледниковье и голоцен восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография) // Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 242 с.
10. Комитет промышленного развития, экологии и природопользования Мурманской области // Недропользование-минерально-сырьевой потенциал. URL: <http://nature.gov-murman.ru/mineral/info/>
11. Русская торфяная земля. URL: http://www.ruspeatland.ru/articles_more/12/5
12. Торфяной фонд РСФСР / Гл. упр. Торфяного фонда при Совете Министров РСФСР. М., 1957. 774 с.
13. Евзеров В. Я. Торфяные месторождения Мурманской области // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия: геология. 2012. № 2. С. 153–157.
14. Болота Кольского полуострова / Г. А. Елина [и др.] // Труды Карельского научного центра РАН. 2005. Вып. 8. С. 94–111.
15. Матковский П., Яруллин Р. Кремний в мире человека // The Chemical J. 2011. Июнь-июль С. 36–39.
16. Объяснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Мурманской области масштаба 1:1000000 / Л. С. Романишко [и др.]. М., 1973. 214 с.
17. Богданов В. В. Характер распределения и насыщенность озерами речных бассейнов Мурманского гидрографического района // Изв. ВГО. 1964. Т. 96, вып. 5. С. 423–427.
18. Кордэ Н. В. Биостратиграфия и типология русских сапропелей. М.: Изд. АН СССР, 1960. 220 с.
19. Россолимо Л. Л. Озерное накопление кремния и его типологическое значение. М.: Наука, 1971. 103 с.
20. Евзеров В. Я. Формирование месторождений диатомита на крайнем северо-западе России // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия: геология. 2011. № 2. С. 55–65.
21. Евзеров В. Я. Минералогия рыхлого покрова северо-восточной части Балтийского щита. Мурманск: МГТУ, 2014. 255 с.
22. Лю-ци-цзин А. С. Отчет по анализу сырьевой базы строительных материалов (валунно-гравийно-песчаного и глинистого сырья, строительных и облицовочных камней) Мурманской области по состоянию на 01.01.78 и прогнозированию основных направлений геологоразведочных работ / ФГУ ТФИ (Федеральное Госучреждение «Территориальный фонд информации по природным ресурсам») по Мурманской области. Апатиты, 1978. 168 с. Инв. № 168.
23. Лю-ци-цзин А. С. Отчет о результатах ревизии месторождений общераспространенных полезных ископаемых (песок, гравий, глины кирпичные, строительный камень), проведенной в Мурманской области в 1980–1981 гг. / ФГУ ТФИ (Федеральное госучреждение «Территориальный фонд информации по природным ресурсам») по Мурманской области. Апатиты, 1981. 115 с. № ГР 29-80-305/14. Инв. № 2936.
24. Геологическое доизучение ранее заснятых площадей Кольского полуострова масштаба 1:200 000 / М. В. Минц [и др.]. М.: ВГФ, 1980. Т. 1, кн. 3.
25. Евзеров В. Я. Формирование и размещение месторождений легкоплавких глин северо-восточной части Балтийского щита: препринт науч. докл. Апатиты: КФАН СССР, 1988. 41 с.
26. Меньшутин В. В., Васильев В. П. Отчет о поисках сырья для строительной керамики в южной части Мурманской области в 1983–1985 гг. / ФГУ ТФИ (Федеральное

госучреждение «Территориальный фонд информации по природным ресурсам») по Мурманской области. Апатиты, 1985. 97 с. № ГР 29-83-109/7. Инв. № 3305. 27. *Фоменко И. И., Завьялова Л. Л.* Отчет о результатах поисковых работ на глинистое сырье для строительной керамики, проведенных в центральной и южной частях Мурманской области в 1979–1982 гг. / ФГУ ТФИ (Федеральное госучреждение «Территориальный фонд информации по природным ресурсам») по Мурманской области. Апатиты, 1982. 69 с. № ГР 29-79-53/43. Инв. № 3020. 28. *Клюнин С. Ф., Одинцова А. В., Кособокова П. А.* Кумское месторождение глин — новый источник сырья для производства грубой керамики // Природа и хозяйство Севера. Мурманск: Кн. Изд-во, 1986. Вып. 14. С. 21–25.

Сведения об авторе

Евзеров Владимир Яковлевич — доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН

E-mail: yevzerov@geoksc.apatity.ru

Author Affiliation

Vladimir Ya. Yevzerov — Dr. Sci. (Geology & Mineralogy), Leading Researcher of the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: yevzerov@geoksc.apatity.ru

Библиографическое описание статьи

Евзеров, В. Я. Неиспользованные сырьевые ресурсы Мурманской области / *В. Я. Евзеров* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2018. — № 2 (10). — С. 38–52.

Reference

Yevzerov Vladimir Ya. Unused Raw Material Resources of the Murmansk Region. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2018, vol. 2 (10), pp. 38–52 (In Russ.).

ТЕКТОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗ СКВАЖИН НА ШЕЛЬФЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

В. Л. Ильченко

ФГБУН Геологический институт КНЦ РАН

Аннотация

На основе данных геофизического исследования скважин (ГИС) по 8 скважинам, пройденным на шельфе Баренцева моря (Южно-Баренцевская впадина), проведена проверка механизма тектонического расслоения земной коры в динамическом режиме затухающей колебательной системы, регулярно возбуждаемой лунным приливом. Механизм тектонического расслоения использован для вычисления мощности земной коры по длине конечной моды расслоения (M_k), измеренной на графиках ГИС (кавернометрии и др.). Результаты вычисления глубины залегания границы Мохо (в точках заложения скважин) согласуются с результатами глубинного сейсмологического исследования Южно-Баренцевской впадины, что подтверждает универсальность механизма тектонического расслоения и открывает новые возможности для аналитических исследований с построением моделей тектонического расслоения корово-мантийной оболочки Земли по результатам каротажных работ, проведенных в морских и континентальных скважинах.

Ключевые слова:

механизм тектонического расслоения, геофизическое исследование скважин (ГИС), земная кора, граница Мохо, сейсмические разрезы.

TECTONIC AND STRATIGRAPHIC MODELING OF THE EARTH CRUST BY GEOPHYSICAL EXPLORATION DATA FROM BOREHOLES ON THE BARENTS SEA SHELF

Vadim L. Il'chenko

Geological Institute of the KSC of the RAS

Abstract

Based on the geophysical exploration data from the 8 boreholes traversed on the Barents Sea shelf (South Barents depression), the mechanism of tectonic layering of the Earth's crust as a damping oscillation system, regularly excited by the lunar tide, was verified. The mechanism of tectonic layering is used to calculate the thickness of the earth's crust by the length of the final mode of layering (M_k), measured on the caliper survey graphs. The results of the Moho depths calculatings (at the borehole locations) are consistent with the results of a deep seismic survey of the South Barents depression, which confirms the universality of the mechanism. This universality opens new opportunities for analytical studies with the construction of tectonic layering models of the crust-mantle shell of the Earth from the results of logging studies obtained both from continental and offshore boreholes.

Keywords:

mechanism of tectonic layering, well logging, the Earth crust, Moho boundary, seismic cross-sections.



Введение

Для изучения глубинного строения Земли используются дорогостоящие и трудоемкие методы: проходка параметрических (в том числе сверхглубоких) скважин [1] и сейсмологическое профилирование на суше [2] и морском шельфе (МОГТ, ГСЗ и т. п. [3, 4]). К настоящему времени в мире пройдено совсем не много сверхдлинных профилей глубинного сейсмозондирования, равно как и сверхглубоких скважин, при этом количество рядовых — неглубоких — скважин вряд ли поддается учету и почти любая из них доступна

для проведения комплекса каротажных работ — геофизического исследования скважин (ГИС), причем во многих скважинах такие работы уже проведены. Большинство методов ГИС, так или иначе, отражает динамическое — напряженно-деформированное — состояние в породах околоскважинного пространства, то есть графики ГИС могут служить индикаторами геодинамических условий во вмещающую скважину фрагменте земной коры. Результаты ранее проведенных в этом направлении исследований позволяют с высокой вероятностью делать прогноз динамических условий в породах земной коры на глубину, многократно превышающую глубину забоя исследуемой скважины.

Модель тектонического расслоения земной коры Печенгского блока

Механизм тектонического расслоения земной коры как твердой колебательной системы был предложен в ходе изучения физических свойств ядра Кольской сверхглубокой скважины (СГ-3) при попытке создать тектоностратиграфическую модель земной коры Печенгского блока (Балтийский щит) [5, 6]. Предложенный механизм расслоения основан на предположении, что лунный прилив регулярно превращает оболочку Земли в колебательную систему, затухающую в динамических условиях, которые напоминают условия затухания стоячей волны. В данной ситуации «стоячая волна» затухает в шаговом ритме с установлением на ней множества неподвижных узловых точек: первый узел (кроме пары неподвижных узлов на концах струны — в точках ее крепления) появляется в середине струны (длина струны L равна длине волны λ), разделяя струну пополам, а волну — на две полуволны ($\lambda/2$); затем в середине каждой из этих полуволн возникают новые узлы и т. д. [7], то есть все происходит по закону:

$$\lambda_n = \lambda_0/2^n, \quad (1)$$

где n — номер моды: 0, 1, 2..., все целые числа; λ_n — длина n -й моды (расстояние между соседними узлами); λ_0 — длина струны.

Такой характер затухания аналогичен затуханию стоячей волны в земной коре, где оно также сопровождается развитием системы неподвижных узлов, куда «отжимается» часть напряжений из пород колеблющихся зон пучностей стоячей волны; таким образом, все узлы постепенно превращаются в концентраторы избыточно высоких напряжений [8]. В скважине, в районе этих узлов, наблюдается увеличение диаметра ствола — следствие породных вывалов. В общем система узлов обуславливает развитие тектонических границ. Модельные параметры расслоения земной коры Печенгского блока рассчитаны по формуле

$$M_n = M_0/2^n, \quad (2)$$

где n — номер моды; M_n — длина n -й моды расслоения; $M_0 = 42 \pm 2$ км — мощность земной коры Печенгского блока [9] (см., например, табл. 1). Результаты моделирования вместе с большим количеством подробной сопутствующей информации представлены в работах [5, 6] (и ссылки там).

Таблица 1
Table 1

Параметры модели расслоения земной коры Печенгского блока
Parameters of the model of the crustal stratification of the Pechenga block

Номер моды Mode №	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Длина моды, км Length of the mode, km	42 ± 2	21 ± 1	10,5 ± 0,5	5,25 ± 0,25	2,625 ± 0,125	1,312 ± 0,062	0,656 ± 0,031	0,328 ± 0,015	0,164 ± 0,007	0,082 ± 0,003	0,041 ± 0,0015

Сравнение модели тектонического расслоения земной коры Печенгского блока с кавернограммой Кольской сверхглубокой скважины (СГ-3) [5, 6] показало, что модельные границы совпадают в 74 % случаев с интервалами пород — концентраторов избыточно высоких напряжений (вывалы пород из стенок скважины) по стволу. Подобные условия типичны для тектонических границ и связаны, может быть, с формированием зон аномально высоких пластовых давлений (АВПД), где часто возникают аварийные ситуации (заклинивание бурового инструмента и др.). При анализе модели установлено, что реальные тектонические границы (концентраторы высоких напряжений) в СГ-3 тяготеют к границам «коротких» мод (М7–М9), расположенным, как правило, вблизи границ более «длинных» мод (М2–М5).

Механизм тектонического расслоения позволяет рассчитывать мощность земной коры (глубину залегания границы Мохо) и параметры расслоения от длины конечной моды (M_k) в обратном порядке, по формуле

$$M_0 = M_n \cdot 2^n, (M_n = M_k). \quad (3)$$

Длину M_k (в идеале) можно получить по кривым ГИС (профилеметрия и др.) измерением расстояния между двумя соседними переломными точками на кривой, отражающей динамическое состояние интервала однородных (по структуре и минеральному составу) пород (рис. 1).

Мощность земной коры (глубина залегания границы Мохо), например, вызывает интерес в связи с месторождениями углеводородов. Известно, что преимущественно нефтяные месторождения находятся в местах подъема границы Мохо, то есть с утоненной земной корой, а газовые месторождения преобладают в областях опускания этой границы (с утолщенной корой) [10].

Для выделения «конечных мод» тектонического расслоения с измерением их длины предлагается поэтапный порядок проведения анализа (рис. 1):

1) выбор структурно и литологически однородного участка с вывалами пород, отраженными на графике кавернометрии (КВ) скважины (рис. 1, а);

2) выделение на соответствующем отрезке кривой КВ серии породных вывалов, схожих по характеру убывания (возрастания) по разрезу (рис. 1, б);

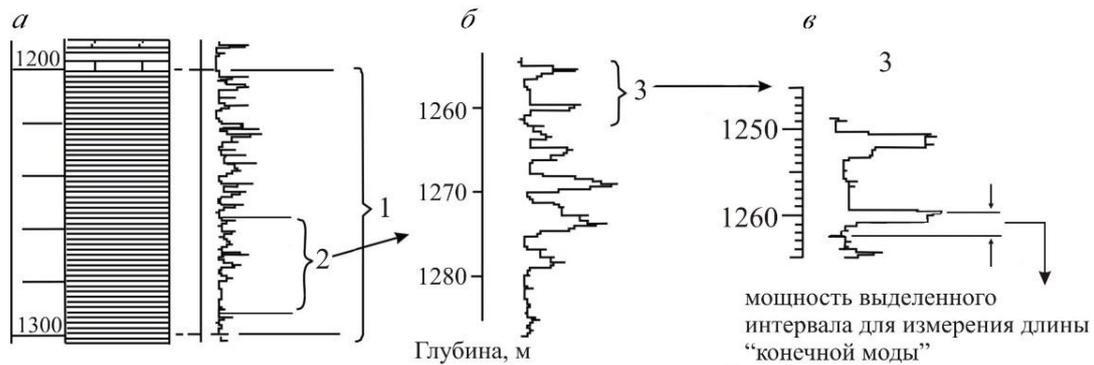
3) выбор в этой серии «минимального» ритма, позволяющего измерить длину «половины волны» — расстояние между парой соседних «переломных» точек на кривой КВ — от начала резкого уменьшения до начала резкого увеличения диаметра скважины. Это расстояние и определяет «минимальную» длину «конечной» моды M_k (рис. 1, в);

4) номер моды M_k определяется сравнением измеренной длины с модельными значениями, приведенными в колонках табл. 2 (например, длина $M_k = 9$ м соответствует моде М12);

5) получение мощности земной коры (значение M_0 в точке заложения скважины) умножением длины измеренной конечной моды M_k на 2^n , где n — ее номер: $M_0 = M_k \cdot 2^n$.

Определяя длину «конечной» моды, следует помнить, что графическая информация (каротажные кривые и КВ в том числе) в оцифрованном виде (с расширением .bmp, .gif, .jpeg) может накапливать дефекты в процессе масштабирования и т. п., снижающие точность вычислений, поэтому в каждом глубинном интервале нужно уточнять масштаб (например, проверять число пикселей на 1 м).

Идеальные условия (как на рис. 1) для измерения M_k встречаются довольно редко, что обусловлено неизбежными искажениями во время вычерчивания графиков и непредсказуемостью пространственных вариаций физических свойств горных пород в земной оболочке. Поэтому гораздо проще представляется посчитать вывалы в более или менее однородном породном интервале стандартной длины (например, 100 м) и разделить эту длину на количество вывалов. Номер измеренной по результатам ГИС моды M_k , как уже говорилось, определяют сравнением ее длины с модельными значениями в столбцах табл. 2.



Масштаб интервала 1200-1300 м: 1 м=1.48 пикселей, длина конечной моды равна 4 пикселя = 2.703 м, что близко к значению элемента расслоения М14 = 2.75 в табл. 2

Рис. 1. Этапы выбора «конечной моды» (а, б) и измерения ее длины (в) — для идеального случая
Fig. 1. Stages of choosing the “final mode” (a, б) and measuring its length (в) — for the ideal case

Таблица 2
Table 2

Длины промежуточных мод тектонического расслоения земной коры М5–М14*
The lengths of intermediate modes of tectonic stratification of the earth's crust М5–М14*

М0, км	М5, м	М6, м	М7, м	М8, м	М9, м	М10, м	М11, м	М12, м	М13, м	М14, м
М0, km	М5, m	М6, m	М7, m	М8, m	М9, m	М10, m	М11, m	М12, m	М13, m	М14, m
32	1000	500	250	125	60,25	30,12	15,06	7,8	3,9	1,95
33	1030	515	257	128,5	64,2	32,19	16,1	8,04	4,02	2,01
34	1060	530	265	132,5	66,25	33,12	16,56	8,28	4,14	2,07
35	1093	546	273	136,6	68,3	34,15	17,08	8,54	4,27	2,13
36	1125	562	281	140,5	70,25	35,12	17,58	8,79	4,39	2,20
37	1156	578	289	144,5	72,25	36,12	18,06	9,03	4,51	2,26
38	1185	592	296	148	74,06	37,03	18,52	9,26	4,63	2,31
39	1219	609	305	152,5	76,19	38,09	19,05	9,52	4,76	2,38
40	1250	625	312	156	78,12	39,06	19,53	9,76	4,88	2,44
41	1281	640	320	160	80,06	40,03	20,01	10,01	5,00	2,50
42	1312	656	328	164	82	41	20,5	10,25	5,125	2,562
43	1344	672	336	168	84	42	21	10,5	5,25	2,62
44	1375	687,5	343,7	171,9	85,9	43	21,5	10,7	5,37	2,69

* Рассчитаны от целых значений М0 в интервале 32–44 км для определения номера (n) конечной моды Мк.

* Calculated from integer values of M0 in the range 32–44 km to determine the number (n) of the finite mode Мк.

Анализ данных профилометрии СГ-3 [9] доказывает возможность расчета в обратном порядке (рис. 2). Прямым подсчетом установлено, что интервал а содержит 12, а интервал б — 24 породных вывала.

Размер Мк получен делением мощности интервала (1 км) на количество вывалов:

- для интервала а Мк равен 83,33(3) м, что, согласно табл. 2, соответствует моде М9;
- для интервала б Мк равен 41,66(6) м, т. е. это мода М10 (табл. 2).

При подстановке этих значений в формулу $M = M_n \cdot 2^n$ получаем мощность $M_0 \approx 42,67$ км (глубина границы Мохо в устье СГ-3). Сравнение динамического разреза СГ-3 с моделью расслоения, рассчитанной от $M_0 \approx 42,67$ км, показало увеличение точности попадания границ модели в интервалы с динамическими проявлениями (вывалами пород) до 96,4 %.

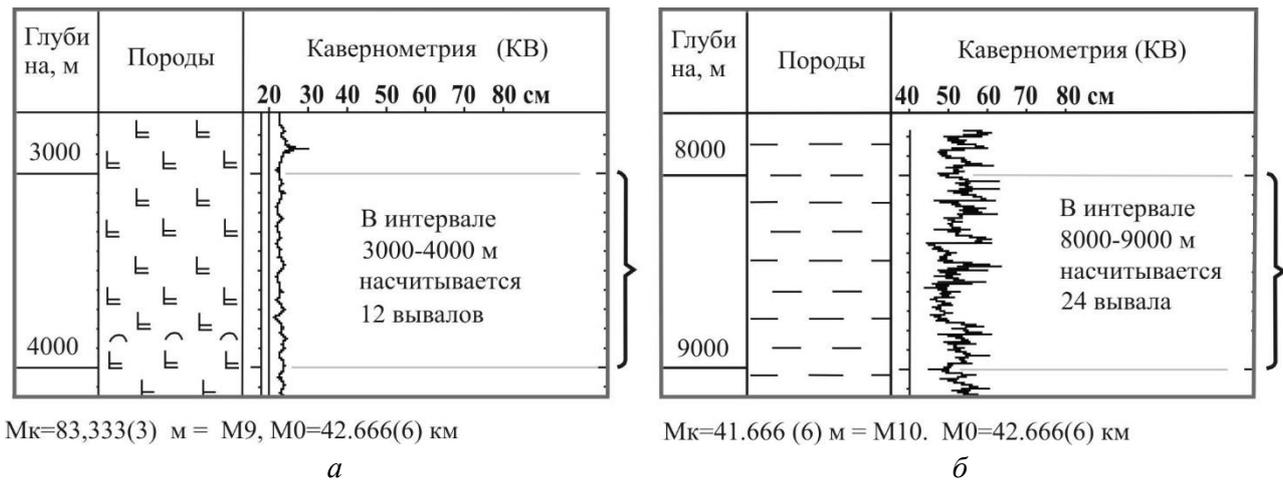


Рис. 2. Анализ фрагментов разреза СГ-3:

a — актинолитизированные диабазы, интервал глубин 3–4 км; *б* — биотит-плагиоклазовые гнейсы, интервал глубин 8–9 км (из [9])

Fig. 2. Analysis of fragments of the SG-3 section:

a — actinolitized diabasites, depth interval 3–4 km; *b* — biotite-plagioclase gneisses, depth interval 8–9 km (from [9])

Проверка механизма тектонического расслоения на материалах ГИС Уральской сверхглубокой скважины (СГ-4) с вычислением мощности земной коры в ее устье показала: $M_0 = 46,7$ км, что почти не отличается от положения границы Мохо в устье СГ-4, полученного сейсмологами: $M_0 \approx 47$ км [11].

Скважины СГ-3 и СГ-4 пройдены в толщах преимущественно древних (докембрийского возраста) метаморфических пород, разрезы которых отличаются ритмичным фрактально-слоистым строением с соответствующим типом тектонического расслоения. Схожая «фракталоподобность» [1] типична для строения осадочных породных толщ фанерозойского платформенного чехла, слоистое строение которых обусловлено самой динамикой процесса осадконакопления. Проверка способа расчета глубин залегания границы Мохо по длине M_k , проведенная на трех поисково-разведочных площадях Калининградской обл. (даже по сводным разрезам) дала вполне удовлетворительные результаты [5].

Строение земной коры Баренцево-Карского региона по результатам сейсмологических измерений и модельная мощность земной коры в Южно-Баренцевской впадине по данным ГИС

Современная изученность глубинного строения земной коры Баренцево-Карского региона (этой крупной потенциально нефтегазонасной провинции) основана, главным образом, на результатах сейсмологических исследований по профилям ГСЗ-82 и МОВ-ОГТ: 1-АР и 2-АР [3, 13, 14 и др.]. Профили 1-АР и 2-АР пройдены по периферии Южно-Баренцевской впадины, которую трассирует лишь профиль ГСЗ-82 (рис. 3).

Эти исследования принесли много новых сведений о строении земной коры данного региона, включая историю его формирования. В контексте настоящей статьи следует обратить внимание на сеймостратиграфию и вариации глубины залегания границы Мохо: ее глубина варьирует в пределах от 30 до 45 км, мощность земной коры сокращается в северном направлении (по профилю 1-АР) [3]. В грабенообразных структурах эта граница поднимается (до 30–37 км), а наименьшие ее глубины зафиксированы в Северо-Баренцевской впадине и наиболее погруженной части Южно-Карской синеклизы [3].

Сравнение с сейсмологическими разрезами (рис. 4) показывает, что вычисленное по длине M_k значение M_0 ближе к варианту *a*. При этом глубина границы Мохо в вариантах *a* и *б* на рис. 4 различается примерно на 2–3 км (решать этот вопрос оставим сейсмологам).

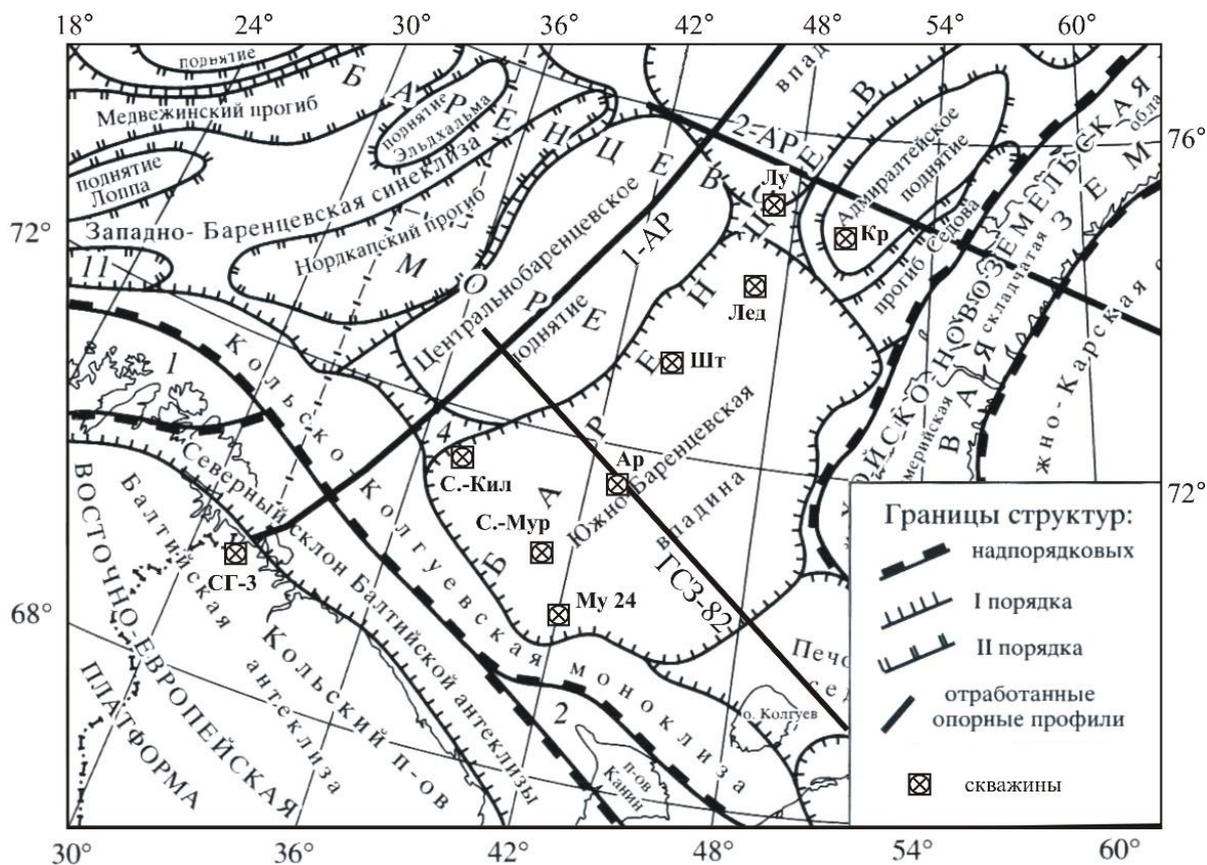


Рис. 3. Положение профилей ГСЗ-82 и MOV-OGT 1-AP, 2-AP в Баренцевом море на тектонической схеме (из [9]) с нанесением мест заложения скважин:

СГ-3 — Кольская сверхглубокая; Ар — Арктическая-1; Кр — Крестовая-1; Лед — Ледовая; Лу — Лудловская-2; Му 24 — Мурманская-24; С.-Кил — Северо-Кильдинская-80; С.-Мур — Северо-Мурманская-1; Шт — Штокмановская-1. Места заложения скважин — из [4]

Fig. 3. The position of the DGS-82 and MOV-OGT 1-AR, 2-AP profiles in the Barents Sea in the tectonic scheme (from [9]) with application of well sites:

SG-3 — the Kola superdeep; Ar — Arctic-1; Kr — Cross-1; Ice — Ice; Lou-Ludlow-2; Mu 24 — Murmanskaya-24; S.-Kil — North-Kildin-80; S.-Moore — North-Murmansk-1; Sht — Shtokmanovskaya-1. The locations of wells are from [4]

Несмотря на низкое качество графиков ГИС по скважине Арктическая-1 (рис. 5), здесь удалось выделить четыре более или менее пригодных для анализа глубинных интервала, из них два интервала по 100 м: 350–450 м (ритмичное переслаивание аргиллитов и песчаников), 1650–1750 м (переслаивание алевролитов и аргиллитов с тонкими слоями известняков в нижней части интервала) и два интервала по 50 м: 1750–1800 м, 1850–1900 м (оба — породные аналоги интервала 1650–1750 м). Два верхних (100-метровых) интервала, несмотря на различие по глубине залегания и литологии, имеют одинаковые по числу вывалоопасных породных интервалов свойства: 23 «пика» на 100 м, что дает $M_k = 100/23 \approx 4,35$ м и соответствует моде расслоения M_{13} (табл. 2). При подстановке этих значений в формулу $M_0 = M_n \cdot 2^n$ получаем: $M_0 = M_{13} \cdot 2^{13} \approx 35,62$ км (глубина границы Мохо в точке заложения скважины Арктическая-1).

Точно такой же результат получен по интервалу 1850–1900 м, с тем отличием, что 23 вывалоопасных участка здесь оказались на вдвое более коротком (50 м) интервале (то есть частота их встречаемости возросла с глубиной в 2 раза по сравнению с двумя 100-метровыми интервалами выше). В интервале 1750–1800 м выявлено 11 вывалов (на 50 м), то есть $M_k = 50/11 \approx 4,54$ м, что также соответствует моде расслоения M_{13} (табл. 2). Подстановкой этих данных в формулу $M_0 = M_n \cdot 2^n$, получаем: $M_0 = 4,54 \cdot 2^{13} \approx 37,24$ км. Среднее арифметическое из полученных значений $M_0 \approx 3,02$ км.

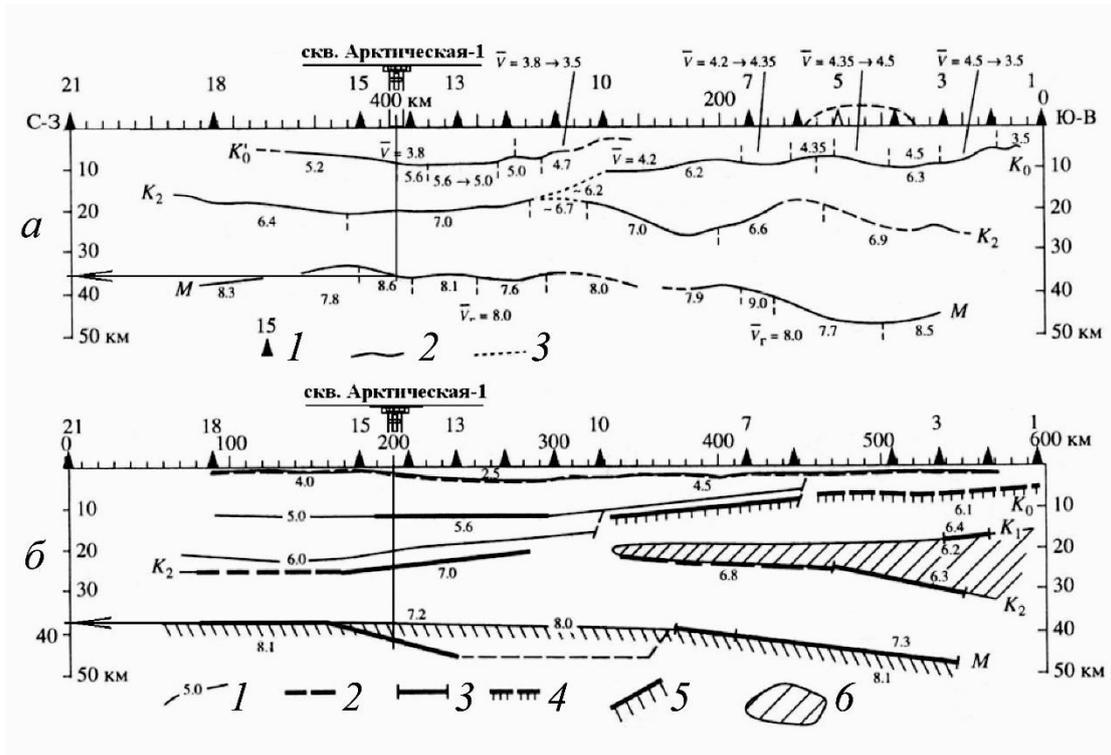


Рис. 4. Сейсмические разрезы земной коры из [7] по профилю ГСЗ-82 с нанесением скв. Арктическая-1: *а* — вариант Ю. В. Тулиной: 1 — донные станции, 2 — преломляющие границы, 3 — участки интерполяции; *б* — вариант авторов статьи [7]: 1 — изолинии скорости (км/с), 2–5 — разные сейсмические границы, в том числе 5 — Мохо, 6 — слой с пониженной скоростью. Стрелка — нормаль к продолжению скв. Арктическая-1 на левую шкалу, показывает расхождение глубины залегания границы Мохо (≈ 2 км) в вариантах *а* и *б*

Fig. 4. Seismic sections of the earth's crust from [7] along the DGS-82 profile with the application of the well Arctic-1: *a* — the version of Yu. V. Tulina: 1 — bottom stations, 2 — refractor boundaries, 3 — interpolation sections; *б* — the version of the authors of the article [7]: 1 — speed isolines (km/s), 2–5 — different seismic boundaries, including 5 — Moho, 6 — layer with reduced speed. The arrow is normal to the continuation of the well Arctic-1 on the left scale, shows the divergence of the depth of the Moho boundary (≈ 2 km) in variants *a* and *б*

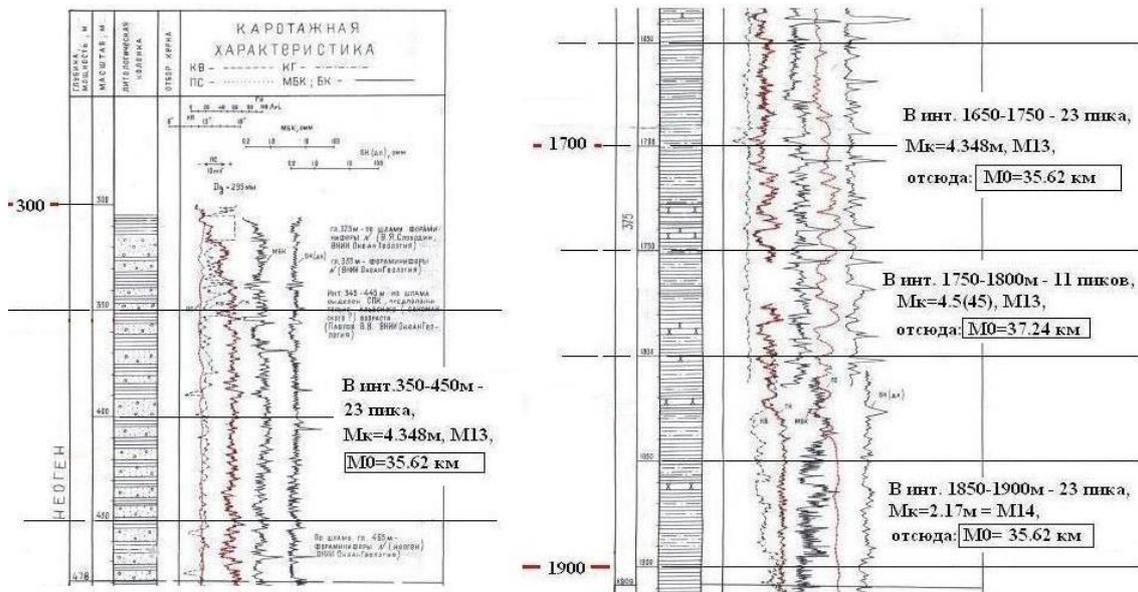


Рис. 5. Результаты ГИС по скважине Арктическая-1 с измерением длины M_k и вычислением глубины залегания границы Мохо (для каждого интервала). Среднее арифметическое $M_0 \approx 36,022$ км (табл. 3)

Fig. 5. GIS results for the well Arctic-1 with the measurement of the M_k length and calculation of the depth of the Moho boundary (for each interval). The arithmetic average of M_0 is about 36,022 km (table 3)

По итогам модельных вычислений (табл. 3) поверхность Мохо, подстилающая земную кору Южно-Баренцевской впадины, имеет волнообразный характер с вариациями амплитуд (глубин) 34–38 км. Вывод не противоречит сейсмологическим данным по профилям AP-1 и AP-2 [3].

Таблица 3
Table 3

Результаты анализа каротажных данных
Results of log analysis

Название скважины Well name	Изученные интервалы, м Intervals studied, m	Число вывалов на интервал The number of rock break-outs on the interval	Интервальная длина M_k , м Interval length M_k , m	Мощность земной коры, км Earth's crust thickness, km	Средняя арифметическая мощность земной коры, км Average arithmetic power of the Earth's crust, km
Арктическая-1 Arkticheskaya-1	350–450	23	4,35	35,62	36,02
	1650–1750	23	4,35	35,62	
	1750–1800	22	2,27	37,24	
	1850–1900	23	2,17	35,62	
Крестовая-1 Krestovaya-1	2000–2500	58	8,62	35,31	35,31
Лудловская-2 Ludlovskaya-2	300–450	18	8,33	34,13	34,87
	2500–2700	23	8,70	35,62	
Мурманская-24 Murmanskaya-24	1200–1300	23	4,35	35,62	35,62
	1600–1700	23	4,35	35,62	
Приразломная-1 (в Печорском море) Prirazlomnaya-1 (Pechora Sea)	2200–2400	24	8,33	34,12	34,12
	2600–2800	24	8,33	34,12	
Северо-Кильдинская-80 Severo-Kil'dinskaya-80	1500–1700	24	8,33	34,12	34,12
Северо-Мурманская-1 Severo-Murmanskaya-1	900–1000	23	4,35	35,62	37,96
	1000–1100	22	4,54	37,24	
	1200–1300	40	2,50	41,00	
	1300–1400	42	2,38	39,00	
	1400–1500	42	2,38	39,00	
	1500–1600	44	2,27	37,27	
	1600–1700	44	2,27	37,27	
1700–1800	44	2,27	37,27		
Штокмановская-1 Shtokmanovskaya-1	600–700	21	4,76	39,01	35,82
	800–900	22	4,54	37,24	
	1000–1100	21	4,76	39,01	
	1100–1200	26	3,85	31,51	
	1200–1300	25	4,00	32,77	
	1400–1500	23	4,35	35,62	
	1700–1800	23	4,35	35,62	

Предложенный способ вычисления мощности земной коры в устьях скважин по длине конечной моды M_k , определенной по каротажным кривым, дает вполне достоверные результаты и, при необходимости, может применяться на практике, то есть модельные средние значения мощности земной коры можно использовать для построения моделей тектонического расслоения как вполне реальные.

По мере проведения эксперимента возникла проблема, связанная с вариациями длин конечных мод (M_k) из различных глубинных интервалов в пределах одной скважины. По-видимому, эти вариации связаны с отклонением скважин от вертикали во время их проходки, что случается довольно часто. Отклонение от вертикали «удлиняет» измеряемую моду: вместо $|M_k|$ получаем $|M_k''| > |M_k|$. Если в скважине велась инклинометрия, проблему можно легко решать «геометрически»: $|M_k| = |M_k''| \cdot \cos \alpha$ (где α — угол отклонения скважины от вертикали), но статистически более простым представляется выбрать минимальное значение M_k из результатов измерений в нескольких разноглубинных интервалах.

Кроме того, подобные вариации в составе «проблемных» интервалов могут быть как-то связаны с физическими свойствами (жесткость, пластичность, упругость) пород. Не исключено, что эту проблему можно будет решить путем введения «поправок» на петрофизические особенности осадочных разностей, которые обнаружатся в результате проведения серии петрофизических исследований с экспериментами на керновом материале из морских скважин (или его «сухопутных» аналогах) в будущем.

Заключение

Проверка механизма тектонического расслоения земной коры как колебательной системы, проведенная на материалах ГИС из 8 скважин, пройденных в породах осадочного чехла на шельфе Южно-Баренцевской впадины, закончилась вполне успешно. Полученные результаты подтверждают универсальность предложенного механизма и открывают новые возможности для построения базовых моделей тектонического расслоения внешней оболочки Земли по результатам каротажных исследований как в континентальных, так и в морских скважинах.

Благодарности

За помощь при выполнении этой работы автор сердечно признателен к. г.-м. н. А. А. Сусловой (кафедра горючих полезных ископаемых, Геологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова).

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданова В. В., Рахимов И. Р. Применение генетического алгоритма для поиска похожих участков на каротажных кривых // Рос. геофиз. журн. 2006. № 43–44. С. 124–128.
2. Результаты сейсмических исследований по опорным профилям AP-1 и AP-2 в Баренцевом и Карском морях / М. Л. Верба [и др.] // Разведка и охрана недр. 2001. № 10. С. 3–7.
3. Ильченко В. Л. Физическое моделирование напряжённого состояния и деформаций в нагружаемой твердой среде, находящейся под воздействием ультразвуковых стоячих волн // Напряженно-деформированное состояние и сейсмичность литосферы: тр. всерос. совещ. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. С. 49–53.
4. Ильченко В. Л. Космические факторы (влияние Луны и Солнца) в геодинамике и возможность их применения в нефтегазовой отрасли (для некоторых видов прогноза) // Новые идеи в геологии нефти и газа-2015: сб. тр. (материалы междунар. науч.-практич. конф.) / отв. ред. А. В. Ступакова. Электрон. дан. М.: Изд-во МГУ, 2015. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). С. 33–36.
5. Ильченко В. Л. Квантование лунной гравитации (энергии приливной волны) в земной оболочке и «квантовая» основа силы упругости // Вестник Кольского научного центра РАН. 2017. № 1 (9). С. 34–42.
6. Кольская сверхглубокая. Научные результаты и опыт исследований. М.: Технонефтегаз, 1998. 260 с.
7. Морозова Е. А., Павленкова Н. И., Хербст Р. Сейсмическая модель земной коры юго-восточной части Баренцева моря и проблемы неоднозначности ее построения // Физика Земли. 1995. № 2. С. 73–83.
8. Пономарев Л. И. Под знаком кванта. 2-е изд., исп. и доп. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 368 с.
9. Сакулина Т. С., Рослов Ю. В., Иванова Н. М. Глубинные сейсмические исследования в Баренцевом и Карском морях // Физика Земли. 2003. № 6. С. 5–20.
10. Сальников А. С. Сейсмогеологическое строение земной коры платформенных и складчатых областей Сибири по данным региональных сейсмических исследований преломлёнными волнами: автореф. дис. ... д. г.-м. н. Новосибирск, 2008. 32 с.
11. Сверхглубокие скважины России и сопредельных регионов. СПб., 1995. 247 с.
12. Строение и динамика литосферы Восточной Европы. Результаты исследований по программе EUROPROBE. М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2006. 736 с.
13. Строение литосферы российской части Баренц-региона / ред. Н. В. Шаров [и др.]. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 318 с.
14. Ступак В. М. Сейсмические изображения глубинного строения Земли. СПб.: Печатный элемент, 2017. 304 с.

Сведения об авторе

Ильченко Вадим Леонидович — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН

E-mail: vadim@geoksc.apatity.ru

Author Affiliation

Vadim L. Il'chenko — PhD (Geology & Mineralogy), Senior Researcher of the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: vadim@geoksc.apatity.ru

Библиографическое описание статьи

Ильченко, В. Л. Тектоностратиграфическое моделирование земной коры по данным геофизического исследования скважин на шельфе Баренцева моря / *В. Л. Ильченко* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2018. — № 2 (10). — С. 53–62.

Reference

Il'chenko Vadim L. Tectonic and Stratigraphic Modeling of the Earth Crust by Geophysical Exploration Data from Boreholes on the Barents Sea Shelf. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2018, vol. 2 (10), pp. 53–62 (In Russ.).

ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОСТЬ — ВАЖНЫЙ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТР ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

А. А. Козырев, В. И. Панин, О. Г. Журавлева
ФГБУН Горный институт КНЦ РАН

Аннотация

Показана взаимосвязь энергонасыщенности геологической среды и сейсмичности в Хибинской горнотехнической системе. Приведены механизмы реализации техногенных землетрясений. Представлено изменение сейсмического режима при разработке удароопасных Хибинских апатит-нефелиновых месторождений. Установлены причины и условия повышения геодинамических рисков при ведении горных работ в геологической среде с низким уровнем природной сейсмичности.

Ключевые слова:

энергонасыщенность геологической среды, горнотехническая система, техногенная сейсмичность, геодинамический риск.

ENERGY SATURATION AS THE IMPORTANT GEOMECHANICAL PARAMETER OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT IN MINING-ENGINEERING SYSTEMS

Anatoliy A. Kozyrev, Victor I. Panin, Olga G. Zhuravleva
Mining Institute of the KSC of the RAS

Abstract

The relationship between the energy saturation of the geological environment and seismicity in the Khibiny mining-engineering system is indicated. The mechanisms of occurrence of mining-induced earthquakes are presented. A change in the seismic regime during the development of the Khibiny apatite-nepheline deposits is described. The causes and conditions are established which increase geodynamic risks in mining operations in the geological environment with low natural seismicity.

Keywords:

energy saturation of geological environment, mining-engineering system, mining-induced seismicity, geodynamic risk.



Введение

Каждая геологическая среда обладает определенным энергетическим потенциалом, уровень которого зависит от параметров напряженного состояния пород в массиве и который определяет все геомеханические трансформации в горнотехнической системе [1–5].

Основным источником этой энергонасыщенности являются латентные напряжения, появившиеся при генезисе пород, палео- и современные тектонические процессы совместно с техногенными нагрузками. Накопившаяся в геологической среде горнотехнических систем энергия определяет основные закономерности эволюции этих систем, наблюдаемыми проявлениями которой являются деформации пород в массиве и сейсмичность. При этом деформации характеризуют процессы концентрации энергии, а сейсмичность — степень ее релаксации, что в совокупности определяет некоторые стороны энергообмена.

К настоящему времени по сейсмичности в горнотехнических системах Хибинского массива накоплено достаточно информации для анализа его энергонасыщенности и ее динамики в процессе развития горных работ.

Ранее в Горном институте КНЦ РАН с помощью аналитических исследований выполнен анализ энергонасыщенности геологической среды Кольского п-ова: построены карты энергонасыщенности с учетом основных тектонических структур, выделены аномально энергонасыщенные районы, удовлетворительно совпадающие с сейсмогенными зонами (рис. 1), в которых произошли крупные техногенные землетрясения [1, 6]. Дело в том, что Хибинский и Ловозерский массивы, являясь наиболее энергонасыщенными районами на территории Кольского п-ова, вмещают в себя мощные горнотехнические системы, в геомеханических пространствах которых всегда имеют место участки с высокими концентрациями напряжений и сильные триггеры в виде технологических взрывов.

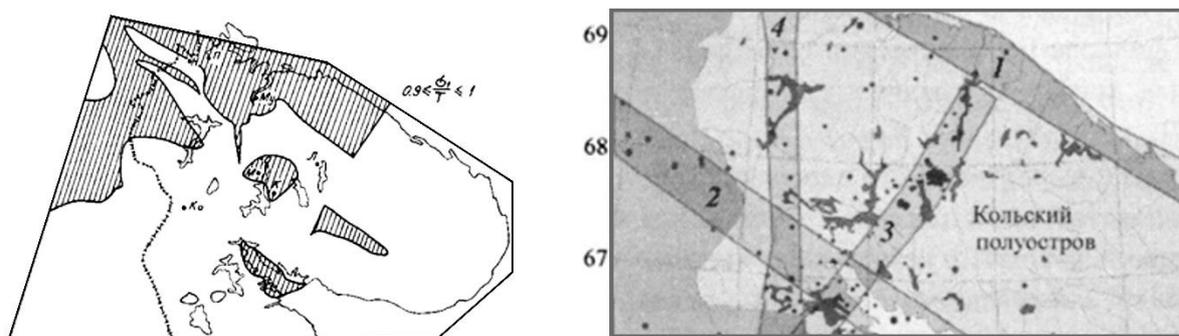


Рис. 1. Зоны повышенной энергонасыщенности в массивах горных пород на территории Кольского п-ова и главные сейсмогенные зоны

Fig. 1. Zones of increased energy saturation in rock massifs of the Kola Peninsula and principal seismic zones

Анализ сейсмичности и энергонасыщенности геологической среды

Энергетический класс наиболее сильных сейсмических событий при отработке апатитовых месторождений Хибинского массива — $K = 9-11$.

Примеры техногенных землетрясений в районе Кировского рудника (Кр):

- в 1989 г. с магнитудой $M \approx 4,2$ [1], что соответствует сейсмической энергии 10^{11} Дж;
- в 2010 г. с магнитудой $M_L = 3,5$ [7] и энергией $9 \cdot 10^9$ Дж (по данным Центра геофизического мониторинга АО «Апатит»).

В Ловозерском массиве на редкометалльном руднике «Умбозеро» в 1999 г. произошло крупное техногенное землетрясение с магнитудой $M = 4,4$ и энергией порядка 10^{12} Дж [1].

Площадь подготовки таких событий обычно имеет линейные размеры от сотен метров до нескольких километров. Соотношение между магнитудой M и энергией E землетрясения может быть выражено с помощью одного из известных эмпирических соотношений, например, по формуле Гутенберга — Рихтера [8]:

$$\lg E(\text{эрг}) = 1,5M + 11,8. \quad (1)$$

Согласно расчетам по формуле (1), для произошедших наиболее сильных сейсмических событий с магнитудой от 3,5 до 4,5 энергетический класс составляет от 9 до 12. Такие события в шахтной сейсмологии оцениваются как весьма опасные по проявлениям разрушений и на поверхности, и в подземных выработках.

Согласно современным представлениям о геологической среде рудник с вмещающим его участком массива является открытой динамической нелинейной природно-технической системой, функционирование которой сопровождается чередованием периодов адаптации и бифуркаций (катастроф).

Прогноз опасности горно-тектонического удара или техногенного землетрясения, то есть катастрофы, сводится к определению пространственно-временных границ опасных участков и уровня их критического состояния. Профилактика этих событий должна обеспечивать либо как

можно больший период адаптационного функционирования системы, либо контролируемый выход ее из критического состояния, то есть своевременную управляемую разрядку накопившихся напряжений (энергии).

Важное методологическое значение при этом имеет «фоновый принцип» или фоновая общесистемная закономерность, которая позволяет при определенных условиях по изучению фона судить о состоянии системы [9]. С этой целью проанализированы сейсмические события энергетического класса $K = 3-8$, зарегистрированные на Кировском и Расвумчоррском рудниках АО «Апатит», при этом наиболее высокий фон установлен на Расвумчоррском руднике [10].

Экспериментальными определениями напряжений в нетронутом массиве пород установлены величины субгоризонтальных напряжений, причем наиболее высокие — на Расвумчоррском руднике (месторождение Апатитовый цирк). На Юкспорском и Кукисвумчоррском месторождениях субгоризонтальные тектонические напряжения во вмещающих породах достигают 60 МПа на отметках до 600 м от поверхности, на Расвумчоррском руднике — 70 МПа. В рудной залежи уровень напряжений несколько ниже (табл. 1). Удельный вес пород принят одинаковым $\gamma = 2,7 \text{ т/м}^3$.

Таблица 1
Table 1

Значения главных напряжений на подземных рудниках АО «Апатит»
Values of principal stresses in underground mines, JSC Apatit

Рудник Mine	Величина напряжений, МПа Stress magnitude, MPa					
	во вмещающих породах in host rocks			в рудном теле in ore body		
	σ_1	σ_2	σ_3	σ_1	σ_2	σ_3
Расвумчоррский Rasvumchorr	70	28	16	50	27	16
Юкспорское крыло Кр Yukspor side, Kirovsky mine	60	24	16	40	22	16
Кукисвумчоррское крыло Кр Kukisvumchorr side, Kirovsky mine	60	24	16	40	22	16

С учетом установленного уровня действующих в массиве напряжений выполнена приближенная оценка величины удельной энергии w в пределах шахтных полей этих рудников:

$$w = \frac{1}{2E} [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\nu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_1\sigma_3 + \sigma_2\sigma_3)], \quad (2)$$

где w — удельная энергия; E — модуль Юнга; ν — коэффициент Пуассона; $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ — главные напряжения.

Результаты расчетов представлены в табл. 2. Значения свойств для Кукисвумчоррской и Юкспорской частей Кировского рудника приняты одинаковыми. Величина модуля Юнга принята равной $E = 5 \cdot 10^4$ МПа, коэффициента Пуассона (ν) — 0,25. В табл. 3 приведены суммарные объемы вмещающих пород и рудного тела, используемые в дальнейших расчетах.

Запасенная потенциальная энергия пропорциональна рассматриваемому объему выемки горной массы:

$$W = wV. \quad (3)$$

Результаты расчетов потенциальной энергии в пределах шахтных полей представлены на рис. 2.

Таблица 2

Table 2

Удельная энергия деформирования вмещающих пород ($w_{\text{пор}}$) и рудного тела ($w_{\text{руд. тела}}$)
Specific energy of deformation of host rocks $w_{\text{host rocks}}$ and ore body $w_{\text{ore body}}$

Рудник Mine	$w_{\text{пор}}$ (МДж/м ³) $w_{\text{host rocks}}$ (MJ/m ³)	$w_{\text{руд. тела}}$ (МДж/м ³) $w_{\text{ore body}}$ (MJ/m ³)
Расвумчоррский Rasvumchorr	0,042	0,022
Кировский Kirovsky	0,030	0,014

Таблица 3

Table 3

Суммарный объем (V) вмещающих пород и рудного тела
Total volume (V) of host rocks and ore body

Рудник Mine	Расвумчоррский Rasvumchorr	Юкспорское крыло Кр Yukspor side, Kirovsky mine	Кукисвумчоррское крыло Кр Kukisvumchorr side, Kirovsky mine
Объем (V , м ³) Volume (V , m ³)	$8,64 \cdot 10^8$	$6,30 \cdot 10^8$	$7,16 \cdot 10^8$

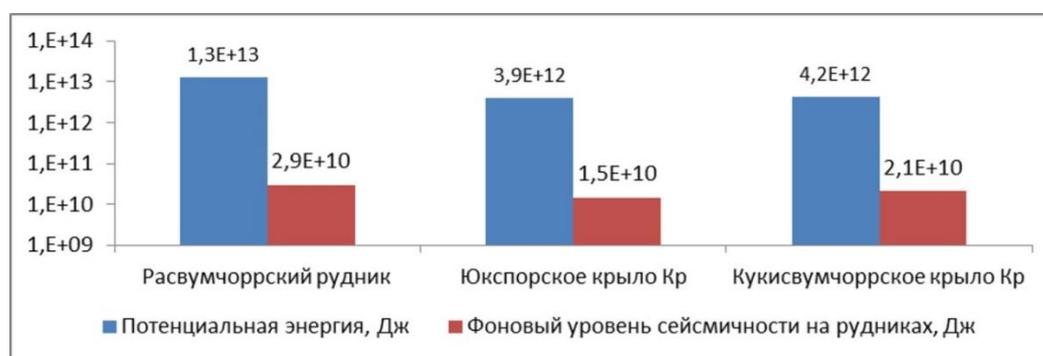


Рис. 2. Потенциальная энергия в пределах шахтных полей и фоновый уровень сейсмичности на рудниках

Fig. 2. Potential energy within mine fields and background level of seismicity in mines

Фоновый уровень сейсмичности на рудниках определен с учетом сроков их работы (с 1929 г. — Кукисвумчоррское крыло Кр, с 1954 г. — Юкспорское крыло Кр и Расвумчоррский рудник).

Соотношение выделившейся сейсмической и потенциальной энергии в пределах рудных полей апатитовых рудников составляет порядка 1 %, что удовлетворительно согласуется с данными об излучаемой энергии при взрыве в твердой породе [11].

Удельная энергия пропорциональна квадрату действующих напряжений (см. формулу 2).

В рудном теле месторождений предел прочности пород при одноосном сжатии составляет величину $[\sigma_c] = 160$ МПа, следовательно, критическая удельная энергия для них — $w^* = 0,256$ МДж/м³. Значения удельной энергии деформирования в рудных телах на порядок ниже критической удельной энергии и не превышают 0,022 МДж/м³ (табл. 2). Аналогично и для вмещающих пород: критическая удельная энергия составляет $w^* = 0,4$ МДж/м³, тогда как значение удельной энергии деформирования не превышает 0,042 МДж/м³ (табл. 2), то есть также на порядок ниже критической.

Как установлено ранее, критические значения напряжений, при которых может произойти разрушение, примерно в 3 раза превышают фоновые напряжения в массиве горных пород, то есть критическая удельная энергия в высоконапряженном участке примерно в 10 раз превышает удельную энергию деформирования. Таким образом, при отсутствии техногенной нагрузки и соответствующей концентрации напряжений в рудах и породах накоплено недостаточно энергии для перехода массива в неустойчивое состояние в виде реализации катастрофических сейсмических событий. Отметим, что если для рудника в целом опасным является событие энергетического класса 9–12, то для локальных участков опасными являются сейсмические события с энергией класса 6–8.

В качестве иллюстрации изменения геодинамического состояния массива в процессе ведения горных работ рассмотрена сейсмическая активность на Кировском руднике, обрабатывающем Кукисвумчорское и Юкспорское месторождения, разделенные Саамским разломом. На графиках (рис. 3, 4) видно, что за последние 10 лет уровень сейсмической активности в пределах обрабатываемых месторождений значительно изменился.

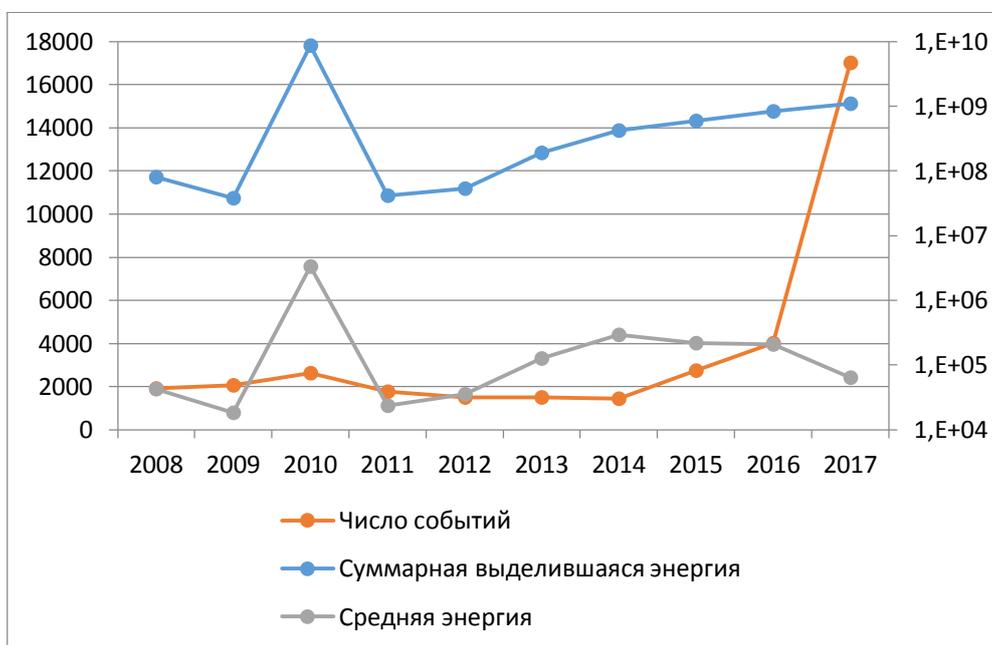


Рис. 3. Сейсмическая активность Кукисвумчорского крыла Кр

Fig. 3. Seismic activity of the Kukisvumchorr side, Kirovsky mine

На Кукисвумчорском крыле Кр (рис. 3) в 2010 г. произошло техногенное землетрясение, что отражается в изменении показателей сейсмического режима. Начиная с 2013 г. наблюдается ежегодный рост суммарной выделившейся энергии, причем в 2017 г. наблюдается значительное увеличение числа слабых сейсмических событий (происходило формирование трещины отрыва в консоли необрушенных пород висячего бока), за счет чего уменьшился показатель средней выделившейся энергии.

На Юкспорском крыле Кр (рис. 4) с 2014 г. наблюдается рост уровня сейсмической активности в связи с тем, что отбойка стыковочной секции спровоцировала лавинообразную стадию прорастания магистральной трещины в основании консольного зависания.

В течение 2017 г. на Кукисвумчорском крыле Кр зарегистрировано 10 сейсмических событий энергетического класса $K = 7$ и 107 сейсмических событий энергетического класса $K = 6$. На Юкспорском крыле — 6 событий энергетического класса $K = 7$ и 380 событий энергетического класса $K = 6$.

Также необходимо отметить, что если в районе Саамского разлома ранее практически не регистрировались сильные сейсмические события, то с приближением горных работ активность разлома заметно возросла: стали происходить сейсмические события энергетического класса $K = 7$ (рис. 5).

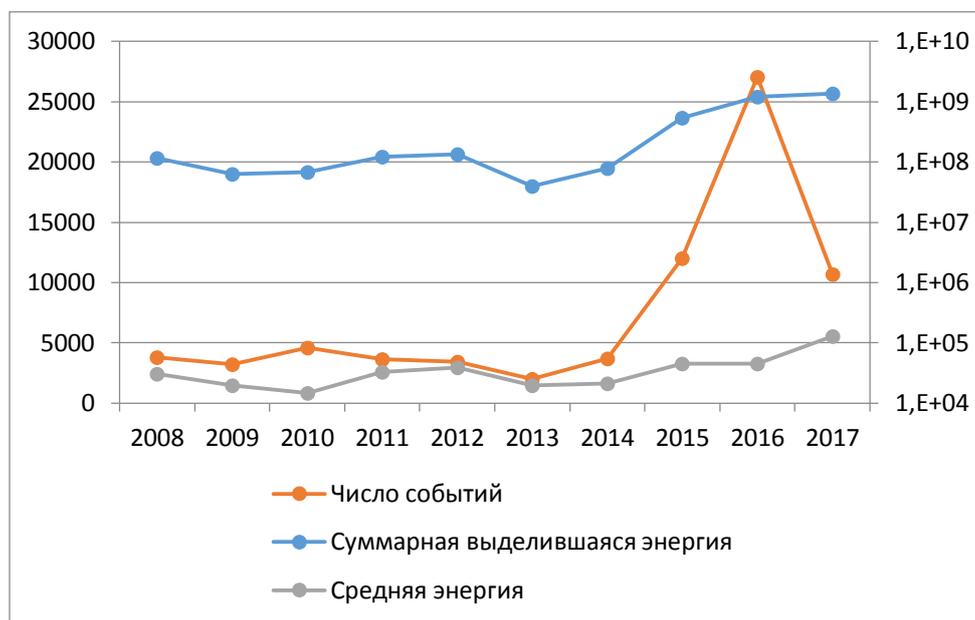


Рис. 4. Сейсмическая активность Юкспорского крыла Кр
Fig. 4. Seismic activity of the Yukspor side, Kirovsky mine

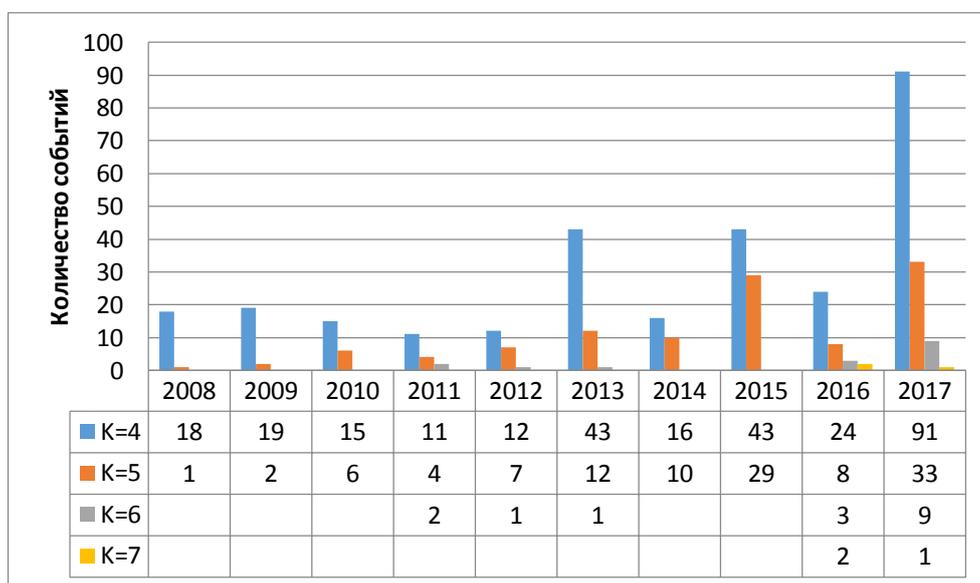


Рис. 5. Распределение по энергетическим классам сейсмических событий, зарегистрированных в районе Саамского разлома (2008–2017 гг.)

Fig. 5. Distribution on energy classes of seismic events registered at the Saamsky fault area (2008–2017)

Заклучение

Таким образом, несмотря на оценку современной сейсмичности на территории Мурманской обл. в целом как на стабильно невысокую [11], геодинамический риск при разработке удароопасных Хибинских и Ловозерских месторождений может быть значительным, что существенно влияет на безопасность горных работ и это подтверждается соответствующей практикой.

При отсутствии техногенной нагрузки и соответствующей концентрации напряжений в рудах и породах накопленной энергии недостаточно, чтобы происходил переход массива в неустойчивое состояние и реализовались катастрофические сейсмические события. Интенсивное ведение горных работ сопровождается локальными концентрациями напряжений, что приводит к изменению геомеханического состояния массива. При достижении критических значений этих параметров реализуются катастрофические сейсмические события, опасные как для рудника в целом, так и для локальных участков.

Проведенные исследования показали, что энергонасыщенность геологической среды является важным фактором, который определяет геомеханическую ситуацию в горнотехнической системе, а соответственно, и безопасность горных работ.

Отражения геодинамических процессов в геологической среде горнотехнических систем проявляются в параметрах деформирования и сейсмичности. При этом доля регистрируемой сейсмической энергии мала, так как большая ее часть идет на деформирование и разрушение горных пород в массиве, выделение тепла и др. Использование энергетических параметров геологической среды может существенно повысить прогностические возможности соответствующих наблюдений, для чего целесообразно продолжить исследования по энергообмену в геологической среде горнотехнических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сейсмичность при горных работах / А. А. Козырев [и др.]. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 325 с.
2. Кропоткин П. Н., Поляк Б. Г. Энергетический баланс Земли // Земная кора сейсмоопасных зон. Верхняя мантия. М.: Наука, 1973. № 11. С. 7–24.
3. Петухов И. М., Линьков А. М. Механика горных ударов и выбросов. М.: Недра, 1983. 280 с.
4. Петухов И. М., Лодус Е. В. К балансу энергии при горно-тектонических явлениях // Свойства горного массива и управление его состоянием. 1991. С.114–119. (Тр. ВНИМИ).
5. Пономарев В. С. Энергонасыщенность геологической среды. М.: Наука. 2008. 380 с.
6. Современная сейсмичность на территории Мурманской области и ее проявление в горнопромышленных зонах / Ю. А. Виноградов [и др.] // ФТПРПИ. 2016. № 1. С. 62–70.
7. Сейсмичность Кольского полуострова по инструментальным данным / С. В. Баранов [и др.] // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы 6-й Междунар. сейсмол. шк. 2011. С. 47–51.
8. Соболев Г. А. Основы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1993. 344 с.
9. Спивак А. А. Динамические процессы в земной коре // Геофизика межгеосферных взаимодействий. М.: ГЕОС, 2008.
10. О взаимосвязи энергонасыщенности геологической среды и сейсмичности в горнотехнических системах (на примере Хибинских апатитовых рудников) / А. А. Козырев [и др.] // Триггерные эффекты в геосистемах: материалы докл. IV Всерос. конф. с междунар. участием, г. Москва, 6–9 июня 2017 г. М.: ГЕОС, 2017. С. 303–310.
11. Адушкин В. В. Сейсмичность взрывных работ на территории европейской части России // Физика Земли. 2013. № 2. С. 110–130.

Сведения об авторах

Козырев Анатолий Александрович — доктор технических наук, профессор, заместитель директора Горного института КНЦ РАН

E-mail: kozar@goi.kolasc.net.ru

Панин Виктор Иванович — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Горного института КНЦ РАН

E-mail: panin@goi.kolasc.net.ru

Журавлева Ольга Геннадьевна — кандидат технических наук, научный сотрудник Горного института КНЦ РАН

E-mail: ZhuravlevaOG@goi.kolasc.net.ru

Author Affiliation

Anatoliy A. Kozyrev — Dr. Sci. (Engineering), Professor, Deputy Director of the Mining Institute of the KSC of the RAS

E-mail: kozar@goi.kolasc.net.ru

Victor I. Panin — PhD (Engineering), Leading Researcher of the Mining Institute of KSC of the RAS

E-mail: panin@goi.kolasc.net.ru

Olga G. Zhuravleva — PhD (Engineering), Researcher of the Mining Institute of the KSC of the RAS

E-mail: ZhuravlevaOG@goi.kolasc.net.ru

Библиографическое описание статьи

Козырев, А. А. Энергонасыщенность — важный геомеханический параметр геологической среды в горнотехнических системах / *А. А. Козырев, В. И. Панин, О. Г. Журавлева* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2018. — № 2 (10). — С. 63–70.

Reference

Kozyrev Anatoliy A., Panin Victor I., Zhuravleva Olga G. Energy Saturation as the Important Geomechanical Parameter of Geological Environment in Mining-Engineering Systems. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2018, vol. 2 (10), pp. 63–70 (In Russ.).

Sm-Nd ИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАННЕДОКЕМБРИЙСКИХ ПОРОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КОЛЬСКОГО РЕГИОНА: НОВЫЕ ДАННЫЕ*

В. И. Пожиленко, П. А. Серов

ФГБУН Геологический институт КНЦ РАН

Аннотация

Приводятся результаты Sm-Nd анализа мезонеоархейских и палеопротерозойских метаморфических и интрузивных пород ряда структур центральной части Кольского региона: а) Оленегорского блока Кольско-Норвежского террейна; б) Затуломского блока террейна Инари; в) Нотозёрского и Нявкинского блоков и Ёнского сегмента Беломорского составного террейна; г) Приимандровского тектонического меланжа, расположенного в пограничной зоне между Кольским и Беломорским составными террейнами.

Ключевые слова:

Sm-Nd модельный возраст, архей, палеопротерозой, террейн, Кольский регион.

Sm-Nd ISOTOPE STUDIES OF EARLY PRECAMBRIAN ROCKS OF THE CENTRAL PART OF THE KOLA REGION: NEW DATA

V. I. Pozhilenko, P. A. Serov

Geological Institute of the KSC of the RAS

Abstract

In the paper, the results of Sm-Nd analysis of Mesoarchean, Neoarchean and Paleoproterozoic metamorphic and intrusive rocks of several structures of the central part of the Kola region are presented: a) Olenegorsk block of the Kola-Norwegian terrane; b) Zatuloma block of the Inari terrane; c) Notozero and Nyavka blocks and Ena segment of the Belomorian composite terrane; d) Priimandrovsy tectonic mélangé, located in the border zone between the Kola and Belomorian composite terranes.

Keywords:

Sm-Nd model age, Archaean, Palaeoproterozoic, terrane, Kola region.



Введение

Начиная с 2000 г. в лаборатории геохронологии и изотопной геохимии Геологического института КНЦ РАН стали проводиться планомерные Sm-Nd изотопные исследования, что привело к накоплению большого объема Sm-Nd изотопных данных по метаморфическим и интрузивным породам раннего докембрия Кольского региона. Эти исследования преследовали следующие цели:

1) выявление в кольском архее мезо-, палео- и эоархейских пород; 2) определение объема архейского и палеопротерозойского ювенильного материала в земной коре региона; 3) установление особенностей развития структур региона.

Известно, что эффективным инструментом оценки возраста земной коры является Sm-Nd изотопный метод, позволяющий на основе Sm-Nd модельных возрастов пород в сочетании с U-Pb-датированием циркона определить возраст корообразующих событий [1–2]. Первые результаты применения этого методического подхода сотрудниками Дублинского университетского колледжа в содружестве с учеными ГИ КНЦ РАН внесли заметные коррективы в представления о времени образования древнейших ТТГ комплексов основания кольского докембрия и залегающих на них супракrustальных комплексах архея и палеопротерозоя [3–6, и др.].

* Исследование выполнено в рамках тем НИР ГИ КНЦ РАН № 0231–2015–0004 и 0231–2015–0005.

В работе [7] выборочно были рассмотрены в кратком и обобщенном виде ранее опубликованные результаты Sm-Nd изотопных исследований раннедокембрийских пород Кольского региона и их интерпретация по литературным источникам. Кроме того, была приведена и рассмотрена часть неопубликованных Sm-Nd-данных (с сопутствующей интерпретацией), полученных в лаборатории геохронологии и изотопной геохимии ГИ КНЦ РАН, по мезо-неоархейским и палеопротерозойским кристаллическим породам ряда структур Кольского региона: Терского, Стрельнинского и Кейвского террейнов, Кольско-Норвежского и Мурманского составных террейнов и Имандра-Варзугской зоны палеопротерозойского рифта. Основные выводы приводятся ниже.

Значения Sm-Nd модельного возраста наиболее древних пород раннего докембрия Кольского региона в большинстве своем не превышают 3,1 млрд лет. Это означает, что палеоархейские и эоархейские образования в скольких-нибудь значимых объемах либо не обнажены на современной эрозионной поверхности и могут залегать на более глубинных уровнях земной коры, либо вообще отсутствуют на изученных территориях. И только Sm-Nd модельные возрасты метапелитов Кейвского террейна 3,0–3,5 млрд лет свидетельствуют о значительном вкладе привнесенного вещества из мезопалеоархейских источников.

Довольно часто отмечается большой разрыв между Sm-Nd модельными возрастными (t_{DM}) и U-Pb-возрастами неоархейских (до 200 млн лет) и палеопротерозойских (до 500 млн лет) интрузивных пород. В первом случае это свидетельствует об отсутствии или незначительном вкладе в эти породы материала из палеоархейских и тем более эоархейских источников, а во втором — о значительном вкладе в палеопротерозойские породы вещества из архейского фундамента.

Согласно приведенным в статье [7] Sm-Nd изотопным данным и U-Pb возрасту циркона, породы кондалитового комплекса Лапландского и Умбинского гранулитовых террейнов, сергозерской и частично песчаноозерской толщ и комплекса основания (здесь и далее все названия местных стратиграфических подразделений приводятся в соответствии с [8–9]) Терского террейна, а также каскамской и тальинской толщ террейна Инари имеют палеопротерозойский Sm-Nd модельный возраст и представляют собой продукты новообразованной палеопротерозойской ювенильной коры.

В предлагаемой работе приводятся новые данные Sm-Nd изотопных исследований раннедокембрийских интрузивных и метаморфических пород (табл. 1–3) ряда тектонических структур центральной части Кольского региона (рис. 1–5) и наиболее вероятная интерпретация этих данных.

Методика исследований

Для химического разложения проб брали навеску породы 50–100 мг, к которой добавлялось соответствующее количество раствора смешанного трассера ^{149}Sm – ^{150}Nd . Затем навеску обрабатывали концентрированной плавиковой кислотой (5–10 мл) и выдерживали 1,5–2 часа при комнатной температуре. Далее навеску помещали в тefлоновый вкладыш автоклава и проводили разложение в сушильном шкафу при температуре 170 °С в течение нескольких часов. После разложения выпаривали досуха HF и образовавшиеся фториды переводили в хлориды путем упаривания образца 2–3 раза в 4,5–6N HCl. Сухой остаток растворяли в 1 мл 2,3N HCl и загружали на первую хроматографическую колонку с катионитом Dowex 50W-8 (200–400 меш). Эта колонка используется для выделения суммы РЗЭ с применением ступенчатого элюирования 2,3 и 4,5N HCl. Выделенную фракцию РЗЭ выпаривали досуха, растворяли в 0,1N HCl и загружали на вторую колонку с ионитом HDEHP на твердом носителе KEL-F. Отобранные фракции Sm и Nd выпаривали, после чего они были готовы для последующего масс-спектрометрического анализа.

Среднее значение отношения $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ в стандарте LaJolla за период измерений составило $0,512078 \pm 5$ ($N = 11$), при этом величина ошибки не превышала $\pm 0,003$ %. Ошибка в $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ отношениях составляет 0,2 % (2σ) — среднее значение из 7 измерений в стандарте BCR-1 [10]. Погрешность измерения изотопного состава Nd в индивидуальном анализе — до 0,013 %. Холостое внутрилабораторное загрязнение по Nd равно 0,3 нг, по Sm — 0,06 нг. Точность определения концентраций Sm и Nd $\pm 0,5$ %. Изотопные отношения были нормализованы по отношению $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$, а затем пересчитаны на отношение $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ в стандарте LaJolla = $0,511858 \pm 7$ [11]. При расчете величин $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ и модельных возрастов $T_{(\text{DM})}$ использованы современные значения CHUR по [12] ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,512630$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,1960$) и DM по [13] ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,513151$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,2136$).

Материалы

Sm и Nd изотопный анализ был выполнен для широкого спектра кристаллических (метаморфических и интрузивных) пород разных структур центральной части Кольского региона:

- Оленегорского блока Кольско-Норвежского террейна;
- Затуломского блока террейна Инари;
- Нотозёрского и Нявкинского блоков и Ёнского сегмента Беломорского составного террейна;
- Приимандровского (района) тектонического меланжа палеопротерозойских и неоархейских структур, расположенных в пограничной зоне между Беломорским и Кольским составными террейнами (рис. 1).

Всего проанализировано 89 проб (с учетом дубликатов) (табл. 1–3 со сквозными порядковыми номерами). Расположение точек отбора проанализированных проб отражено на рис. 2–4.

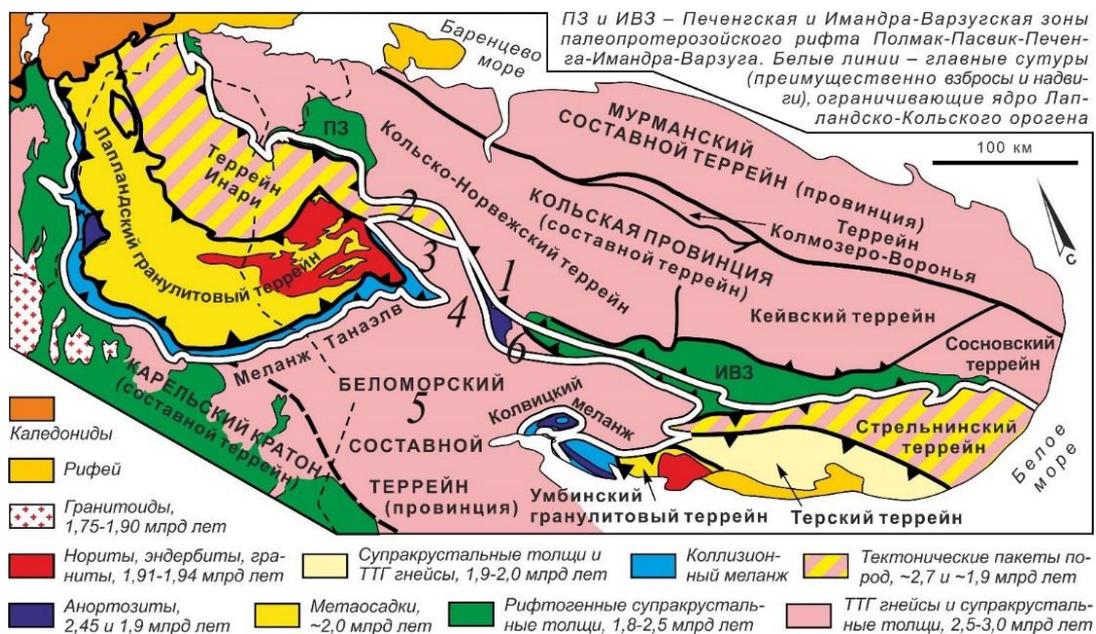


Рис. 1. Положение районов отбора проб на схеме тектонического районирования северо-восточной части Балтийского щита по В. В. Балаганскому [14] с учетом данных по проекту FIRE 2001–2005 [15].

Цифры на схеме соответствуют районам отбора проб:

- Оленегорский блок Кольско-Норвежского террейна;
- Затуломский блок террейна Инари;
- Нотозёрский блок Беломорского составного террейна;
- Нявкинский блок Беломорского составного террейна;
- Ёнский сегмент Беломорского составного террейна;
- Приимандровский район (тектонический меланж)

Fig. 1. Sample areas on the scheme of tectonic zoning of the north-eastern part of the Baltic Shield (By Viktor V. Balagansky [14] with the project data FIRE 2001–2005 [15]). Sample areas:

- Olenegorsk block of the Kola-Norway terrane;
- Zatuloma block of the Inary terrane;
- Notozero block of the Belomorsky terrane;
- Nyavka block of the Belomorsky terrane;
- Ena segment of the Belomorsky terrane;
- Imandra region (tectonic melange)

Результаты**Оленегорский блок Кольско-Норвежского составного террейна**

Проанализировано 11 проб (в том числе 3 дубликата) (рис. 2, табл. 1). Sm-Nd модельный возраст пород варьирует от 2643 до 3209 млн лет при положительных значениях $\epsilon_{Nd}(T)$ от +0,6 до +4,6. Для кианит-гранат-биотитовых гнейсов волшпахкской толщи нестратифицированного супракрустального комплекса (табл. 1, № 1–2) района оз. В. Волчье получен Sm-Nd модельный возраст 2906 млн лет и $\epsilon_{Nd}(T)$ +4,6. Для циркона в гнейсах получен U-Pb-возраст 2800–2830 млн лет (определение Т. В. Каулиной). Гнейсы секутся деформированными в складки пегматоидными плагиогранитами (табл. 1, № 3–4), Sm-Nd модельный возраст которых составил 2643 млн лет при ϵ_{Nd} , равном +1,6. Предварительный U-Pb-возраст плагиогранитов — 2597 ± 6 млн лет (определение Т. В. Каулиной).

Таблица 1

Table 1

Sm-Nd изотопные данные для пород центральной части Кольского региона (образцы В. И. Пожиленко)
Sm-Nd isotopic data for Kola Region rocks (samples from Vladimir I. Pozhilenko)

№ п/п	Номер образца Sample	Порода Rock type	Sm, ppm	Nd, ppm	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$T_{(DM)}$, млн лет $T_{(DM)}$, mln. year	$\epsilon_{Nd}(T)$ (T , млн лет) $\epsilon_{Nd}(T)$ (T , mln. year)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Оленегорский блок Кольско-Норвежского террейна Olenegorsk block of the Kola-Norway terrane								
1	914-6-1	Ки-Гр-Би гнейс Ky-Grt-Bt gneiss	2,31	13,62	0,1024	$0,511116 \pm 30$	2773	+4,6 (2830)
2	914-6-1*	Ки-Гр-Би гнейс Ky-Grt-Bt gneiss	2,35	14,11	0,1005	0,510981	2906	+2,6 (2830)
3	914-6-2	Плагиогранит Plagiogranite	1,150	6,44	0,1080	$0,511310 \pm 19$	2643	+1,6 (2420)
4	914-6-2*	Плагиогранит Plagiogranite	1,070	5,99	0,1080	$0,511310 \pm 19$	2643	+1,6 (2420)
5	KG-96-1	Лептит Leptite	1,816	10,56	0,1040	$0,511017 \pm 19$	2949	+1,0 (2740)
6	KG-96-8	Долерит Dolerite	3,17	16,53	0,1159	$0,5112621 \pm 4$	2928	+1,6 (2740)
7	KG-98-2	Железистый кварцит Fe-quartzite	0,241	1,132	0,1287	$0,511444 \pm 17$	3044	+0,6 (2740)
8	KG-96-3	Пл-Микр пегматит Pl-Mc pegmatite	2,44	8,20	0,1796	$0,512464 \pm 24$	3059	—
9	БМ-96-4	Амфиболит Amphibolite	2,40	7,93	0,1826	$0,512478 \pm 23$	3285	—
10	П-96-1	Тоналитогнейс Tonalitic gneiss	2,65	12,83	0,1250	$0,511272 \pm 33$	3209	-1,5 (2740)
11	П-96-1*	Тоналитогнейс Tonalitic gneiss	2,62	12,96	0,1222	0,511326	3023	+0,6 (2740)
Затуломский блок Беломорского террейна Zatuloma block of the Inary terrane								
12	1465	Би-Гр-Амф гнейс Bi-Grt-Amp gneisses	4,46	26,9	0,1003	$0,5089786 \pm 5$	5659?	—
13	1465*	Би-Гр-Амф гнейс Bi-Grt-Amp gneisses	4,12	26,0	0,0958	0,510983	2789	+3,4 (2750)
14	1356	Амфиболит Amphibolite	1,023	4,77	0,1297	$0,511898 \pm 41$	2267	+2,6 (1980)
15	1354	Гр-амфиболит Grt-amphibolite	7,64	45,6	0,1014	$0,511271 \pm 29$	2541	-2,5 (1980)
16	1335	Амфиболит Amphibolite	2,71	9,23	0,1776	$0,512601 \pm 28$	2319	—

Окончание таблицы 1
Table 1 (Continued)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нотозёрский блок Беломорского террейна Notozero block of the Belomorian terrane								
17	1167	Тоналитогнейс Tonalitic gneiss	5,00	35,1	0,0860	0,510723 ± 13	2883	+1,8 (2750 ^{2*})
18	1401	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	3,28	21,8	0,0908	0,510684 ± 16	3042	-0,7 (2750 ^{2*})
19	1321	Би-Мус гнейс Bt-Ms gneiss	3,59	20,3	0,1067	0,511057 ± 11	2967	+0,9 (2750 ^{2*})
20	1321*	Би-Мус гнейс Bt-Ms gneiss	4,01	22,5	0,1080	0,511064	2993	+0,6 (2750 ^{2*})
21	1378	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	11,63	52,1	0,1349	0,511347 ± 32	3466	-3,4 (2750 ^{2*})
22	1378*	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	1,917	10,82	0,1070	0,511116	2892	+2,0 (2750 ^{2*})
23	1378*	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	1,914	10,66	0,1085	0,511177	2846	+2,6 (2750 ^{2*})
24	1379	Амфиболит Amphibolite	5,57	28,6	0,1178	0,511229 ± 6	3038	+0,4 (2750 ^{2*})
25	1394	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	2,48	15,94	0,0942	0,510711 ± 14	3094	-1,4 (2750 ^{2*})
26	1396	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	0,825	4,56	0,1093	0,511107 ± 30	2968	+1,0 (2750 ^{2*})
27	1397	Амфиболит Amphibolite	11,55	51,7	0,1352	0,511597 ± 22	3002	+1,4 (2750 ^{2*})
28	1399-5	Габбро-анортозит Gabbro-anorthosite	3,25	14,84	0,1323	0,511677 ± 16	2748	+1,9 (2500)
29	1234	Метадиорит Metadiorite	6,11	30,6	0,1208	0,511319 ± 24	2990	-1,4 (2500)
30	1479	Метадиорит Metadiorite	6,04	29,02	0,1259	0,511410 ± 20	3006	-1,3 (2500)
31	1250-10	Метадиорит Metadiorite	3,81	19,65	0,1171	0,511251 ± 21	2982	-1,5 (2500)

Примечания: 1. Под номерами 1–11 — Оленегорский блок: р-н оз. Верхнее Волчье (1–4), Кировогорский карьер (5–8), Бауманский карьер (9), р-н Печ-Губы оз. Большая Имандра (10–11); 12–16 — Загуломский блок: р-н оз. Еч-озеро (12–13), р-н оз. Вийм-ярв (14–15), р-н г. Кеулик (16); 17–31 — Нотозерский блок: ур. Голая Тундра (17), г. Пейдас-варака (18), р-н оз. Лоттен, р. Печа (19–20), р-н оз. Пур-ярви (21–23), г. Печа (24), г. Пейдас-варака (25), г. Подас-уайв (26–27), массив Гирвас (28), массив Анис-тундра (29–31).

2. Здесь и в табл. 2: Амф — амфибол; Би — биотит; Гр — гранат; Ки — кианит; Мус — мусковит.

3. Здесь и в табл. 2 и 3: ^{2*} — предполагаемый возраст пород или метаморфизма; * — дубликаты проб.

Notes: 1. Samples: 1–11 — Olenegorsk block: Verhnee Volchie lake (1–4), Kirovogorsky mine (5–8), Bauman mine (9), Imandra (Pech-Guba) (10–11); 12–16 — Zatuloma block: Echozero (12–13), Viymyavr (14–15), Keulic mount (16); 17–31 — Notozero block: Golaya Tundra (17), Peidas-Varaka mount (18), Lotten lake, Pecha river (19–20), Pur-Yarvi lake (21–23), Pecha mount (24), Peidas-Varaka mount (25), Podas-Uayv mount (26–27), Girvas massif (28), Anis-Tundra massif (29–31).

2. Here and in the Table 2: Amp — amphibole; Bi — biotite, Ky — kyanite, Grt — garnet, Ms — muscovite.

3. Here and in the Tables 2, 3: * — duplicates; ^{2*} — estimated ages.

Sm-Nd модельные возрасты железистых кварцитов, лептитов, амфиболитов и секущих их даек долеритов и жил плагиомикроклиновых гранитов (табл. 1, № 5–9) из Кировогорского и Бауманского карьеров находятся в интервале 2928–3285 млн лет при значениях ϵ_{Nd} , рассчитанных на U-Pb-возраст 2740 млн лет по [16], от +0,6 до +1,6. Sm-Nd модельный возраст тоналито-гнейсов (проба и дубликат — табл. 1, № 10–11) из района Печ-Губы — 3023–3209 млн лет, ϵ_{Nd} варьирует от +0,6 до -1,5.

Затуломский блок террейна Инари

В Затуломском блоке проанализировано 5 проб (рис. 2, табл. 1). Sm-Nd модельный возраст биотит-гранат-амфиболовых гнейсов волшпахкской толщи неоархейского нестратифицированного комплекса района оз. Еч-озеро (табл. 1, № 13) составляет 2789 млн лет, а величина ϵ_{Nd} , рассчитанная на предполагаемый U-Pb-возраст 2740 млн лет, равна +3,4. Сланцеватые амфиболиты (табл. 1, № 16) палеопротерозойской толщи кеулик-кенирим с U-Pb-возрастом 1982 ± 12 млн лет [17] имеют Sm-Nd модельный возраст 2319 млн лет. Амфиболиты (табл. 1, № 14–15) района оз. Вийм-явр, которые расположены южнее палеопротерозойской толщи сланцеватых амфиболитов кеулик-кенирим имеют Sm-Nd модельный возраст 2267 и 2541 млн лет и значения ϵ_{Nd} +2,6 и –2,5 соответственно. Поскольку эти породы, вероятно, палеопротерозойские, то, надо полагать, что в протолите гранатовых амфиболитов (табл. 1, № 15) присутствует более древняя коровая компонента.

Нотозерский блок Беломорского составного террейна

Проанализировано 15 проб (в том числе 2 дубликата) (рис. 2, табл. 1, № 17–31). Исследованы неоархейские гнейсы и амфиболиты нестратифицированного комплекса, тоналито-гнейсы комплекса основания, палеопротерозойские метадiorиты массива Анис и палеопротерозойские габбро-анортозиты массива Гирвас, расположенные в восточном окончании Лапландского гранулитового пояса (ЛГП) в районе Сальных тундр [8].

Sm-Nd модельные возрасты неоархейских гнейсов и амфиболитов укладываются в интервал 2846–3094 млн лет, значения ϵ_{Nd} , рассчитанные на предполагаемый U-Pb-возраст 2750 млн лет, варьируют (если исключить результаты анализа № 21) от –0,7 до +2,6 при преобладании положительных значений. Это может означать, что протолиты пород слабо контаминированы более древним коровым материалом и время образования их можно считать мезоархейским. Sm-Nd модельный возраст габбро-анортозитов массива Гирвас составляет 2748 млн лет (табл. 1, № 28), ϵ_{Nd} равен +1,9, Sm-Nd модельный возраст диоритов массива Анис-тундра (табл. 1, № 29–31), предположительно сумийского возраста (2500 млн лет), равен 2982–3006 млн лет, величина ϵ_{Nd} варьирует от –1,3 до –1,5.

Нявкинский блок Беломорского составного террейна

Проанализировано 10 проб (в том числе 5 дубликатов) (рис. 3, табл. 2, № 32–41). Это неоархейские рассланцованные метадiorиты г. Круглой, эклогиты Нявка-тундры, амфиболиты Мал. Нял-тундры и Лива-тундры и амфибол-биотитовые гнейсы комплекса основания по [8–9].

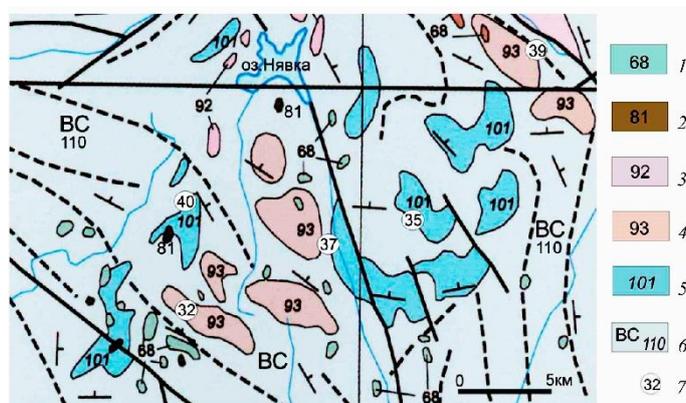


Рис. 3. Расположение точек отбора проб на фрагменте геологической карты [8] в районе Нявкинского блока. Номера на карте обозначены разновозрастные и разные по составу кристаллические породы: 1 — палеопротерозойские друзиты; 2 — габбро-амфиболиты неясного возраста; 3–6 — неоархейские образования: гранодиориты и граниты (3), диориты (4), гнейсы и амфиболиты ёнского комплекса (5), гранито-гнейсы, гнейсы и мигматиты комплекса основания (6); 7 — точки отбора проб с номерами, соответствующими номерам в табл. 1

Fig. 3. Sample points on the geological scheme of Nyavka block [8], rocks:

1 — Palaeoproterozoic druses; 2 — gabbro-amphibolites with obscure age; 3–6 — Neoarchaeal rocks: granodiorites and granites (3), diorites (4), gneisses and amphibolites of Ena complex (5), granites, granite-gneisses, gneisses and migmatites of basement complex (6); 7 — sample points

Sm-Nd изотопные данные для пород центральной части Кольского региона
(образцы В. И. Пожиленко)Sm-Nd isotopic data for rocks of central part of the Kola Region
(samples from Vladimir I. Pozhilenko)

№ п/п	Номер образца Sample	Порода Rock type	Sm, ppm	Nd, ppm	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$T_{(\text{DM})}$, млн лет $T_{(\text{DM})}$, mln. year	$\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ (T , млн лет) (T , mln. year)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нявкинский блок Беломорского террейна Nyavka block of the Belomorian terrane								
32	1681-12	Метадиорит Metadiorite	2,24	10,43	0,1297	$0,510118 \pm 67$	5594?	-25,7 (2750 ^{2s})
33	1681-12*	Метадиорит Metadiorite	2,08	9,70	0,1297	$0,510118 \pm 67$	5594?	-25,7 (2750 ^{2s})
34	1681-12*	Метадиорит Metadiorite	2,16	10,29	0,1267	0,511484	2906	+2,2 (2750 ^{2s})
35	1660	Эклогит Eclogite	4,66	20,73	0,1359	$0,512064 \pm 38$	2125	+10,3 (2750 ^{2s})
36	1660*	Эклогит Eclogite	4,33	19,29	0,1359	$0,512064 \pm 38$	2125	+10,3 (2750 ^{2s})
37	1672-6	Амфиболит Amphibolite	5,18	25,3	0,1237	$0,511401 \pm 18$	2948	+1,6 (2750 ^{2s})
38	1672-6*	Амфиболит Amphibolite	4,82	23,6	0,1237	$0,511401 \pm 18$	2948	+1,6 (2750 ^{2s})
39	1390-2	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	3,89	25,8	0,0911	$0,510704 \pm 33$	3025	-0,4 (2750 ^{2s})
40	1677	Амфиболит Amphibolite	3,00	10,86	0,1672	$0,512159 \pm 45$	3235	-
41	1677*	Амфиболит Amphibolite	2,79	10,10	0,1672	$0,512159 \pm 45$	3235	-
Енский сегмент Беломорского террейна Ena segment of the Belomorian terrane								
42	242-4г	Эклогит Eclogite	1,509	4,63	0,1969	$0,512895 \pm 9$	2327	-
43	192-19	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	1,778	11,28	0,0953	$0,510935 \pm 31$	2838	+2,6 (2750 ^{2s})
44	9/91-23*	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	1,05	7,05	0,0898	$0,510797 \pm 12$	2881	+2,1 (2778)
45	142-8-10	Метакоматиит Metakomatiite	1,644	6,84	0,1454	$0,512050 \pm 7$	2449	-
46	142-8-10*	Метакоматиит Metakomatiite	1,530	6,36	0,1454	$0,512050 \pm 7$	2449	-
47	332-3-1	Метакоматиит Metakomatiite	0,215	1,661	0,0781	$0,512480 \pm 37$	-	-
48	424-2	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	5,96	19,85	0,1814	$0,512450 \pm 24$	3294	-
49	424-2*	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	5,93	20,1	0,1779	0,512534	2620	-
50	109-1	Гр-Пл амфиболит Grt-Pl amphibolite	2,04	6,44	0,1910	$0,512770 \pm 21$	2557	-
51	109-1*	Гр-Пл амфиболит Grt-Pl amphibolite	2,02	6,52	0,1872	0,512729	2425	-

Окончание таблицы 2
Table 2 (Continued)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
52	П-10-1	Гр-Би-Амф гнейс Grt-Bi-Amp gneisses	2,96	14,81	0,1208	0,511390	2875	+2,6 (2770 ^{2σ})
53	П-10-2	Амфиболит Amphibolite	2,04	7,16	0,1723	0,512367	2876	–
54	П-10-4	Гр-Би гнейс Grt-Bi gneisses	3,72	19,08	0,1177	0,511273	2966	+1,5 (2770 ^{2σ})
55	306-6-1	Тоналитогнейс Tonalitic gneiss	5,88	38,1	0,0934	0,510887 ± 10	2854	+2,3 (2750 ^{2σ})
56	411-3-2	Ки-Гр-Би гнейс Ky-Grt-Bt gneiss	3,14	14,80	0,1280	0,511517 ± 8	2892	+1,9 (2700 ^{2σ})
57	411-3-2*	Ки-Гр-Би гнейс Ky-Grt-Bt gneiss	3,13	15,04	0,1257	0,511579	2711	+4,4 (2750 ^{2σ})
58	305-7-1	Ки-Гр-Би гнейс Ky-Grt-Bt gneiss	3,86	24,8	0,0943	0,510922 ± 8	2831	+2,0(2700 ^{2σ})

Примечание. Под номерами 32–41 — Нявкинской блок: г. Круглая (32–34), г. Нявка-Тундра (35–36), г. Мал. Нялтундра (37–38), р. Вайкис, высотная отметка 485,3 м (39), г. Лива-Тундра (40–41); 42–58 — Ёнский сегмент Беломорского террейна: г. Бабинская Имандра (42), к югу от оз. Ниж. Тикой (43), г. Черная (44), район г. Кюме-Тундра (45–46), к западу от оз. Сейто (47), район г. Перуселька (48–49), р-н. г. Кюме (50–51), район пос. Риколатва (52–53), г. Риколатва (54), верховье р. Ёна (55), район оз. Кулос (56–57), верховье р. Ёна (58).

Note. Samples 32–41 — Nyavka block: Kruglaya mount (32–34), Nyavka-Tundra (35–36), Malaya Nyaltundra (37–38), Vaikis river, alt. 485,3 m (39), Liva-Tundra mount (40–41); 42–58 — Ena segment of Belomorian terrane: Babinskays Imandra mount (42), to south from Tikoy lake (43), Chernaya mount (44), Kume-Tundra (45–46), to west from Seita lake (47), Peruselka mount (48–49), Kume mount (50–51), Rikolatva (52–53), Rikolatva mount (54), Ena river (up) (55), Kulos mount (56–57), Ena river (up) (58).

Sm-Nd модельные возрасты эклогита (табл. 2, № 35–36) Нявка-тундры явно занижены и не имеют геологического смысла. Высокие значения $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ (0,167) для амфиболитов (табл. 2, № 40–41) Лива-тундры не позволяют определить величину ϵ_{Nd} и принимать Sm-Nd модельный возраст (3,2 млрд лет). Значимые Sm-Nd модельные возрасты 2,91–3,03 млрд лет определены для метадiorитов, амфиболитов и гнейсов при положительных значениях ϵ_{Nd} .

Ёнский сегмент Беломорского составного террейна

Большая часть проанализированных проб расположена в пределах неоархейского Ёнского зеленокаменного пояса (ЗКП) и только 2 пробы — в верховье реки Ёна в области распространения пород неоархейского комплекса основания (рис. 4). Проанализированы гнейсы, амфиболиты, метакоматииты и эклогиты (табл. 2, № 42–43, 45–54) неоархейского ёнского комплекса Ёнского ЗКП, а также тоналитогнейсы и кианит-гранат-биотитовые гнейсы (табл. 2, № 55–58) неоархейского комплекса основания.

Высокие значения $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ (от 0,14 до 0,19) для эклогитов, метакоматиитов и амфиболитов не позволяют определить значения ϵ_{Nd} , а полученные Sm-Nd модельные возрасты эклогитов и метакоматиитов явно занижены и не имеют геологического смысла. Все остальные Sm-Nd модельные возрасты для гнейсов и амфиболитов ёнского комплекса и гнейсов комплекса основания лежат в интервале 2,7–3,0 млрд лет, а значения ϵ_{Nd} , рассчитанные на U-Pb-возраст 2750 млн лет по [19], положительные и варьируют от +1,5 до +4,4 (табл. 2).



Рис. 4. Расположение точек отбора проб на схематической геологической карте Ёнского сегмента Беломорского составного террейна:

1 — палеозойский Ковдорский массив; 2 — неоархейские плагиомикроклиновые граниты; 3 — палеопротерозойские друзиты; 4 — палеопротерозойские амфиболиты; 5 — гнейсы с редкими и маломощными телами амфиболитов; 6 — мощные пластовые тела амфиболитов стратифицированного неоархейского ёнского комплекса; 7 — гранат-кианит-биотитовые гнейсы неоархейского нестратифицированного комплекса; 8 — гнейсы, мигматиты и гранитогнейсы комплекса основания; 9 — точки отбора проб (п / п номера в таблице 2); 10 — положение участков с реликтами эклогитов: Широкая Салма (1), Узкая Салма (2), Куру-Ваара (3)

Fig. 4. Sample points on the geological scheme of Ena segment of the Belomorian composited terrain:

1 — Kovdor massif; 2 — Neoarchaeal plagiomicrocline granites; 3 — Palaeoproterozoic drusites; 4 — Palaeoproterozoic amphibolites; 5 — gneisses with small amphibolite bodies; 6 — thick bodies of the Neoarchaeal Ena complex amphibolites; 7 — Ky-Grt-Bt gneiss of the Neoarchaeal nonstratigraphic complex; 8 — granite-gneisses, gneisses and migmatites of basement complex; 9 — sample points (see Table 2); 10 — eclogite areas: Shirokaya Salma (1), Uzkaya Salma (2), Kuru-Vaara (3)

Приимандровский район

Из Приимандровского района проанализирована 31 проба (рис. 5, табл. 3), в том числе 5 проб из Вочеламбинского полигона и 14 проб из массива Оспе-Лувтуайвенч.

Из Кислогубской тектонической пластины [20, рис. 3.65] (рис. 5), сложенной гнейсами и амфиболитами кислогубской свиты с U-Pb-возрастом 2718 ± 10 млн лет [21], были проанализированы амфибол-биотитовые гнейсы, амфиболиты и метакоматииты. Sm-Nd модельные возрасты гнейсов, амфиболитов и метакоматиитов (табл. 3, № 59–61) составили 2,8–2,9 млрд лет, значения ϵ_{Nd} около +2,0. Для одной пробы биотит-амфиболовых гнейсов по риодацитам и ее дубликату (табл. 3, № 62–63) Sm-Nd модельный возраст равен 2,6–2,7 млрд лет при положительных значениях ϵ_{Nd} . Дискордантный U-Pb-возраст циркона из интенсивно рассланцованной разновидности этих гнейсов — 2143 ± 16 млн лет рассматривался как метаморфический, отвечающий позднеятулийскому этапу метаморфизма [22].

Из Витегубской тектонизированной зоны [20, рис. 3.65] (рис. 5), сложенной гнейсами и амфиболитами пялочной, арваренчской и кукшинской свитами, проанализировано 5 проб. Sm-Nd модельный возраст амфиболитов (табл. 3, № 68) пялочной свиты равен 2959 млн лет, а гранат-кордиерит-биотит-мусковитовых гнейсов (табл. 3, № 66–67) по метаосадкам — 2,4–2,6 млрд лет при положительных значениях ϵ_{Nd} .

Sm-Nd модельный возраст амфибол-биотитовых гнейсов (табл. 3, № 69) по дацитам арваренчской свиты с U-Pb-возрастом 2707 ± 11 млн лет [23] был рассчитан по одному образцу с низким низкими значениями $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ отношений и равен 2,95 млрд лет, ϵ_{Nd} составляет +0,6. По данным же [24], U-Pb возраст (SHRIMP II) метадацитов и метаандезитов арваренчской свиты палеопротерозойский — 2429 ± 7 млн лет, а Sm-Nd модельные возрасты — 3,3–3,0 млрд лет при отрицательных значениях ϵ_{Nd} (Т) от –0,8 до –8,4. Модельный возраст коматиитов равен 2,95–3,15 млрд лет, а значение ϵ_{Nd} для этих пород варьирует в пределах от –4,1 до +1,6 [25]. Sm-Nd модельный возраст палеопротерозойских амфиболитов (табл. 3, № 70) кукшинской свиты составляет 3226 млн лет, ϵ_{Nd} равен –0,7.

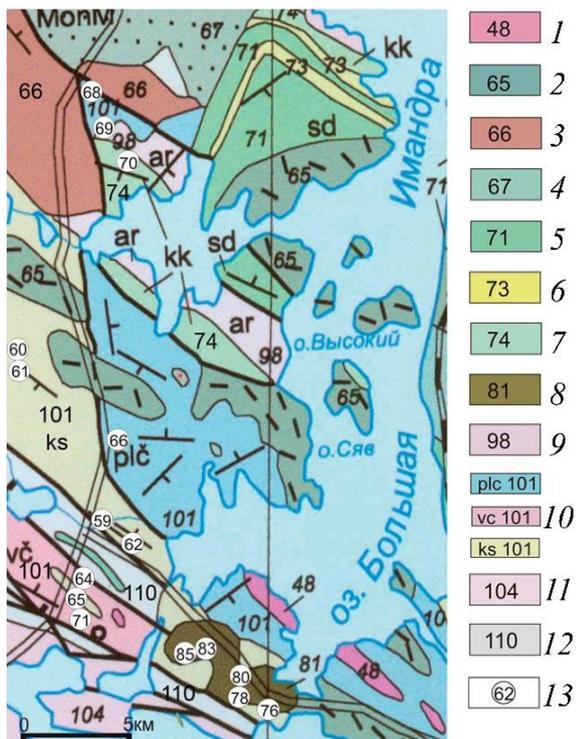


Рис. 5. Расположение точек отбора проб в Приимандровском районе на фрагменте геологической карты [8].
Номерами на карте обозначены разновозрастные кристаллические породы по [8]:
1–7 — палеопротерозойские породы: людиковийские перидотиты и пироксениты (1), габбро-нориты и диориты Иmandровского массива (2), габбро-анортозиты Мончетундровского массива (3), базит-гипербазиты Мончегорского массива (4), метавулканы сейдореченской (sd) свиты (5), метасадки сейдореченской (sd) свиты (6), метавулканы кукшинской (kk) свиты (7); 8–12 — неoarхейские породы: массив Оспе-Лувтуайвенч (8), метариодациты арваренчской (ар) свиты (9), разнообразные гнейсы, мигматиты и амфиболиты пялочной (плс), вочеламбинской (вс) и кислугубской (кс) свит (10), граниты, гранодиориты, гранито-гнейсы и мигматиты (11), гранито-гнейсы, гнейсы и мигматиты комплекса основания (12); 13 — точки отбора проб с номерами, соответствующими номерам в табл. 3

Fig. 5. Sample points on the Imandra area on the geological map [8], rocks [8]:

1–7 — Palaeoproterozoic: peridotites and pyroxenites (1), gabbro-norites and diorites Imandra massif (2), Monchetundra gabbro-anorthosites (3), mafic-ultramafic rocks of Monchegorsk massif (4), melavulcanites of (sd) formation (5), metasediments of (sd) formation (6), melavulcanites (kk) formation (7); 8–12 — Neoproterozoic rocks: Ospe-Luvtuayvench massif (8), metariodacites of (ar) formation (9), gneisses, migmatites and amphibolites of (plс), (vс) (ks) formations (10), granites, granodiorites granite-gneiss and migmatites (11), granite-gneisses, gneisses and migmatites of basement complex (12); 13 — sample points (see Table 3)

Из Вочеламбинского зеленокаменного пояса [20, рис. 3.65] (рис. 5) к северу от Вочеламбинского полигона были опробованы амфиболиты и гнейсы вочеламбинской свиты. Sm-Nd модельный возраст амфиболитов (табл. 3, № 64) равен 2762 млн лет, а биотит-мусковитовых гнейсов по метасадкам — 2516 млн лет. Sm-Nd модельный возраст эпидот-биотит-амфиболовых гнейсов (табл. 3, № 65) по риодацитам из второй толщи вочеламбинской свиты Вочеламбинского полигона [26] равен 3024 млн лет, а ϵ_{Nd} равен +0,42. Sm-Nd модельные возрасты палеопротерозойских даек плагиомикроклиновых гранитов и плагиопорфиринов (табл. 3, № 72–74) варьируют в пределах 3,0–3,5 млрд лет при отрицательных значениях ϵ_{Nd} . Предварительный U-Pb-возраст гранитов, полученный Т. Б. Баяновой, составляет 2,24 млрд лет. Sm-Nd модельный возраст сариолийской дайки метадолеритов (табл. 3, № 75) равен 2617 млн лет при $\epsilon_{\text{Nd}} = +1,1$.

Таблица 3

Table 3

Sm-Nd изотопные данные для пород центральной части Кольского региона (образцы В. И. Пожиленко)
Sm-Nd isotopic data for rocks of central part of Kola Region (samples from Vladimir I. Pozhilenko)

№ п/п	Номер образца Sample	Порода Rock type	Sm, ppm	Nd, ppm	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$T_{(\text{DM})}$, млн лет $T_{(\text{DM})}$, mln. year	$\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ (T , млн лет) $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ (T , mln. year)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Приимандровский р-н (тектонический меланж) Priimandrovsky tectonic mélange								
59	719-1-1	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	12,29	55,1	0,1349	$0,511630 \pm 26$	2927	+1,9 (2718)
60	П-04-1	Амфиболит Amphibolite	2,52	10,36	0,1472	$0,511865 \pm 27$	2934	+2,0 (2700)
61	П-04-2	Метакоматиит Metakomatiite	1,924	10,08	0,1154	$0,511294 \pm 23$	2865	+2,0 (2700)
62	3-5-19	Би-Амф гнейс Bt-Amp gneiss	3,62	19,44	0,1126	$0,511361 \pm 13$	2687	+2,1 (2500*)
63	3-5-19*	Би-Амф гнейс Bt-Amp gneiss	3,56	19,60	0,1098	0,511356	2622	+2,9 (2500*)
64	94-6-6	Амфиболит Amphibolite	2,80	11,20	0,1511	$0,512012 \pm 31$	2762	–
65	94-6-1	Би-Мус гнейс Bt-Ms gneiss	0,075	0,428	0,1057	$0,511361 \pm 17$	2516	+0,8 (2200 ^{2*})
66	94-1-1	Гр-Кор-Би-Мус гнейс Grt-Crd-Bi-Ms gneiss	2,040	10,16	0,1214	$0,511595 \pm 19$	2559	+0,9 (2200 ^{2*})
67	94-1-1*	Гр-Кор-Би-Мус гнейс Grt-Crd-Bi-Ms gneiss	1,505	7,28	0,1250	0,511723	2445	+4,7 (2450 ^{2*})
68	СА-12	Амфиболит Amphibolite	0,119	0,555	0,1295	$0,511508 \pm 20$	2959	+1,4 (2720)
69	Ар-1	Амф-Би гнейс Amp-Bt gneiss	5,52	31,3	0,1066	$0,511066 \pm 18$	2951	+0,6 (2707)
70	КУК-1	Амфиболит Amphibolite	2,98	11,22	0,1605	$0,512019 \pm 16$	3226	-0,7 (2450 ^{2*})
Вочеламбинский полигон The Voche-Lambina polygon								
71	П-02-1	Би-Амф гнейс Bt-Amp gneiss	6,4	34,0	0,1147	$0,511176 \pm 13$	3024	+0,42 (2750)
72	КН-1/3-01	Пл-Микр гранит Pl-Mc granite	1,300	6,75	0,1164	$0,511006 \pm 23$	3338	-8,8 (2240)
73	КН-1/3-01*	Пл-Микр гранит Pl-Mc granite	1,297	6,93	0,1131	0,511153	3010	-5,0 (2240)
74	СА-16	Метаплагиопорфирит Metaplagioporphyrite	5,01	18,98	0,1595	$0,511894 \pm 14$	3513	–
75	СА-2,2	Метадолерит Metadolerite	5,91	29,81	0,1198	$0,511532 \pm 28$	2617	+1,1 (2300 ^{2*})
Интрузивный массив г. Оспе-Лувтуайвенч Ospe-Luvtuayvench massif								
76	Э-1	Метапироксенит Metapyroxenite	1,680	7,85	0,1293	$0,511361 \pm 24$	3213	-1,3 (2735)
77	Э-2	Метагабронорит Metagabbronorite	1,958	9,64	0,1228	$0,511311 \pm 15$	3068	+0,0 (2735)
78	Э-3	Металейкогаббро Metaleucogabbro	1,556	8,42	0,1117	$0,511140 \pm 12$	2989	+0,6 (2735)
79	231-2	Металейкогаббро Metaleucogabbro	2,686	11,43	0,1420	$0,511686 \pm 19$	3097	+0,6 (2735)
80	228-1	Метапироксенит Metapyroxenite	1,848	8,28	0,1349	$0,511782 \pm 26$	2637	+2,7 (2450*)
81	228-1*	Метапироксенит Metapyroxenite	2,02	9,14	0,1339	$0,511699 \pm 42$	2761	+1,4 (2450 ^{2*})

Окончание таблицы 3
Table 3 (Continued)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
82	253-1a	Метагаббро Metagabbro	2,22	10,26	0,1306	0,511441 ± 20	3119	-0,2 (2735)
83	253-2	Металейкогаббро Metaleycogabbro	1,645	7,71	0,1290	0,511430 ± 18	3080	+0,2 (2735)
84	253-2*	Металейкогаббро Metaleycogabbro	1,830	8,62	0,1283	0,511392 ± 22	3122	-0,3 (2735)
85	П-04-9	Метадиорит Metadiorite	2,02	10,51	0,1160	0,511212 ± 13	3008	+0,5 (2735)
86	П-04-7	Метадиорит Metadiorite	1,948	10,68	0,1103	0,511102 ± 24	3004	+0,4 (2735)
87	223-1	Метадолерит Metadolerite	7,92	37,3	0,1281	0,511504 ± 20	2918	-0,1 (2500 ^{2*})
88	П-02-2	Монцогранодиорит Monzogranodiorite	3,45	24,82	0,0841	0,510910 ± 01	2624	-6,0 (1920 ^{2*})
89	П-02-6	Гранодиорит Granodiorite	2,40	12,81	0,1133	0,511210 ± 23	2931	-7,6 (1900 ^{2*})

Примечания. 1. Образцы под номерами 59–70 — Приимандровский район: р. Куркенйок (59), высотная отметка 368,8 м (60–61), к западу от Кислой губы оз. Большая Имандра (62–63), к северу от Вочеламбинского полигона (64–65), г. Нюрпа (66–67), северный склон г. Арваренч (68–70); 71–75 — Вочеламбинский полигон; 76–89 — массив г. Оспе-Лувтуайвенч: район г. Оспе (76–81), район г. Лувтуайвенч (82–86), район г. Оспе (87–88), район г. Лувтуайвенч (89).

2. Амф — амфибол; Би — биотит; Гр — гранат; Кор — кордиерит; Мус — мусковит; Пл — плагиоклаз; Микр — микроклин.

Notes. 1. Samples 59–70 — Imandra area: Kurkenyok river (59), alt 368,8 m (60–61), to west from Kislaya Bay (Imandra) (62–63), to north from Voche-Lambina polygon (64–65), Nurpa mount (66–67), Arvarench mount (north) (68–70); 71–75 — Voche-Lambina polygon; 76–89 — Ospe-Luvtuayvench massif: Ospe mount (76–81), Luvtuayvench mount (82–86), Ospe mount (87–88), Luvtuayvench mount (89).

2. Amp — amphibole; Bi — biotite; Grt — garnet; Crd — cordierite; Ms — muscovite; Pl — plagioclase; Mc — microcline.

По данным, приведенным в работе [27], Sm-Nd модельные возрасты неoarхейских тоналит-трондьемитовых гнейсов комплекса основания Вочеламбинского полигона [26] находятся в интервале 2875–2920 млн лет, тоналито-гнейсов — 2808 млн лет, метагранодиоритов — 2848 млн лет, микроклин-олигоклазовых гранитов — 2971–2854 млн лет, которые более чем на 200 млн лет превышают возраст их кристаллизации. Величины ϵ_{Nd} для тоналито-гнейсов ($T = 2808$ млн лет) и метагранодиоритов ($T = 2814$ млн лет) являются положительными (+2,04, +3,34), для микроклин-олигоклазовых гранитов значения ϵ_{Nd} ($T = 2708$ млн лет) варьируют от -0,72 до +1,49.

Из расслоенного интрузивного массива Оспе-Лувтуайвенч [20, рис. 3.65] (рис. 5) с U-Pb-возрастом 2736 ± 11 млн лет [28, 29] были проанализированы 14 проб (в том числе 3 пробы из даек) (табл. 3, № 76–89). Sm-Nd модельные возрасты метаморфизованных пироксенитов, габбро, лейкогаббро и диоритов (табл. 3, № 76–79, 82–86) массива мезоархейские и варьируют в интервале 2989–3213 млн лет, а значения величин ϵ_{Nd} (2735) изменяются от -1,3 до +0,6. Только одна проба метапироксенита и ее дубликат (табл. 3, № 80–81) с положительными значениями ϵ_{Nd} (2735) имеет неoarхейский Sm-Nd модельный возраст — 2,6–2,8 млрд лет.

В последнее время были получены палеопротерозойские U-Pb-возрасты пород массива Оспе-Лувтуайвенч — 2445 ± 5 млн лет (блок Лувтуайвенч) и $2455,8 \pm 3,5$ млн лет (блок Оспе) и ϵ_{Nd} (2450) +0,61 и -1,58 соответственно, их модельные Sm-Nd-возрасты — 2,81–3,01 млрд лет [30]. Наши же Sm-Nd изотопные данные по породам массива Оспе-Лувтуайвенч (табл. 3, № 76–86), рассчитанные на возраст 2456 млн лет, имеют только отрицательные значения ϵ_{Nd} (от -1,4 до -3,7). Практически все интрузивные породы палеопротерозойских расслоенных интрузий такого же возраста имеют отрицательные значения ϵ_{Nd} . Из многочисленных и разновозрастных дайковых и жильных тел, прорывающих породы массива Оспе-Лувтуайвенч [31], Sm-Nd изотопные данные получены только для доскладчатых метадолеритов и метагранодиоритов и постскладчатых монцогранодиоритов (табл. 3, № 87–89). Sm-Nd модельный возраст метадолеритов и метагранодиоритов составляет 2,9 млрд лет, а монцогранодиоритов — 2,6 млрд лет.

5. Обсуждение и выводы

При обобщенном рассмотрении результатов Sm-Nd изотопных исследований раннедокембрийских метаморфических и интрузивных пород ряда структур центральной части Кольского региона (табл. 1–3) можно сделать ряд общих и частных замечаний и выводов.

1. Результаты, полученные по дубликатам, для нескольких проб оказались достаточно близки, но в ряде случаев значительно различались. Два дубликата (№ 20 и 44) были проанализированы в Дублинском университетском колледже (Ирландия), и результаты анализа оказались достаточно близки с теми, которые были получены в лаборатории Геологического института КНЦ РАН.

2. Существуют противоречия результатов Sm-Nd изотопных исследований ряда пород с известными геологическими данными, что требует дополнительных исследований:

- Sm-Nd модельные возрасты эклогитов Нявка-тундры (№ 35–36) и Чирвас-губы (№ 42) [32, 33] не соответствуют действительности (2,1–2,3 млрд лет), если исходить из архейского возраста протолитов эклогитов [34 и др.] других участков Беломорского террейна;

- Sm-Nd модельные возрасты гранатовых амфиболитов (№ 50–51) и сингенетичных с ними метакоматиитов (№ 45–46) ёнского комплекса Беломорского террейна также не соответствуют действительности (2,4–2,5 млрд лет), если исходить из неоархейского возраста этих пород [19].

Возможно, эти несоответствия можно объяснить высокой степенью преобразований пород на поздних этапах, иногда небольшими (непредставительными) объемами проб, в ряде случаев — лабораторными ошибками.

3. Результаты Sm-Nd изотопных исследований архейских пород супракомплекса и комплекса основания рассмотренных структур позволяют предполагать, что они являются компонентами ювенильной мезоархейской коры:

- Sm-Nd модельные возрасты гнейсов, метадиоритов и амфиболитов Нявкинского блока (за исключением эклогитов) мезоархейские — 2,9–3,2 млрд лет с положительными значениями ε_{Nd} ($T = 2750$ млн лет), что может свидетельствовать о мезоархейском возрасте коры и незначительном вкладе в состав протолитов более древних коровых пород;

- Sm-Nd модельные возрасты гнейсов нестратифицированного комплекса, лептитов, амфиболитов и железистых кварцитов оленегорского толщи и тоналито-гнейсов основания Оленегорского блока Кольско-Норвежского террейна, а также пород супракомплекса и комплекса основания Нотозёрского блока Беломорского составного террейна мезоархейские и варьируют в интервале 2,90–3,28 и 2,8–3,1 млрд лет соответственно при положительных значениях ε_{Nd} . Это может свидетельствовать о неомезоархейском возрасте коры и незначительном вкладе в состав протолитов более древних коровых пород;

- Sm-Nd модельные возрасты пород супракомплекса и комплекса основания Ёнского сегмента Беломорского составного террейна несколько моложе — в основном неоархейского возраста (2,71–2,89 млрд лет). Положительные значения ε_{Nd} ($T = 750$ млн лет) могут свидетельствовать о неоархейском возрасте проанализированных пород коры, а также о незначительном вкладе в состав протолитов более древних коровых пород. Косвенным подтверждением этого может служить U-Pb-возраст разновидностей циркона из двух проб комплекса основания, определенный методом ТИЭ (термоионной эмиссии свинца) и составляющий 2720–2750 млн лет.

4. По интрузивным породам (массивам, дайкам) получены следующие результаты:

- Sm-Nd модельные возрасты пород палеопротерозойского массива Анис по [8], расположенного между Нотозёрским блоком Беломорского террейна и Оленегорским блоком Кольско-Норвежского террейна, равны 2,75–3,01 млрд лет. Значения ε_{Nd} , рассчитанные на 2500 млн лет, отрицательные. Массив Анис неоднороден — геологические взаимоотношения между более молодыми габбро-анортозитами и диоритами сложные. Возможно, что эти диориты архейские, косвенным указанием на это могут служить данные ТИЭ датирования циркона из 3 проб, для 5 навесок циркона получен возраст 2730–2840 млн лет;

- Sm-Nd изотопные данные постархейских пегматоидных гранитов доскладчатой жилы (№ 4) участка «Верхнее-Волчье» Оленегорского блока Кольско-Норвежского террейна свидетельствуют о ювенильном веществе палеопротерозойского тектонического этапа активизации, в то время как протолиты неметаморфизованных и недеформированных плагиомикроклиновых пегматитов (№ 3–4) и долеритов (№ 6) Кировогорского железорудного карьера значительно контаминированы породами

мезоархейской континентальной коры. Примерно такая же ситуация и с дайками плагиомикроклиновых гранитов (№ 72–73) и метаплагиопрорфиритов (№ 74) на Вочеламбинском полигоне и метадолеритов (№ 87), гранодиоритов (№ 89) и монцогранодиоритов (№ 88) в интрузивном массиве Оспе-Лувтуайвенч;

- Sm-Nd изотопные данные для габбро-анортозитов массива Гирвас (№ 28), расположенного в юго-восточном окончании ЛГП с Sm-Nd модельным возрастом 2,75 млрд лет и положительным значением ϵ_{Nd} ($T = 2500$ млн лет), совпадают с данными по другим массивам габбро-анортозитов, расположенными в северо-восточном обрамлении ЛГП [35].

Наиболее общие выводы сводятся к следующему.

Образования палеопротерозойской ювенильной коры выявлены только в пределах Затуломского блока Кольско-Норвежского террейна и в Приимандровском районе. Кроме неархейских, отмечаются породы с палеопротерозойскими Sm-Nd модельными возрастными и положительными значениями ϵ_{Nd} , в связи с чем эти блоки следует выделять в ранге структур тектонического меланжа.

Все остальные данные свидетельствуют, скорее, о мезоархейском или мезонеоархейском возрасте протолита пород коры рассмотренных структур, контаминированных в разной степени материалом более древней коры.

Благодарности

Авторы признательны В. В. Балаганскому за плодотворное обсуждение результатов и конструктивные замечания по поводу изложения материала, положенного в основу работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Arndt N. T., Goldstein S. L. Use and Abuse of Crust-Formation Ages // *Geology*. 1987. Vol. 15, No. 10. P. 893–895.
2. De Paolo D. J., Linn A. M., Schubert G. The Continental Crustal Age Distribution: Methods of Determining Mantle Separation Ages from Sm-Nd Isotopic Data and Application to the Southwestern United State // *J. Geophys. Res.* 1991. Vol. 96, B 2. P. 2071–2088.
3. Daly J. S., Mitrofanov F. P., Morozova L. N. Late Archaean Sm-Nd Model Ages from the Voche-Lambina Area: Implications for the Age Distribution of Archaean Crust in the Kola Peninsula, Russia // *Precambrian Res.* 1993. Vol. 64. P. 189–195.
4. Timmerman M. J., Daly J. S. Sm-Nd Evidence for Late Archaean Crust Formation in the Lapland-Kola Mobile Belt, Kola Peninsula, Russia and Norway // *Precambrian Res.* 1995. Vol. 72. P. 97–107.
5. Изотопный возраст пород Колвицкого пояса и Умбинского блока (юго-восточная ветвь Лапландского гранулитового пояса, Кольский полуостров) / В. В. Балаганский [и др.] // *Вестник МГТУ*. 1998. Т. 1, № 3. С. 19–32.
6. Ion Microprobe U-Pb Zircon Geochronology and Isotopic Evidence Supporting a Trans-Crustal Suture in the Lapland Kola Orogen, Northern Fennoscandian Shield / J. S. Daly [et al.] // *Precambrian Res.* 2001. 105. P. 289–314.
7. Пожиленко В. И., Серов П. А., Петров В. П. Sm-Nd изотопные исследования раннедокембрийских пород Кольского региона: краткий обзор и новые данные // *Вестник КНЦ РАН*. 2018. № 1. С. 37–49.
8. Геологическая карта Кольского региона (северо-восточная часть Балтийского щита) масштаба 1:500000 / В. В. Балаганский [и др.]; гл. ред. Ф. П. Митрофанов. Апатиты, 1996.
9. Объяснительная записка к геологической карте северо-восточной части Балтийского щита масштаба 1:500000 / А. Т. Радченко [и др.]. Апатиты: КНЦ РАН, 1994. 95 с. (На рус. и англ. яз.).
10. Raczek I., Jochum K. P., Hofmann A. W. Neodymium and Strontium Isotope Data for USGS Reference Materials BCR-1, BCR-2, BHVO-1, BHVO-2, AGV-1, AGV-2, GSP-1, GSP-2 and Eight MPI-DING Reference Glasses // *Geostandards and Geoanalytical Res.* 2003. Vol. 27. P. 173–79.
11. Lugmair, G. W., Carlson, R. W. The Sm-Nd History of KREEP // *Proc. 9th Lunar Planet. Sci. Conf.* 1978. P. 689–704.
12. Bouvier A., Vervoort J. D., Patchett P. J. The Lu-Hf and Sm-Nd Isotopic Composition of CHUR: Constraints from Unequilibrated Chondrites and Implications for the Bulk Composition of Terrestrial Planets // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2008. Vol. 273 (1–2). P. 48–57.
13. Goldstein S. J., Jacobsen S. B. Nd and Sr Isotopic Systematics of River Water Suspended Material Implications for Crystal Evolution // *Earth Plan. Sci. Letters*. 1988. Vol. 87. P. 249–265.
14. The Lapland_Kola Orogen: Palaeoproterozoic Collision and Accretion of the Northern Fennoscandian Lithosphere / J. S. Daly [et al.] // *European Lithosphere Dynamics. Geol. Soc. London. Memoirs*, 2006. Vol. 32. P. 579–598.
15. Patison N. L., Korja A., Lahtinen R., Ojala V.J. and FIRE Working Group. FIRE Seismic Reflection Profiles 4, 4A and 4B: Insights into Crustal Structure of Northern Finland from Ranua to Näätämö // Kukkonen T., Lahtinen R. (eds) *Finnish Reflection Experiment FIRE 2001-2005. Geological Survey of Finland, Special Paper 43*. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 2006. P. 161–222.
16. Баянова Т. Б., Егоров Д. Г. U-Pb-возраст полосчатой железорудной формации Кольского полуострова // *Геология и полезные ископаемые Северо-Запада и Центра России*. Апатиты, 1999. С. 19–24.
17. Новые данные по геохимии и изотопии (U-Pb, Lu-Hf, Sm-Nd) рудоносного Кеулик-Кениримского габбро-перидотитового комплекса, Кольский регион / В. Ф. Смолькин [и др.] // *Геология и стратегические полезные ископаемые Кольского региона: тр. XI Всерос. (с междунар. участием) Ферсмановской научной сессии*. Апатиты, 2014. С. 180–187.
18. Пожиленко В. И. Ранний докембрий Нотозерского района Кольского п-ова (особенности развития и структурной эволюции): дис. ... канд. геол.-мин. наук. Апатиты, 1983. 247 с.
19. Возраст эндогенных процессов Ёнского сегмента Беломорья / В. И. Пожиленко [и др.] // *Главные рубежи геол. эволюции Земли в докембрии и их изотопно-геохронологич. обоснование: тез. докл. всерос. совещ., 14–16 ноября 1995 г., г. Санкт-Петербург*. СПб., 1995. С. 53–54.
20. Геология рудных районов Мурманской области / В. И. Пожиленко [и др.]. Апатиты: КНЦ РАН, 2002.

359 с. **21.** Чащин В. В., Баянова Т. Б., Левкович Н. В. Кислогубская свита верхнеархейского Терско-Аллареченского зеленокаменного пояса (Кольский полуостров, Россия) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2004. Т. 12, № 6. С. 3–15. **22.** Пожиленко В. И., Баянова Т. Б. Возраст позднеятулийского метаморфизма пород Кислогубского участка (Кольский регион). // Наука и образование 2009: материалы междунар. науч.-техн. конф. Мурманск: Изд. МГТУ, 2009. С. 204–207. **23.** Соотношение и возраст арваренчской и кукшинской свит (г. Арваренч, Кольский регион, Балтийский щит) / В. И. Пожиленко [и др.] // Общие вопросы расчленения докембрия: материалы III Всерос. совещ. Апатиты: Полиграф, 2000. С. 215–218. **24.** Вревский А. Б. Петрология, возраст и полихронность источников инициального магматизма Имандра-Варзугского палеорифта Фенноскандинавского щита // Петрология. 2011. Т. 19, № 5. С. 546–574. **25.** Вревский А. Б., Богомолов Е. С. Мантийно-коровые источники сумийского вулканогенного комплекса Имандра-Варзугской структуры (арваренчская свита): геохимические и Sm-Nd изотопные данные // Изотопные системы и время геологических процессов. СПб., 2009. Т. 1. С. 119–121. **26.** Воче-ламбинский архейский геодинамический полигон Кольского полуострова / Ф. П. Митрофанов [и др.]. Апатиты: КНЦ АН СССР, 1991. 196 с. **27.** Морозова Л. Н., Баянова Т. Б., Серов П. А. Основные этапы гранитообразования в архее Северо-Востока Балтийского щита (на примере полигона Воче-Ламбина) // Литосфера. 2011. № 6. С. 14–26. **28.** Пожиленко В. И., Баянова Т. Б., Кудряшов Н. М. Позднеархейский расслоенный диорит-базит-гипербазитовый массив Оспе-Лувтуайвенч (Кольский полуостров) // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минералогия Северо-запада России: материалы всерос. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 306–310. **29.** Пожиленко В. И. Позднеархейский расслоенный диорит-базит-гипербазитовый массив Оспе-Лувтуайвенч (Кольский полуостров) // Проект Интеррег-Тасис: Стратегические минеральные ресурсы Лапландии — основа устойчивого развития Севера. Апатиты: КНЦ РАН, 2009. С. 89–96. **30.** Чащин В. В., Баянова Т. Б., Серов П. А. Массив метабазитов Оспе-Лувтуайвенч (Кольский полуостров, Россия): геологическое строение, петро-геохимические и изотопно-геохронологические свидетельства принадлежности к Имандровскому комплексу расслоенных интрузий // Петрология. 2015. Т. 23, № 5. С. 459–489. **31.** Борисенко Е. С., Пожиленко В. И. Дайковый магматизм южной части Приимандровского района // Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоэкологии: материалы XXI молодеж. науч. конф., посвященной памяти чл.-корр. АН СССР К. О. Кратца, г. Санкт-Петербург. 2010. С. 215–219. **32.** Пожиленко В. И., Конилов А. Н., Ван К. В. Эклогиты северо-восточной части Ёнского сегмента Беломорья: новые данные // Региональная геология, минералогия и полезные ископаемые Кольского полуострова: тр. XIII Всерос. (с междунар. участием) Ферсмановской научной сессии, посвященной 50-летию Дня геолога (г. Апатиты, 4–5 апреля 2016 г.). Апатиты, 2016. С. 118–122. **33.** Пожиленко В. И., Конилов А. Н., Ван К. В. Минералы эклогитов северо-восточной части Ёнского сегмента Беломорья: новые данные // Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле: материалы Семнадцатой междунар. конф. (Москва, 26–28 сентября, Борок 30 сентября 2016 г.). М.: ИГЕМ РАН, 2016. С. 279–282. **34.** Мезонеоархейская Беломорская эклогитовая провинция: интерпретация геохронологических данных / М. В. Минц [и др.] // Изотопные системы и время геологических процессов: материалы IV рос. конф. по изотопной геохронологии (2–4 июня 2009 г., г. Санкт-Петербург). 2009. Т. 2. С. 25–28. **35.** Результаты комплексного исследования полиметаморфических анортозитов Лапландского гранулитового пояса: от петрографии к изотопным методам / Л. И. Нерович [и др.] // Петрология и рудоносность регионов СНГ и Балтийского щита: материалы X междунар. всерос. петрограф. совещ. Апатиты: КНЦ РАН, 2005, Т. 3. С. 206–208.

Сведения об авторах

Пожиленко Владимир Иванович — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН

E-mail: pozhil@geoksc.apatity.ru

Серов Павел Александрович — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН

E-mail: serov@geoksc.apatity.ru

Author Affiliation

Vladimir I. Pozhilenko — PhD (Geology & Mineralogy), Senior Researcher of the Geological Institute of the KSC of the RAS

Pavel A. Serov — PhD (Geology & Mineralogy), Senior Researcher the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: serov@geoksc.apatity.ru

Библиографическое описание статьи

Пожиленко, В. И. Sm-Nd изотопные исследования раннедокембрийских пород центральной части Кольского региона: новые данные / В. И. Пожиленко, П. А. Серов // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2018. — № 2 (10). — С. 71–86.

Reference

Pozhilenko Vladimir I., Serov Paul. A. Sm-Nd Isotope Studies of Early Precambrian Rocks of the Central Part of the Kola Region: New Data. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2018, vol. 2 (10), pp. 71–86 (In Russ.).

DOI: 10.25702/KSC.2307-5228.2018.10.2.87-97

УДК 582.34 (470.21)

ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ ГОРОДА КОЛА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)*

Т. П. Другова

ФГБУН Полярно-альпийский ботанический сад-институт
им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

Впервые проведено бриофлористическое исследование города Кола. Список мхов города насчитывает 67 мхов и содержит данные о местообитаниях и субстратах, наличии спорофитов и выводковых почек. Обсуждаются особенности флоры мхов города по сравнению с другими изученными урбанофлорами области, а также с другими городами России. Рассмотрена синантропная фракция бриофлоры. На территории города выявлен один вид, занесенный в Красную книгу Мурманской обл. (2014) — *Aongstroemia longipes* (Sommerf.) Bruch et al. и три редких в регионе эпилиты — *Schistidium apocarpum* (Hedw.) B.S.G., *S. duprettii* (Ther.) W. A. Weber и *S. lancifolium* (Kindb.) H. H. Blom.

Ключевые слова:

листоствельные мхи, бриофлора города, аннотированный список.

MOSESSES OF THE TOWN OF KOLA (MURMANSK REGION)

Tatjana P. Drugova

N. A. Avronin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of the KSC of the RAS

Abstract

The list of mosses of the Kola City was compiled for the first time and includes 67 species. Data on habitats and substrates, presence of sporophytes or gemmae are provided. Peculiarities of the Kola flora in comparison with explored urban floras of the region and Russia as well as synantropic part of flora are discussed. Bryofloristic composition of Kola is poor due to small diversity of habitats and high degree of anthropogenic transformation. Moss flora of Kola is rich in species of wet and paludified habitats (*Sphagnum* spp., *Warnstorfia* spp.). In comparison with other urban floras of the Murmansk region, many common minerotrophic mosses were not found in Kola because of absence of fens. Paludified habitats of Kola are presented mostly by slopping mires. Synantropic part consists of 40 trivial species, which were found on anthropogenic habitats in many towns of the region. Rare mosses: *Aongstroemia longipes* (Sommerf.) Bruch et al. — species from the Murmansk Region Red List (2014) and rare epilithes: *Schistidium apocarpum* (Hedw.) B.S.G., *S. duprettii* (Ther.) W. A. Weber and *S. lancifolium* (Kindb.) H. H. Blom were found in Kola.

Keywords:

mosses, urban moss flora, check-list.

Введение

Город Кола (68°52', 33°01') расположен на северо-западе Мурманской обл. в 12 км от областного центра — города Мурманска при слиянии рек Кола и Тулома, вблизи их впадения в Кольский залив. Основан в 1517 г. Площадь города — 10 км², население города — около 11 тыс. человек. Тип рельефа в районе Колы — морские равнины. Большая часть города лежит в низине (на высоте приблизительно 12 м над ур. м.) среди сопок (около 100 м над ур. м.), новостройки располагаются на ровных участках. Рядом с новостройками в городе соседствуют старые деревянные дома. Самая высокая точка города — гора Соловарка (80,6 м над ур. м.). Основными

* Работа выполнена в рамках темы ПАБСИ КНЦ РАН № 0229-2016-0001, а также частично при финансовой поддержке РФФИ (грант № 17-44-510841).



отраслями промышленности Колы являются пищевая промышленность, а также железнодорожные и автомобильные перевозки. В Коле имеется пивоваренный завод и крупная железнодорожная станция, а также рыболовные и рыбоперерабатывающие предприятия.

Город находится в атлантико-антарктической зоне умеренного климата. Климат формируется под влиянием близости Баренцева моря, теплого североатлантического течения. В холодные зимы, в отличие от Кольского залива, реки Кола и Тулома замерзают. Среднегодовое количество осадков 550–600 мм, среднегодовая температура воздуха -1°C . Почвы района работ — подзолы иллювиально-малогумусовые маломощные.

На территории города представлены фрагменты травяных и травяно-кустарничковых березовых лесов с примесью ивы, и ивняков (на их долю приходится всего около 15 % от площади, занимаемой Коллой) [1]. Сопки заняты березовыми криволесьями кустарничковыми, кустарничково-зеленомошными. Берега рек каменистые, по берегам развиты прирусловые ивняки. Большинство ценозов на территории города сильно антропогенно преобразованы. Так, довольно большие участки вдоль рек занимают пустыри и промплощадки, отсыпанные песком с практически полным отсутствием растительности. Вдоль берегов реки Тулома расположены многочисленные гаражные постройки. Значительную часть горы Соловарка занимает гравийно-песчаный карьер со сведенным растительным покровом, а склоны сопки сильно эродированы, на сохранившихся участках естественной растительности сильно развита тропиочная сеть. Поскольку Кола является крупной железнодорожной станцией, предназначенной в основном для грузовых и сортировочных целей, в городе значительные территории заняты складами. Напочвенный покров в большинстве ценозов города маловидовой и развит фрагментарно. Более или менее сохранившиеся сообщества березовых криволесий с вкраплениями заболоченных участков, имеющие хорошо развитый моховой покров, находятся в западной части города вблизи реки Тулома.

Материалы и методы

Бриофлористическое исследование территории Колы проводилось в июле 2010 г. в течение 7 дней. Город обследовался в пределах административных границ маршрутным методом. Изучены разнообразные типы экотопов (жилая застройка, территории, примыкающие к транспортным путям, промплощадки, берега рек, склоны сопки) и субстратов. Среди субстратов наиболее представлены почва с нарушенным напочвенным покровом, песок, мелкозем; самые редкие — почва с хорошо развитым напочвенным покровом. Полностью отсутствуют выходы коренных пород, каменистые местообитания включают в себя мелкокаменистые берега рек с практически полным отсутствием мхов, камни и валуны по склонам сопки, а также искусственные субстраты (бетон, асфальт). Всего собрано и определено около 200 образцов мхов. Определение видов выполнялось традиционным сравнительным анатомо-морфологическим методом с использованием отечественных и зарубежных руководств [2–24]. Образцы хранятся в гербарии Полярно-альпийского ботанического сада-института (ПАБСИ) (КРАБГ), данные этикеток доступны для просмотра в информационной системе CRIS (Cryptogamic Russian Information System, krabg.ru/cris/?q=node/16). Объем таксонов и номенклатура даются в соответствии со списком мхов Восточной Европы и Северной Азии [25].

Результаты и обсуждение

Аннотированный список мхов города Кола (табл.) насчитывает 67 видов с указанием всех типов местообитаний и субстратов и наличия спорофитов (S+) или выводковых тел (gemm.). Для частых видов перечисляются типы местообитаний и субстратов, а также выборочно гербарные номера в CRIS (КРАБГ); для редких на территории города мхов местообитания и гербарные номера в CRIS приводятся полностью. Значком «*» отмечен вид, занесенный в Красную книгу Мурманской обл. (2014) [26].

Список видов мхов города Кола
Check-list of the mosses of the Town of Kola

Вид Species	Зона обитания Habitat area
<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Bruch et al. S+	Жилая зона, на бетонной дорожке вдоль дома; на бетонном крыльце. КРАВГ 121478 Living zone, on concrete. КРАВГ 121478
<i>Andreaea rupestris</i> Hedw.	Криволесья, ивняки. Камни. КРАВГ 120956 Crook-stem birch forests, willow shrubs. Stones. КРАВГ 120956
* <i>Aongstroemia longipes</i> (Sommerf.) Bruch et al. S+	Промзона, пустырь, заросший низкими редкими ивами, на обнаженной глинистой почве. КРАВГ 120972 Industrial zone, wasteland with sparse small willows. Exposed clay soil. КРАВГ 120972
<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwägr.	Криволесья, открытые заболоченные участки, ивняки. Сырая почва. КРАВГ 120940 Open crook-stem birch forests, open paludified habitats, willow-shrubs. Wet soil. КРАВГ 120940
<i>Barbula convoluta</i> Hedw. S+	Жилая зона, на бетонном крыльце дома с небольшими прослойками почвы. КРАВГ 121476 Living zone. Concrete with thin soil layer. КРАВГ 121476
<i>Barbula unguiculata</i> Hedw.	Жилая зона, на обнаженной почве тропинки. КРАВГ 121477 Living zone. Trail. КРАВГ 121477
<i>Brachythecium salebrosum</i> (F. Weber & D. Mohr) Bruch et al.	Леса травяные, криволесья, зоны застройки. Почва, комли, обработанная древесина, бетон, асфальт. КРАВГ 120944 Herbal forests, open crook-stem birch forests, build-up areas. Soil, tree bases, treated wood, concrete, asphalt. КРАВГ 120944
<i>Bryum argenteum</i> Hedw. S+	Зоны застройки, пустыри, палисадники, клумбы, берега рек, тропы, эродированная и слабо задернованная почва, бетон. КРАВГ 120959 Build-up areas, wastelands, front gardens, flowerbeds, banks of rivers, trails. Eroded or slightly turfed soil, concrete. КРАВГ 120959
<i>Bryum lonchocaulon</i> Müll. Hal. S+, anth., arch.	Левый берег реки Тулома, обрыв к берегу, на обнаженной почве; промзона, пустырь, заросший низкими редкими ивами, на обнаженной глинистой почве. КРАВГ 120936 Left bank of Tuloma River, ravine, exposed soil; industrial zone, wasteland with sparse small willows, exposed clay soil. КРАВГ 120936
<i>Bryum pallescens</i> Schleich. ex Schwägr. S+	Оголенная песчаная почва пустыря. КРАВГ 121481 Wasteland. Sand. КРАВГ 121481

Вид Species	Зона обитания Habitat area
<i>Bryum pseudotriquetrum</i> (Hedw.) P. Gaertn., B. Mey. & Scherb.	Леса, криволесья, ивняки, берега рек, открытые заболоченные участки, зоны застройки, пустыри, палисадники. Почва, комли, бетон. КРАВГ 120962 Forests, open crook-stem birch forests, willow-shrubs, banks of rivers, paludified habitats, build-up areas, wastelands front gardens. Soil, tree bases, concrete. КРАВГ 120962
<i>Bucklandiella microcarpa</i> (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra	Криволесья, ивняки. Камни. КРАВГ 120933 Open crook-stem birch forests, willow-shrubs. Stones. КРАВГ 120933
<i>Calliergon cordifolium</i> (Hedw.) Kindb.	Леса, криволесья, ивняки, заболоченные участки, берега рек, канавы. Сырая почва. КРАВГ 120930 Forests, open crook-stem birch forests, paludified habitats, banks of rivers, ditches. Wet soil. КРАВГ 120930
<i>Calliergon giganteum</i> (Schimp.) Kindb.	Ивовый лес травяной, на почве и частично на ветках. КРАВГ 120950 Herbal willow shrub. Soil and branches. КРАВГ 120950
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid. S+	Леса, криволесья, ивняки, открытые поляны, пустыри, свалки, берега рек, тропы, зоны застройки. Почва, песок, мелкозем, комли, камни, бетон. КРАВГ 120933 Forests, open crook-stem birch forests, willow-shrubs, banks of rivers, paludified habitats, build-up areas, wastelands, trails, dumps. Soil, sand, fine earth, tree bases, stones, concrete. КРАВГ 120933
<i>Cynodontium strumiferum</i> (Hedw.) Lindb. S+	Сопка за мостом через реку Тулома, березняк травяно-кустарничковый, на камне; открытая поляна среди березового криволесья, на камне. КРАВГ 120932 Open crook-stem birch forest, stone; meadow among open crook-stem birch forests, stone. КРАВГ 120932
<i>Dicranum majus</i> Turner S+	Леса, криволесья. Почва, камни. КРАВГ 120942 Forests, open crook-stem birch forests. Soil, stones. КРАВГ 120942
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	Леса, криволесья, заболоченные участки, тропы, почва, камни, комли, гнилая древесина. КРАВГ 120939 Forests, open crook-stem birch forests, paludified habitats, trails. Soil, stones, tree bases, rotten wood. КРАВГ 120939

Вид Species	Зона обитания Habitat area
<i>Didymodon fallax</i> (Hedw.) Zander	Промзона, почва у разрушенных строений. КРАВГ 122831, 122832 Industrial zone. Soil near destroyed buildings. КРАВГ 122831, 122832
<i>Drepanocladus aduncus</i> (Hedw.) Warnst. S+	Бетонная канава с водой, проходящая по обочине автодороги; жилая зона, на деревянной скамейке. КРАВГ 120946 Roadside, concrete ditch with water; living zone, wooden bench. КРАВГ 120946
<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	На камнях в русле реки Колы вблизи берега. КРАВГ 122833 Kola River bed. Stones. КРАВГ 122833
<i>Hymenoloma crispulum</i> (Hedw.) Ochyra	Криволесья, зоны застройки. Камни и изредка асфальт в редко посещаемых местах. КРАВГ 122826 Open crook-stem birch forests, build-up zones. Stones, asphalt. КРАВГ 122826
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Bruch et al.	Леса, криволесья, ивняки. Почва. КРАВГ 120965 Forests, open crook-stem birch forests, willow-shrubs. Soil. КРАВГ 120965
<i>Kiaeria blyttii</i> (Bruch et al.) Broth.	Сопка за мостом через реку Тулома, березовое криволесье кустарничково-травяное, на камне. КРАВГ 120949 Open crook-stem birch forest, stone. КРАВГ 120949
<i>Kiaeria starkei</i> (F.Weber & D.Mohr) I.Hagen	Сопка за мостом через реку Тулома, березовое криволесье кустарничково-травяное, на камне. КРАВГ 120949 Open crook-stem birch forest, stone. КРАВГ 120949
<i>Leptobryum pyriforme</i> (Hedw.) Wilson	Криволесья, берега рек, пустыри, тропы, зоны застройки, газоны. Почва, песок, мелкозем. КРАВГ121479 Open crook-stem birch forests, banks of rivers, wastelands, trails, build-up areas, lawns. Soil, sand, fine earth. КРАВГ121479
<i>Niphotrichum canescens</i> (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra	Пустырь в промзоне, на обломках бетонной конструкции; открытая поляна среди ивняка, на камне. КРАВГ 120933 Industrial zone, wasteland, concrete debris; open meadow among willow-shrub, stone. КРАВГ 120933
<i>Paraleucobryum longifolium</i> (Hedw.) Loeske	Сопка за мостом через реку Тулома, березовое криволесье, на большом валуне. КРАВГ 120943 Open crook-stem birch forest. Boulder. КРАВГ 120943

Вид Species	Зона обитания Habitat area
<i>Philonotis fontana</i> (Hedw.) Brid.	Криволеесья, заболоченные участки, канавы, обочины автодорог. Почва, мочажины, мелкозем поверх бетона. КРАВГ 120937 Open crook-stem birch forest, paludified habitats, ditches, roadsides. Soil, hollows, concrete with fine earth. КРАВГ 120937
<i>Plagiomnium ellipticum</i> (Brid.) T. J. Kop.	Криволеесья, ивняки, заболоченные участки, зоны застройки. Почва, бетон. КРАВГ 120930 Open crook-stem birch forests, willow-shrubs, paludified habitats, build-up areas. Soil, concrete. КРАВГ 120930
<i>Plagiothecium denticulatum</i> (Hedw.) Bruch et al.	Леса, криволеесья, ивняки. Почва, комли, гнилая древесина, камни. КРАВГ 120961 Forests, open crook-stem birch forests, willow-shrubs. Soil, tree bases, rotten wood, stones. КРАВГ 120961
<i>Plagiothecium laetum</i> Bruch et al. S+	Сопка за мостом через реку Тулома, березовое криволеесье, на гнилом пне; березняк кустарничково-травяной, на почве. КРАВГ 120953 Open crook-stem birch forest, rotten stump; birch forest with dwarf shrubs, soil. КРАВГ 120953
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	Криволеесья, заболоченные участки. Почва. КРАВГ 120939 Open crook-stem birch forest, paludified habitats. Soil. КРАВГ 120939
<i>Pogonatum urnigerum</i> (Hedw.) P. Beauv.	Леса криволеесья, берега рек, обочины дорог, тропы, пустыри, зоны застройки, газоны, клумбы. Почва, песок, мелкозем, камни. КРАВГ 120958 Forests, open crook-stem birch forests, banks of rivers, roadsides, trails, wastelands, build-up areas, lawns, flowerbeds. Soil, sand, fine earth, stones. КРАВГ 120958
<i>Pohlia cruda</i> (Hedw.) Lindb.	Жилая зона, на оголенной почве тропинки. КРАВГ 121479 Living zone. Exposed soil of trail. КРАВГ 121479
<i>Pohlia filum</i> (Schimp.) Mårtensson gemm.	Берега рек, пустыри, тропы, зоны застройки. Обнаженная, эродированная почва, песок, мелкозем. КРАВГ 120945 Banks of rivers, wastelands, trails, build-up areas. Exposed eroded soil, sand, fine earth. КРАВГ 120945
<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb. S+	Леса, криволеесья, ивняки, берега рек, тропы, зоны застройки, палисадники, газоны. Почва, мелкозем, комли, гнилая древесина, бетон, асфальт. КРАВГ 120937 Forests, open crook-stem birch forests, willow-shrubs, banks of rivers, trails, build-up zones, front gardens, lawns. Soil, fine earth, tree bases, rotten wood, concrete, asphalt. КРАВГ 120937

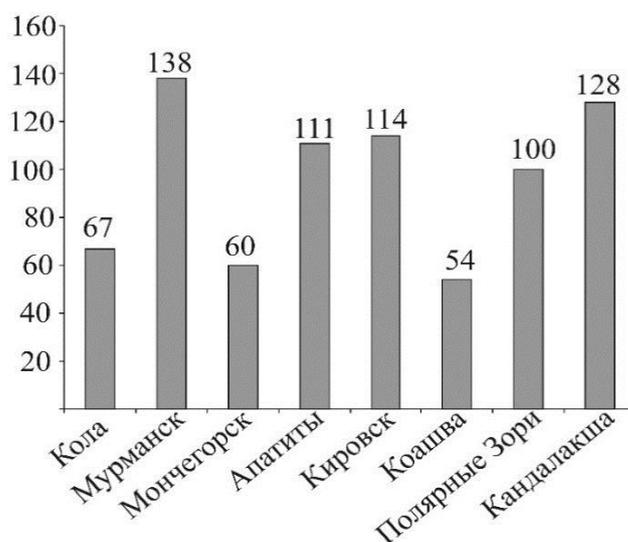
Вид Species	Зона обитания Habitat area
<i>Pohlia proligera</i> (Kindb.) Lindb. ex Broth. gemm.	Песчаные берега рек, пустыри, тропы. Обнаженная, эродированная почва, песок. КРАВГ 122830 Sandy river banks, wastelands, trails. Exposed eroded soil, sand. КРАВГ 122830
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	Криволесья, ивняки, заболоченные участки, канавы. Почва. КРАВГ 120937 Open crook-stem birch forests, willows, paludified habitats, ditches. Soil. КРАВГ 120937
<i>Polytrichum jensenii</i> I. Hagen	Березовое криволесье, открытый заболоченный участок, в мочажине с водой. КРАВГ 120964 Open crook-stem birch forests, paludified habitats. Hollows. КРАВГ 120964
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	Криволесья, берега рек, тропы, пустыри, обочины дорог. Почва. КРАВГ 120939 Open crook-stem birch forests, banks of rivers, trails, wastelands, roadsides. Soil. КРАВГ 120939
<i>Polytrichum piliferum</i> Hedw.	Криволесья, ивняки, берега рек, обочины дорог, газоны, пустыри. Эродированная почва, камни. КРАВГ 120933 Open crook-stem birch forests, willow-shrubs, banks of rivers, roadsides, lawns, wastelands. Eroded soil, stones. КРАВГ 120933
<i>Pseudobryum cinclidioides</i> (Huebener) T. J. Kop.	Склон сопки, заболоченный березняк хвощевой, на сырой почве; густые заросли ив, на почве с водой. КРАВГ 120941 Slope of the hill, paludified birch forest, wet soil; dense willow-shrubs, soil with water. КРАВГ 120941
<i>Pylaisia polyantha</i> (Hedw.) Bruch et al. S+	Жилая зона, на бетонной стене здания. КРАВГ 120957 Living zone. Concrete wall of building. КРАВГ 120957
<i>Rhizomnium pseudopunctatum</i> (Bruch & Schimp.) T. J. Kop. S+	Леса, криволесья, берега рек, канавы. Почва. КРАВГ 120942 Forests, open crook-stem birch forests, banks of rivers, ditches. Soil. КРАВГ 120942
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske S+	Леса, криволесья, ивняки, заболоченные участки, берега рек, канавы, обочины дорог, тропы, палисадники, пустыри, зоны застройки. Почва, песок, мелкозём, комли, гнилая и обработанная древесина, камни, бетон, асфальт. КРАВГ 120933 Forests, open crook-stem birch forests, willow-shrubs, paludified habitats, banks of rivers, ditches, roadsides, trails, front gardens, wastelands, build-up areas. Soil, sand, fine earth, tree bases, rotten and treated wood, stones, concrete, asphalt. КРАВГ 120933

Вид Species	Зона обитания Habitat area
<i>Schistidium agassizii</i> Sull. & Lesq. S+	Жилая зона, на асфальтированной дорожке вдоль жилого дома. КРАВГ 121471 Living zone. Asphalted road near building. КРАВГ 121471
<i>Schistidium apocarpum</i> (Hedw.) Bruch et al. S+	Жилая зона, на бетоне и асфальте. КРАВГ 120931 Living zone. Concrete, asphalt. КРАВГ 120931
<i>Schistidium dupretii</i> (Thér.) W. A. Weber S+	Жилая зона, на асфальтовых дорожках и на обросшей мхами асфальтированной площадке. КРАВГ 122827, 122828 Living zone. Asphalt. КРАВГ 122827, 122828
<i>Schistidium lancifolium</i> (Kindb.) H. H. Blom	Склон сопки, березовое криволесье, на большом валуне. КРАВГ 120943 Open crook-stem birch forest. Boulder. КРАВГ 120943
<i>Sciuro-hypnum latifolium</i> (Kindb.) Ignatov & Huttunen	Ивовый лес травяной по окраине дороги Кола–Печенга, на почве. КРАВГ 120961 Herbal willow- shrubs. Soil. КРАВГ 120961
<i>Sciuro-hypnum oedipodium</i> (Mitt.) Ignatov & Huttunen S+	Леса, криволесья, берега рек, зоны застройки. Почва, комли, обработанная древесина, камни. КРАВГ 120939 Forests, open crook-stem birch forests, banks of rivers, build-up areas. Soil, tree bases, treated wood, stones. КРАВГ 120939
<i>Sciuro-hypnum reflexum</i> (Starke) Ignatov & Huttunen	Леса, криволесья, берега рек, зоны застройки, пустыри, канавы, обочины дорог. Почва, мелкозем, комли, обработанная древесина, камни, бетон, асфальт, кирпич. КРАВГ 120943 Forests, open crook-stem birch forests, banks of rivers, build-up areas, wastelands, ditches, roadsides. Soil, fine earth, tree bases, treated wood, stones, concrete, asphalt, brick. КРАВГ 120943
<i>Sciuro-hypnum starkei</i> (Brid.) Ignatov & Huttunen	Криволесья, ивняки, берега рек. Комли и стволы. КРАВГ 122829 Open crook-stem birch forests, willow-shrubs, banks of rivers. Tree bases and trunks. КРАВГ 122829
<i>Sphagnum centrale</i> C. Jens. ex H. Arnell & C. Jens.	Склон сопки, заболоченный березняк хвощевой, повсюду на сырой почве. КРАВГ 121483 Slope of the hill, paludified birch forest. Wet soil. КРАВГ 121483
<i>Sphagnum cuspidatum</i> Ehrh. ex Hoffm.	Склон сопки в районе моста через реку Тулома, заболоченный низкорослый ивняк, открытая мочажина с водой. КРАВГ 121482 Slope of the hill, paludified willow-shrub. Hollow with water. КРАВГ 121482

Вид Species	Зона обитания Habitat area
<i>Sphagnum fallax</i> (H. Klinggr.) H. Klinggr.	Сырой ольшаник травяной, на почве с водой; склон сопки в районе моста через реку Тулома, заболоченный низкорослый ивняк, открытая мочажина с водой. КРАВГ 120948 Wet herbal alder forest, soil with water; slope of the hill, paludified willow-shrub, hollow with water. КРАВГ 120948
<i>Sphagnum girgensohnii</i> Russow	Березняк заболоченный сфагновый вблизи правого берега реки Тулома, на сырой почве с <i>Equisetum</i> sp.; склон сопки, заболоченный березняк хвощевой, на сырой почве повсюду. КРАВГ 120934 Paludified birch forests. Wet soil. КРАВГ 120934
<i>Sphagnum lindbergii</i> Schimp.	Склон сопки за рекой Тулома, открытое понижение с водой, на почве, пропитанной водой. КРАВГ 120935 Slope of the hill, open meadow. Wet soil. КРАВГ 120935
<i>Sphagnum russowii</i> Warnst.	Открытое заболоченное место среди березового криволеся, на кочке. КРАВГ 122825 Paludified meadow among open crook-stem birch forest. Hummock. КРАВГ 122825
<i>Sphagnum riparium</i> Ångstr.	Открытое болото среди березового криволеся на склоне сопки, на торфянистой сырой почве. КРАВГ 120954 Sloping fen. Peat. КРАВГ 120954
<i>Sphagnum squarrosum</i> Crome	Заболоченные березовые криволеся и леса, открытые заболоченные участки на сопках, ивняки, берега рек. Почва и в воде мочажин. КРАВГ 120934 Paludified forests and open crook-stem birch forests, sloping fens, willow-shrubs, banks of rivers. Soil and hollows. КРАВГ 120934
<i>Sphagnum teres</i> (Schimp.) Ångstr.	Заболоченные березовые криволеся и леса, открытые заболоченные участки на сопках. Почва и в воде мочажин. КРАВГ 120963 Paludified forests and open crook-stem birch forests, sloping fens. Soil and hollows. КРАВГ 120963
<i>Straminergon stramineum</i> (Dicks. ex Brid.) Hedenäs	Заболоченные березовые криволеся и леса, открытые заболоченные участки на сопках, берега рек, ивняки, канавы. Почва и в воде мочажин. КРАВГ 120934 Paludified forests and open crook-stem birch forests, sloping fens, willow-shrubs, banks of rivers, ditches. Soil and hollows. КРАВГ 120934
<i>Syntrichia norvegica</i> F. Weber	Жилая зона, на бетонной стене здания. КРАВГ 120957 Living zone. Concrete wall of building. КРАВГ 120957

Warnstorfia exannulata (Bruch et al.) Loeske	Заболоченные березовые кривоlessя, открытые заболоченные участки на сопках. Почва и в воде мочажин. КРАБГ 120935 Paludified open crook-stem birch forests, slopping fens. Soil and hollows. КРАБГ 120935
Warnstorfia fluitans (Hedw.) Loeske	В канаве со стоячей водой по обочине трассы Кола — Печенга. КРАБГ 120952 Roadside, ditch with water. КРАБГ 120952

Как уже отмечалось ранее, бриофлора города Колы насчитывает 67 мхов. По сравнению с бриофлорами других городов Мурманской обл. это довольно бедная и малоспецифичная урбанобриофлора (рис.). Флора Колы сопоставима по объему лишь с таковой города Мончегорск и пос. Коашва. Мончегорск — один из наиболее загрязненных городов области, растительный покров его экосистем, в т. ч. моховый, испытывает влияние выбросов комбината «Североникель». В пос. Коашва отмечено меньшее количество видов вследствие малой площади, занимаемой поселком, а также бедного набора экотопов, отсутствия перепадов высот, выходов горных пород. Большие объемы бриофлор других изученных городов региона связаны с присутствием на их территориях бриофлористически богатых и интересных экотопов (многочисленные влажные скальные выходы, болота, берега озер (в городе Мурманске), участки сохранившихся лесов с вкраплениями болот (Апатиты), разнообразные экотопы на склонах горы Айкуайвенчорр (Кировск), берега и русло реки Нивы (Полярные Зори и Кандалакша)).



Число видов мхов в городах Мурманской обл. [27, 28]
Number of moss species in the towns of the Murmansk Region [27, 28]

В Коле отмечен мох *Aongstroemia longipes*, занесенный в Красную книгу Мурманской обл. с категорией охраны 3. Его обнаружение на территории города вполне закономерно, так как мох является пионером зарастания почв и довольно часто встречается на вторичных экотопах городов Мурманской обл. Еще три вида эпилита — *Schistidium apocarpum*, *S. duprettii* и *S. lancifolium*, отмеченные в Коле, встречаются в регионе довольно редко. В городах эти виды обнаруживаются чаще, чем в природных сообществах, что связано с их кальцефильной специализацией и экологической толерантностью к ряду условий (рекреационной нагрузке, загрязнению воздуха, неспособностью искусственных субстратов удерживать влагу), создающихся в урбаноекотопах. Возможность произрастания в измененных человеком экотопах у этих видов связана с наличием большого числа подходящих субстратов, обогащенных кальцием, и способностью выдерживать средний уровень нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Мурманской области. М., 1971. 33 с. 2. *Абрамова А. Л., Савич-Любичкая Л. И., Смирнова З. Н.* Определитель листостебельных мхов Арктики СССР. М.; Л., 1961. 715 с. 3. *Савич-Любичкая Л. И., Смирнова З. Н.* Определитель сфагновых мхов СССР. Л.: Наука, 1968. 112 с. 4. *Савич-Любичкая Л. И., Смирнова З. Н.* Определитель листостебельных мхов СССР. Верхоплодные мхи. Л.: Наука, 1970. 826 с. 5. *Игнатов М. С., Игнатова Е. А.* Флора мхов средней части Европейской России. *Sphagnaceae — Hedwigiaceae*. М.: КМК, 2003. Т. 1. С. 1–608. 6. *Игнатов М. С., Игнатова Е. А.* Флора мхов средней части Европейской России. *Fontinaliaceae — Amblystegiaceae*. М.: КМК, 2004. Т. 2. С. 609–944. 7. Флора мхов России. *Oedipodiales — Grimmiales / М. С. Игнатов [и др.]*. М., 2017. Т. 2. 560 с. 8. *Andrus R. E.* *Sphagnaceae* (Peat Moss Family) of New York State // Contributions to a Flora of New York State III. N. Y.: State Museum Bull. 1980. No. 442. 89 p. 9. *Blom H. H.* A Revision of the *Schistidium apocarpum* Complex in Norway and Sweden // Bryophyt. Bibl. 1996. Vol. 49. P. 1–333. 10. *Blom H. H.* Genus *Schistidium* // Nyholm E. Illustrated Moss Flora of Nordic Mosses. Fasc. 4. *Aulacomniaceae — Meesiaceae — Catosciaceae — Bartramiaceae — Timmiaceae — Encalyptaceae — Grimmiaceae — Ptychomitriaceae*. Lund, 1998. P. 287–330. 11. *Bremer B.* A Taxonomic Revision of *Schistidium* (*Grimmiaceae, Bryophyta*) // Linbergia. 1980. Vol. 6. No. 4. P. 1–16. 12. *Czernjadjeva I. V.* On the Distribution of Propaguliferous Species of *Pohlia* (*Bryaceae, Musci*) in Russia // Arctoa. 1999. Vol. 8. P. 51–56. 13. *Flatberg K. I.* Norwegian Sphagna. A Field Colour Guide // Univ. Trondheim Vitensk. mus. Rapp. Bot. Ser. 1994 3. P. 1–42. 14. *Flatberg K. I.* Norges torvmoser. Trondheim: Akademika forlag, 2013. 307 p. 15. Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Bladmossor: Sköldmossor — blåmossor. Bryophyta: Buxbaumia — Leucobryum / *T. Hallingbäck [et al.]* // ArtDatabanken, SLU, Uppsala, 2006. 416 p. 16. *Hallingbäck T., Lönnell N., Weibull H.* Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Bladmossor: Kompaktmossor — kapmossor. Bryophyta: *Anoetangium — Orthodontium*. ArtDatabanken, SLU, Uppsala, 2008. 504 p. 17. *Hedenäs L., Reisborg C., Hallingbäck T.* Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Bladmossor: Skirmossor — baronmossor. Bryophyta: *Hookeria — Anomodon*. ArtDatabanken, SLU, Uppsala, 2014. 366 p. 18. Notes on Distribution of *Schistidium* species (*Grimmiaceae, Bryophyta*) in Murmansk Province and Karelia / *E. A. Ignatova [et al.]* // Arctoa. 2006. Vol. 15. P. 201–210. 19. The Intricate Beauty of *Sphagnum* Mosses – a Finnish Guide to Identification / *J. Laine [et al.]* // University of Helsinki Department of Forest Ecology Publications/ 2009. No. 39. 190 p. 20. *Kučera J.* Illustrierter Bestimmungsschlüssel zu den mitteleuropäischen Arten der Gattung *Didymodon* // Meylania. 2000. No. 19. P. 2–48. 21. *Nyholm E.* Illustrated Moss Flora of Nordic Mosses. *Fissidentaceae — Seligeriaceae*. Lund, 1986. Fasc. 1. P. 1–72. 22. *Nyholm E.* Illustrated Moss Flora of Nordic Mosses. *Pottiaceae — Splachnaceae — Schistostegaceae*. Lund, 1989. Fasc. 2. P. 75–141. 23. *Nyholm E.* Illustrated Moss Flora of Nordic Mosses. *Bryaceae — Rhodobryaceae — Mniaceae — Cinclidiaceae — Plagiomniaceae*. Lund, 1993. Fasc. 3. P. 145–244. 24. *Shaw A. J.* Propaguliferous Species of *Pohlia* in North America // J. Hatt. Bot. Lab. 1981. N 50. P. 1–81. 25. *Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A.* Check-List of Mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. 2006. Vol. 15. P. 1–130. 26. Красная книга Мурманской области // ред. *Н. А. Константинова [и др.]*. Кемерово: Азия-Принт, 2014. 584 с. 27. *Другова Т. П.* Сравнительный анализ бриофлор городов Мурманской области // Труды Карельского научного центра РАН. 2017. № 1. С. 32–49. 28. *Другова Т. П.* Листостебельные мхи поселка Коашва (Мурманская область, Хибинские горы) // Биоразнообразии: подходы к изучению и сохранению: материалы междунар. науч. конф. (8–11 ноября 2017 г., г. Тверь). / Тверской гос. ун-т, Русское ботаническое общество. 2017. С. 81–85. 29. *Smith A. J. E.* Epiphytes and Epiliths // Bryophyte Ecology. 1982. Ch. 7. P. 191–227.

Сведения об авторе

Другова Татьяна Петровна — кандидат биологических наук, зав. лабораторией «Гербарий» Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН

E-mail: darktanya@mail.ru

Author Affiliation

Tatjana P. Drugova — PhD (Biology), Head of Herbarium Laboratory of N. A. Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of the KSC of the RAS

E-mail: darktanya@mail.ru

Библиографическое описание статьи

Другова, Т. П. Листостебельные мхи города Кола (Мурманская область) / *Т. П. Другова* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2018. — № 2 (10). — С. 87–97.

Reference

Drugova Tatjana P. Mosses of the Town of Kola (Murmansk Region). *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2018, vol. 2 (10), pp. 87–97 (In Russ.).

DOI: 10.25702/KSC.2307-5228.2018.10.2.98-108
УДК 519.876.5

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРОСТРАНСТВА КАК СРЕДСТВО ОЦЕНКИ СИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЕРАРХИЙ*

А. Я. Фридман

Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН

Аннотация

На примере ранее разработанной автором системы ситуационного моделирования предложены методы когнитивной многокритериальной классификации и обобщения описания ситуаций в иерархических предметных областях. Методы учитывают прототипические эффекты и степень типичности представителей внутри одной категории согласно семантическим мерам близости категорий, моделируемых в концептуальных пространствах, что позволяет повысить гибкость классификации и ее устойчивость к неточности данных, а также скорость поиска прецедентов. Актуальность работы определяется необходимостью интеллектуализации систем моделирования сложных объектов в динамической окружающей среде для повышения информационной обеспеченности и эффективности принятия решений. Полученные результаты предлагается использовать как основу алгоритмического обеспечения современной системы распределенных интеллектуальных ситуационных центров для их эффективного развития и взаимодействия. ССМ могут создаваться на различных организационных уровнях (федеральном, региональном и корпоративном) с целью управления пространственными динамическими объектами соответствующих территориальных масштабов в условиях нормального функционирования и во внештатных ситуациях.

Ключевые слова:

когнитивная категоризация, концептуальное пространство, ситуационный подход, иерархическая система, имитационное моделирование.

AL SPACES AS A MEANS TO ESTIMATE SITUATIONAL AWARENESS IN MODELING DYNAMIC HIERARCHIES

Alexander Ya. Fridman

Institute for Informatics and Mathematical Modelling of the KSC of the RAS

Abstract

Exemplified with the system of situational modeling (SSM) earlier developed by the author, the methods of cognitive multicriteria classification, generalization of description and coordination of situations in hierarchical subject areas are proposed. Methods take into account the prototypical effects and the degree of typicality of representatives within one category according to the semantic proximity measures for categories modeled in conceptual spaces, which allows to increase the classification flexibility and its resistance to data inaccuracy, as well as the speed of search for precedents. The relevance of the work is determined by the need to intellectualize the systems for modeling complex objects in dynamic environments in order to improve informational provision and efficiency of decision-making. The obtained results are proposed to be used as a basis for algorithmic support of a modern system of distributed intelligent situational centers for their effective development and interaction. SSMS can be created at various organizational levels (federal, regional, and corporate ones) to manage spatial dynamic objects of appropriate territorial scales both under normal operational conditions and in emergencies.

Keywords:

cognitive categorization, conceptual space, situational approach, hierarchical system, simulation.

* Работа частично поддержана грантами РФФИ (проекты № 16-29-04424-офи_м, № 16-29-12901, № 18-07-00132-а, № 18-01-00076-а).



Введение

В предложенных Д. А. Поспеловым [1] системах ситуационного управления требуется решать ряд задач, основанных на результатах классификации некоторых структур или процессов. Во-первых, это собственно задача классификации ситуаций, где необходимо выяснить, к какому классу относится текущая ситуация, выявить пожелания ЛПР по дальнейшему управлению подчиненным ему объектом и предложить управление, реализующее эти пожелания с учетом состояния системы и имеющихся ограничений. Во-вторых, это задача обобщения описаний ситуации на основе их классификации с использованием множества прагматически важных признаков [1]. Во всех случаях при выработке рекомендаций желательно учитывать предшествующий опыт управления, то есть уметь анализировать архивы ситуаций и выявлять среди них аналоги текущей ситуации. Ввиду сложности управляемой системы не приходится рассчитывать на наличие полных аналогов, что приводит к необходимости привлечения интеллектуальных методов принятия решений. В частности, перспективным представляется переход от анализа классических категорий структур и процессов, основанных на отношениях эквивалентности, к методам предложенной в работе [2] и получившей значительное развитие [3–7] когнитивной (семантической) категоризации, которые учитывают прототипические эффекты и степень типичности представителей внутри одной категории [8], а также используют семантические меры близости категорий, моделируемых в так называемых концептуальных пространствах [9–11]. Поскольку требуется сопоставлять графовые структуры, обычно применяются методы поиска заданного шаблона в графах [12–14].

В настоящей статье рассматривается решение перечисленных проблем в рамках ранее разработанной системы ситуационного моделирования (ССМ) динамических иерархических пространственных комплексов (ДИПК) [15]. Полученные результаты предлагается использовать в качестве основы алгоритмического обеспечения современной системы распределенных интеллектуальных ситуационных центров для их эффективного развития и взаимодействия. ССМ могут создаваться на различных организационных уровнях (федеральном, региональном и корпоративном) с целью управления ДИПК соответствующих территориальных масштабов.

Ситуационный подход используется в различных предметных областях и формализуется различными способами [16–18]. Формальное определение термина «ситуация» обычно не дается, неформальные определения в той или иной степени соответствуют принятому в системном анализе описанию ситуации как некоторого стоп-кадра, фиксирующего значения всех существенных для решаемой задачи переменных и соотношения между ними в некоторый фиксированный момент времени. В общем случае ситуация определяется знаниями о структуре объекта, состоянии системы управления и о технологии (стратегиях) управления [1] в этот момент.

Представляется, что сложность метода ситуационного управления можно существенно снизить путем его адаптации к конкретным моделям предметных областей. В ССМ [15] дано формальное определение ситуации и основных аспектов ситуационного подхода для конкретной модели ДИПК, решены задачи классификации и обобщения ситуаций. Однако имеются трудности при построении классов ситуаций из-за недостаточно гибкой процедуры построения классов. В связи с изложенным в последующих разделах работы исследуются возможности применения когнитивной категоризации для развития ситуационного подхода к исследованию динамики пространственных объектов на базе концептуальной модели, образующей ядро ССМ.

Особенности концептуальных пространств

Поскольку в русскоязычной литературе не всегда удается найти устоявшиеся термины по рассматриваемой тематике, далее при необходимости приводятся соответствующие англоязычные конструкции. Концептуальные пространства (КП) [9–11, 19]) представляют собой

геометрические структуры, основанные на размерностях качества (quality dimensions — QD), которые определяют степень схожести или различия объектов. Суждения о сходстве и различии обычно порождают упорядочивающее отношение на множестве объектов, например, суждения о высоте звука порождают естественный порядок от «низкого» до «высокого». К размерностям качества относятся цвет, высота звука, температура, вес и три обычных пространственных измерения. Некоторые размерности тесно связаны с типами информации, которая анализируется нашими сенсорными рецепторами, но есть и абстрактные QD.

Понятие размерности следует понимать буквально. Предполагается, что каждая из качественных размерностей наделена определенными топологическими или метрическими структурами. Например, «время» представляет собой одномерную структуру, изоморфную прямой вещественных чисел. Аналогично, «вес» является одномерным с нулевой точкой, изоморфной полупрямой неотрицательных чисел. Некоторые QD дискретны, т. е. они просто делят объекты на классы, к примеру, пол какого-либо индивидуума.

Для преобразования суждений о сходстве в концептуальное пространство обычно используется многомерное шкалирование [8].

В концептуальных пространствах объекты характеризуются набором атрибутов или качеств. Каждое качество принимает значения в определенном домене (domain [20]), которые могут быть непрерывными или дискретными. Например, качество тона (или частоты) для музыкальных тонов принимает значения в области положительных действительных чисел. Объекты идентифицируются точками в концептуальном пространстве, представляющем собой декартово произведение доменов, а понятия есть области в этом пространстве.

Отношения сходства (similarity relations) фундаментальны для концептуальных пространств. Они фиксируют информацию из суждений о сходстве. Чтобы моделировать некоторые отношения сходства, концептуальное пространство наделяют мерой расстояния.

Определение 1. Мера расстояния d есть функция из $C \times C$ в T , где C — концептуальное пространство, а T — вполне упорядоченное множество.

Измерения расстояний приводят к естественной модели сходства: чем меньше расстояние между двумя объектами в концептуальном пространстве, тем они более похожи. Связь между расстоянием и сходством не обязательно линейна, например, сходство может экспоненциально убывать с расстоянием.

В частном случае, где мера расстояния есть метрика, *отношение промежуточности* (betweenness) между точками КП определяется так: b находится между a и c тогда и только тогда, когда $d(a; b) + d(b; c) = d(a; c)$.

Обычно полезны свойства связности, звездообразности и выпуклости областей в концептуальных пространствах.

Определение 2. Подмножество C концептуального пространства:

(i) *связно*, если оно не является несвязным объединением двух непустых замкнутых множеств;

(ii) *звездообразно* относительно точки p (называемой *точкой ядра*), если для всех точек x из C все точки между x и p также принадлежат C ;

(iii) *выпукло*, если для всех точек x и y из C все точки между x и y тоже находятся в C .

Определение 3. Ядро звездообразной области C есть множество всех возможных точек ядра (см. (ii) Определения 2), обозначаемое *kernel* (C).

Категории и прототипы

Категоризация приводит к разбиению концептуального пространства на (значимые) субрегионы. Геометрическая природа концептуальных пространств, связанных с представлениями о прототипах и способностью манипулировать размерностями независимо друг от друга, обеспечивает гибкое и практичное представление контекстно зависимой категоризации. Контекст

формируется весами QD и/или добавлением/удалением экземпляров (individuals, objects), в том числе прототипов. Степень типичности экземпляров определяется их расстоянием до прототипа. Соответственно, в каждой категории некоторые члены считаются более представительными, чем другие [8–11]. Классификация объектов осуществляется путем определения их сходства с прототипом. Экземпляры выше некоторого порога сходства с прототипом принимаются как члены категории, все остальные экземпляры не являются членами. Прототипом не всегда служит один из реальных экземпляров, входящих в категорию, это может быть и некоторый идеальный набор значений атрибутов.

Основная идея заключается в том, что мозаику (диаграмму) Г. Вороного [10, 21], построенную вокруг прототипов по правилу ближайшего соседа, можно использовать для определения порога сходства, который формирует границы категорий. Другими словами, прототипы и базовое отношение сходства с ними применимы для разбиения концептуального пространства на категории, причем при использовании евклидовой метрики категории обладают свойством выпуклости.

Поиск шаблона в графах и ситуационная осведомленность

Сопоставление графов (Graph Matching) — это классический оптимизационный подход, который изучается в течение ряда лет и рассматривает два независимых графа. Первый граф называется *графом данных* (также входным графом) и содержит всю информацию с датчиков, собранную в определенной предметной области. Вторым графом — *граф шаблона* (также именуется гипотезой/шаблоном/образцом) — описывает некоторую сигнатуру информации, которая интересует аналитика. Обычно шаблонный граф намного меньше, чем граф данных, и требуется исследовать синтаксическую и семантическую встречаемость шаблона в графе данных. Графовые представления широко используются для обработки структурированной информации в разных областях, таких как сети, психосоциология, интерпретация изображений, распознавание образов и т. д. Одна из важных проблем, которые необходимо решать при использовании таких представлений, — это сопоставление графов. Для достижения хорошего соответствия между двумя графами наиболее часто используется концепция изоморфизма графов, и много публикаций посвящено поиску наилучшего соответствия между двумя графами или подграфами. Однако в ряде случаев требование изоморфизма слишком сильное, тогда применяют методы неточного сопоставления графов [12–14], здесь два графа можно сравнить, даже если они семантически различны. В еще более слабом виде соответствия — «гомеоморфизме» — исключается условие, что вершины первого графа должны отображаться в разные узлы другого. Все упомянутые выше задачи NP-полны.

В неточном сопоставлении графов [14] некоторые строгие условия, налагаемые точным сопоставлением, ослаблены для учета возмущений в системе. В этом случае два узла, которые не удовлетворяют условию сохранения края, могут быть сопоставлены, но есть стоимость, назначенная этому отображению. Оптимальные алгоритмы неточного сопоставления всегда находят точное решение, если оно существует. Приближенный или субоптимальный алгоритм сопоставления обнаруживает локальные минимумы, которые могут быть далеко от глобальных минимумов.

В задачах оценки ситуации (см. обзор [22]) состояние объектов и отношения между ними также удобно представлять в виде графов. В настоящее время концепция ситуационной осведомленности (СО) (situation(al) awareness) описывает наиболее общие принципы подготовки и обработки информации для реализации ситуационного подхода в динамических предметных областях [18, 22–24]. Ситуационная осведомленность включает в себя осознание того, что происходит в окружающей среде, чтобы понять, как информация, события и собственные действия будут влиять на цели и задачи в текущий момент и в ближайшем будущем. Недостаточную или неверную осведомленность о ситуации считают одним из основных факторов, связанных

с несчастными случаями, которые вызваны «человеческим фактором» [22]. Таким образом, осведомленность о ситуации особенно важна в профессиональной деятельности, где поток информации может быть довольно высоким, а плохие решения могут привести к серьезным последствиям. Это особенно явно проявляется в высокодинамичных предметных областях (например, пилотирование самолета, военные действия, обращение с тяжелобольными или ранеными пациентами и т. п.), однако, по мнению автора, требует учета и в рассматриваемых задачах моделирования ДИПК, где время принятия решений достаточно велико, но остальные аспекты СО весьма существенны.

Формальное определение СО разделяется на три сегмента: восприятие элементов в окружающей среде, понимание ситуации и прогноз будущего статуса [24]. Наличие полной, точной и актуальной СО особенно важно, когда сложность процесса и ситуации вызывает сомнения в возможностях ЛПР (пользователя) самостоятельно справиться с этим. Ситуационная осведомленность признается важной, но зачастую труднодостижимой основой для успешного принятия решений в широком спектре сложных и динамичных систем, включая авиацию, управление воздушным движением, судовую навигацию, здравоохранение, экстренное реагирование, управление военными действиями и т. д.

Основы принципы СО, предложенные автором этого подхода М. Эндсли (например, [24]), можно резюмировать в следующем виде:

- 1) восприятие, понимание и прогнозирование как три базовых уровня СО;
- 2) значительная роль целей и целенаправленной обработки данных в направлении внимания и интерпретации значимости воспринимаемой информации;
- 3) роль специфики информации в «захватывании» внимания с учетом появляющихся данных (data-driven) и важность чередования целенаправленной (goal-driven) и управляемой данными (data-driven) обработки;
- 4) роль ожиданий (подпитываемых текущей моделью ситуации и информацией из долгосрочных хранилищ) в направлении внимания и интерпретации информации;
- 5) жесткие требования по ограничению рабочей памяти, сужающие СО для новичков и ЛПР, оказавшихся в новых ситуациях, но огромные преимущества умственных моделей и сопоставления образцов с прототипической схемой, которые в значительной степени обходят эти ограничения;
- 6) использование ментальных моделей для предоставления средств интеграции различных аспектов информации и понимания ее значения (применительно к целям), а также для поддержки возможностей людей по составлению полезных прогнозов вероятных будущих событий и состояний;
- 7) согласование шаблонов со схемами — прототипическими состояниями ментальной модели, что обеспечивает быстрое достижение понимания и возможность прогнозирования, относящихся к распознанной ситуации, а во многих случаях — извлечение адекватных ситуации действий за один шаг.

Некоторые исследователи критикуют этот подход за излишнюю общность (см., в частности, [23]). Представляется, что общие принципы СО действительно становятся реалистичными только применительно к конкретной модели принятия решений в той или иной предметной области. Поэтому далее они интерпретируются для ССМ.

Теперь покажем, как представленные выше концепты можно конструктивно использовать для улучшения информационной обеспеченности при поддержке принятия управленческих решений с помощью ССМ [15, 25]. Однако вначале необходимо привести краткие сведения об организации моделирования в этой системе.

Основы ситуационного моделирования

Напомним, что декларативный язык модели предметной области (МПО) в ССМ основан на аксиоматической теории множеств. Он включает концептуальные описания объектов реального мира, отношений и атрибутов этих объектов. В МПО допускается три вида элементов

(сущностей): объекты, процессы и данные (или ресурсы). Объекты образуют иерархию, отражающую организационную и пространственную структуру моделируемой системы, каждый из них может включать множество процессов, совокупность которых описывает преобразование некоторого множества входных ресурсов во множество его выходных данных. В результате выполнения какого-либо процесса данные меняются, система переходит в новое состояние. Отношения в МПО могут связывать подмножества любых ранее определенных в ней элементов.

Постановку задачи моделирования ЛПР осуществляет путем задания *исходной ситуации* — конечного списка имен ресурсов или фактов касательно состояния ДИПК. Экспертная система (ЭС) ССМ анализирует этот список и МПО, чтобы сформировать *полную ситуацию*, затрагивающую связный фрагмент модели, который содержит все интересующие ЛПР ресурсы, причем объект принятия решений (ОПР) есть корневой объект этого фрагмента, определяющий минимальный организационный уровень решения поставленной задачи. Полная ситуация может содержать альтернативные структуры подчиненной ОПР группы объектов, если они были предусмотрены при разработке МПО. Для этого либо используется декомпозиция некоторых объектов по классификатору ИЛИ, либо указывается возможность альтернативных путей получения входных ресурсов объектов. Следовательно, любая полная ситуация определяет множество *достаточных ситуаций*, каждая из которых уже не содержит альтернатив, поскольку в ней каждый объект с декомпозицией по ИЛИ заменяется одним из своих подобъектов и выбирается один из заданных альтернативных наборов ресурсов.

Сценарий [15] — последовательность достаточных ситуаций для выбранного ОПР — определяет конкретную структуру реализации задачи, на его основе можно автоматически сформировать корректное задание на имитацию поведения ДИПК по этому сценарию. Естественно, для имитации необходимо обеспечить наличие входных данных, то есть временных рядов значений для всех входных ресурсов достаточной (или полной, если предусмотрено изменение структуры ДИПК в ходе имитации) ситуации и начальных значений всех внутренних ресурсов. При наличии аналитических моделей процессов, во время имитации вызываются *исполнители процессов* — программы или функции, реализующие эти модели. Если аналитические модели по каким-либо причинам отсутствуют, исполнителями процессов и ресурсов могут служить наборы эвристических правил, которые хранятся в ЭС ССМ, специализированной для исследования ДИПК [15].

Классификация ситуаций может выполняться на каждом шаге имитации для ОПР либо любого объекта, которому подчинен ОПР. Класс текущей ситуации сообщается пользователю (ЛПР), который должен решить, в какой класс ситуаций он считает необходимым перевести моделируемый фрагмент. Если требуется изменить класс ситуаций, то модуль классификации выдает ЛПР для выбора один или несколько вариантов рекомендуемых достаточных ситуаций (структур моделируемого фрагмента), предпочтительных в выбранном классе.

Таким образом, в ССМ управление объектом сводится к выбору достаточных ситуаций в процессе моделирования. Цель классификации ситуаций состоит в сужении набора структур, допустимых на текущем шаге. Для этого, как принято в классической теории оптимального управления, достаточные ситуации сравниваются по значению некоторого функционала (*критерия качества*), зависящего от управлений и состояний объекта управления.

Вообще говоря, критерий качества любого элемента модели может содержать любые ресурсы, к которым этот элемент имеет доступ согласно МПО, то есть все входные и выходные ресурсы для процессов (кроме настроечных параметров их критерия качества), а для объектов — все ресурсы их самих и доминируемых ими объектов. Кроме того, при формировании критериев качества необходимо учитывать дополнительные структурные ограничения, зависящие от принятого *способа координации* взаимодействий его элементов [15, 26].

Таким образом, классификация ситуаций для всей МПО или любого ее связного фрагмента ставится следующим образом: на множестве правильно построенных достаточных ситуаций, реализуемых во фрагменте или модели, требуется найти ситуацию(и), предпочтительную по критерию качества ОПР.

Классификация в оперативном режиме работы (непосредственно в ходе моделирования) ведется по критерию качества вида:

$$\Phi ::= \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(\frac{a_i - a_{i0}}{\Delta a_i} \right)^2 \right)^{1/2} ::= \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta a_i^2 \right)^{1/2}, \quad (1)$$

где a_i — скалярные критерии качества данного объекта или процесса — ресурсы из списка его выходных параметров; m — длина этого списка, определяющая количество возможных классов ситуаций; a_{i0} и $\Delta a_i > 0$ — настроечные параметры, формализующие пожелания ЛПП относительно номинального значения некоторого скалярного критерия (a_i) и его допустимого отклонения (Δa_i)

от номинального значения; $\delta a_i ::= \frac{a_i - a_{i0}}{\Delta a_i}$ — относительное отклонение фактического значения

ресурса a_i от его номинального значения a_{i0} .

Следовательно, (1) есть обобщенный критерий, в котором коэффициенты важности обратно пропорциональны допустимым отклонениям скалярных критериев, что не лишено здравого смысла: чем важнее критерий, тем меньше его допустимое изменение и, соответственно, выше его вес в сумме (1).

По формуле (1) можно однозначно сопоставить текущие альтернативные структуры ОПР по степени их соответствия пожеланиям ЛПП, а также классифицировать их по признаку доминирования одного из скалярных критериев в обобщенных затратах на выходе ОПР. Всего классов, как уже отмечалось, m , в i -й класс входят те ситуации, для которых (по сравнению с другими слагаемыми) минимально одно и то же (i -е) слагаемое в сумме (1), а среди достаточных ситуаций i -го класса оптимальна та, для которой значение этого слагаемого минимально в данном классе [15, 25].

Задача классификации и обобщения ситуаций в ССМ решается с помощью набора программ, синтезирующих и анализирующих типы ситуаций для решения вопросов координации и согласования управлений на различных уровнях модели ССМ, а также обобщающих описаний ситуаций путем анализа пространственно-временных зависимостей между элементами ситуаций с помощью библиотеки пространственно-временных функций (ПВФ).

К настоящему моменту разработаны две пространственные функции, которые анализируют элементы, примыкающие к текущему геометрически либо имеющие одинаковые с ним значения заданных параметров сходства, и одна временная, обеспечивающая выборку ретроспективных данных за некоторый промежуток времени. ПВФ, а также комбинации ПВФ, однократно вложенные друг в друга, допускается включать в левые части правил ЭС ССМ.

В отличие от правил, генерируемых при обобщении ситуаций по их типам (этот вид обобщения описан ниже в п. 7), правила обобщения рассматриваемой здесь группы относятся не к ситуации в целом, а к отдельным объектам, процессам или даже ресурсам МПО. В ПВФ можно включать логические условия на различные характеристики элементов МПО, в том числе типы и категории этих элементов. В ССМ не предусмотрено автоматических процедур генерации правил данной группы, они конструируются пользователем.

Когнитивная категоризация в ССМ

Недостаток вышеописанного способа классификации ситуаций состоит в том, что результат зависит не только от структуры ОПР, но и от значений ресурсов, то есть переменных величин, которые редко повторяются в ходе работы объекта. Все представленные выше графовые методы нельзя непосредственно применить к ССМ, поскольку они рассчитаны на сетевые модели и не учитывают постулированную в работе [1] иерархичность описания ситуации. Поэтому в статье [27] предложен метод многокритериальной классификации ситуаций нормализованной модели Тверски (НМТ) [28], модифицированной для иерархических объектов.

Известная НМТ определяет расстояние между двумя объектами a и b так:

$$S(a, b) = f(A \cap B) / [f(A \cap B) + \alpha f(A - B) + \beta f(B - A)], \quad (2)$$

где A и B — множества свойств этих объектов; $/$ — символ деления чисел, символ обозначает разность множеств; f — некоторая функция; неотрицательные α и β — веса для общих и различных свойств объектов. В большинстве методов в качестве функции f используется мощность множества-аргумента.

Для ССМ в работе [27] разработана модификация (2) — иерархическая модель Тверски (ИМТ), соответствующая Определениям 1–3 из п. 2:

$$S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{i} S_i, \quad (3)$$

где $i = 1, 2, \dots, N$ — номер уровня иерархии, а каждая S_i вычисляется по формуле (2) для подмножеств свойств, входящих в описание этого уровня.

При сравнении иерархических структур множества A_i и B_i включают имена объектов уровня i . Сделано естественное предположение (3), что различия в свойствах на нижних уровнях иерархии должны влиять на результаты классификации меньше, чем на более высоких уровнях. На основе такой классификации строится отображение, переводящее текущую ситуацию в наиболее близкую (семантически) ситуацию из желаемого класса и при этом обеспечивающее минимум структурных различий между целевой и текущей ситуациями, то есть минимизирующее распространение возмущений в процессе перевода. Вводя веса слагаемых в выражение (3), можно учесть экспертные мнения о важности уровней.

Концепция ситуационной осведомленности в ССМ

Описанная выше ИМТ (3) дает хорошую основу для работы с ситуациями в ССМ, однако дополнительные исследования показали, что до классификации требуется выполнить формирование и тщательную предварительную обработку архива хранимых в памяти ССМ ситуаций. Далее представлены принципы их компоновки и селекции в архиве ССМ.

Естественно, архив должен содержать все реальные сценарии работы ССМ в данном приложении, но основной массив информации создается по результатам имитационных экспериментов с МПО. После имитации в архиве должны быть наборы предпочтительных ситуаций всех классов, заданных критерием (1) для всех ОПР, входящих в МПО, для чего решаются следующие задачи.

Исследование устойчивости сценариев к ошибкам в исходных данных на основе методов теории чувствительности, которая применяется в автоматическом управлении (например, [29]) с целью повышения точности прогноза при небольших изменениях исходных данных. Приемлемой считается модель, в которой удельная величина изменения критерия (1) сопоставима с вызвавшими ее относительными вариациями исходных данных.

Обобщение ситуаций. В работе [1] отмечается необходимость обобщения описаний ситуации на основе их классификации по существенным признакам, множество которых требуется синтезировать. Для этого предлагается следующая процедура применения ИМТ (3).

После классификации ситуаций по критериям (1) генерируется значительное количество классов ситуаций, полученных для различных ОПР и различных листовых объектов этих ситуаций, что однозначно определяет данную ситуацию ввиду древовидности декомпозиции объектов в МПО ССМ. После отбраковки ситуаций, не удовлетворяющих требованию устойчивости, согласно ИМТ формируются классы предпочтительных ситуаций для каждого ОПР, внутри класса достаточным ситуациям присваиваются уникальный тип и порядковый номер по степени предпочтительности по критерию (1) в пределах этого класса. Порядковый номер класса определяется индексом ресурса, который доминирует в этом классе, в критерии (1) для данного ОПР.

Прототипическая достаточная ситуация каждого класса получает порядковый номер 1. Обобщение описаний ситуаций в ССМ включает два основных этапа:

- поиск общих признаков ситуаций, попавших в один класс для каждого исследованного фрагмента МПО;
- поиск вхождений ситуаций в ситуации более высоких уровней (номер уровня здесь задается уровнем нахождения ОПР), который осуществляется средствами Graph Matching (см. п. 4).

Результаты обобщения формируются в виде правил ЭС ССМ [15, 25, 30], включающих как положительные, так и отрицательные примеры.

Затем оценивается эффективность предусмотренных в МПО альтернатив. Эффективность альтернатив тем выше, чем в более широкий набор классов ситуаций попадают различные варианты этих альтернатив. С точки зрения СО можно упорядочить альтернативы по этому критерию и выяснять мнение ЛПР вначале по наиболее эффективным альтернативам. Верно и обратное: некоторая альтернатива неэффективна для данного ОПР, если ни один из имеющихся вариантов выбора не переводит достаточные ситуации в другой класс. В ходе обобщения ситуаций целесообразно заранее выявить набор свойств самых эффективных альтернатив. Результаты оценки эффективности альтернатив формализуются в виде правил ЭС ССМ (в ситуационном управлении они именуется логико-трансформационными правилами [1]) и управляют процессом классификации ситуаций.

Особенности КП и СО в ситуационном моделировании

По сравнению с традиционными областями применения когнитивной категоризации [9–11, 19], основное отличие КП ССМ заключается в существенной переменности состава и количества QD в ходе моделирования, даже для одного и того же ОПР. Кроме того, домены QD в ССМ в общем случае имеют иерархическую структуру.

Первое отличие вызвано наличием альтернатив реализации в каждой полной ситуации. При переводе модели в другой класс ситуаций меняется и структура МПО: появляются или исключаются те или иные элементы модели, это могут быть как объекты, так и процессы. Соответственно, в КП должны появляться или удаляться домены этих элементов. Иерархия доменов выстраивается следующим образом: каждый процесс определяет одну QD с доменом, равным декартову произведению доменов входных ресурсов этого процесса. Поскольку объекту можно приписать несколько процессов, его домен есть декартово произведение доменов тех процессов, которые потребляют ресурсы от других объектов или из внешнего мира. Домен ОПР представляет собой декартово произведение доменов всех подчиненных ему листовых объектов и, очевидно, будет скачкообразно меняться при переходе от одной достаточной ситуации к другой. Следовательно, в ИМТ (3) может меняться состав учитываемых в ней множеств и процедуры автоматического контроля корректности МПО должны отслеживать правильность выбора текущего КП.

Что касается СО в ССМ, приведем конкретизацию (под теми же порядковыми номерами) принципов СО, перечисленных в п. 4:

1) восприятие моделируется заданием исходной ситуации, понимание — формированием полной ситуации и определением организационного уровня решения задачи, прогнозирование — имитационным экспериментом;

2) цель моделирования задается ЛПР путем выбора желательного класса ситуаций в ходе моделирования;

3) специфика информации учитывается выбором исходной ситуации и автоматической отбраковкой неперспективных альтернатив;

4) ожидания ЛПР в ССМ формализуются выбором доминирующего частного критерия в обобщенном критерии (1) и составом допустимых альтернатив, заложенных в МПО при ее создании.

Оставшиеся принципы СО связаны с ментальной моделью предметной области, которая в ССМ задается с помощью МПО, при этом существенную роль играют принципы когнитивной категоризации, описанные в пп. 3, 6.

Заключение

Для задач ситуационного управления разработан комплекс методов когнитивной многокритериальной классификации и обобщения описания ситуаций в иерархических предметных областях. Методы учитывают степень типичности представителей внутри одной категории согласно семантическим мерам близости категорий, моделируемых в концептуальных пространствах, что позволяет повысить гибкость классификации и ее устойчивость к неточности данных, а также скорость поиска аналогов текущей ситуации.

Отличия разработанной системы моделирования состоят в интеграции средств, которые ориентированы на исследование ДИПК как трудно формализуемых сложных нестационарных пространственных объектов. К таким средствам относятся совместная логико-аналитическая обработка данных и ситуационный анализ состояния изучаемого объекта с применением экспертных знаний и учетом пространственно-временных зависимостей в характеристиках ДИПК, которые выполняются с использованием картографической информации.

Направления дальнейших исследований по представленным задачам включают:

- поиск и описание структур достаточных ситуаций, устойчивых к вариациям начальных условий, для каждого класса ситуаций с оценкой степени ситуационной осведомленности [18, 22–24];
- исследование задачи координации и планирования управлений при наличии в системе нескольких ЛПП [15, 32];
- анализ возможностей ускорения и снижения сложности алгоритмов управления выводом и обработки ситуаций в ССМ [33].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Поспелов Д. А.* Ситуационное управление: теория и практика. М: Наука, 1986.
2. *Rosch E. H.* Natural categories // *Cognitive Psychology*. 1973. Vol. 4, No. 3. P. 328–350.
3. *Sowa J. F.* Conceptual Structures — Information Processing in Mind and Machines. Addison-Wesley Publ. Comp. 1984.
4. *Lakoff G.* Women, Fire, and Dangerous Things. Chicago, IL: The University of Chicago Press, 1987.
5. *Кузнецов О. П.* Когнитивная семантика и искусственный интеллект // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. № 4. С. 32–42.
6. *Кучуганов В. Н.* Элементы теории ассоциативной семантики // Управление большими системами. М., 2012. Вып. 40. С. 30–48.
7. *Кучуганов В. Н.* Ассоциативная семантика ситуаций и сюжетов // Искусственный интеллект и принятие решений. 2014. № 2. С. 42–51.
8. *Decock L., Douven I.* What is Graded Membership? // *Noûs*. 2014. No. 48. P. 653–682.
9. *Gärdenfors P.* Conceptual Spaces: The Geometry of Thought. A Bradford Book. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.
10. *Zenker F., Gärdenfors P.* Geometry of Meaning: Semantics Based on Conceptual Spaces. Cambridge, MIT Press, 2014.
11. *Zenker F., Gärdenfors P.* Applications of Conceptual Spaces // The Case for Geometric Knowledge Representation. Synthese Library. Springer. 2015. Vol. 359.
12. Enhancements to High Level Data Fusion using Graph Matching and State Space Search / *K. Sambhoos [et al.]* // *Information Fusion*. 2010. Vol. 11, No. 4. P. 351–364.
13. *Препарата Ф., Шеймос М.* Вычислительная геометрия: введение. М.: Мир, 1989.
14. *Šijak D. D.* Dynamic Graphs // Intern. Conf. on Hybrid Systems and Applications, Lafayette, LA, May 22–26, 2006 / Univ. of Louisiana. 2006.
15. *Фридман А. Я.* Ситуационное управление структурой промышленно-природных систем. Методы и модели. Saarbrücken: LAP, 2015.
16. *Мелихов А. Н., Берштейн Л. С., Коровин С. Я.* Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М., 1990.
17. *Мишин С. П.* Оптимальные иерархии управления в экономических системах. М.: ПМСОФТ, 2004.
18. *Endsley M. R.* Situation awareness: Progress and directions // A cognitive approach to situation awareness: Theory and application / S. Banbury & S. Tremblay. Aldershot: Ashgate Publishing, 2004. P. 317–341.
19. *Zenker F., Gärdenfors P.* Communication, Rationality, and Conceptual Changes in Scientific Theories // Applications of Conceptual Spaces. The Case for Geometric Knowledge Representation // Synthese Library. Springer, 2014. Vol. 359. P. 259–277.
20. *Gärdenfors P., Lohndorf S.* What is a domain? Dimensional structures versus meronomic relations // *Cognitive Linguistics*. 2013. Vol. 24, No. 3. P. 437–456.
21. *Voronoi G.* Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie des formes quadratiques // *J. für die Reine und Angewandte Mathematik*. 1908. Vol. 133, No. 133. P. 97–178.
22. *Lundberg J.* Situation Awareness Systems, States and Processes: A holistic framework // Theoretical Issues in Ergonomics Science. 2015.
23. *Banbury S., Tremblay S.* A cognitive approach to situation awareness: Theory and application. Aldershot: Ashgate Publishing, 2004. P. 317–341.
24. *Endsley M. R.* Final Reflections: Situation Awareness Models and Measures // *J. Cognitive Engineering and Decision Making*. 2015. Vol. 9, No. 1. P. 101–111.
25. *Фридман А. Я., Курбанов В. Г.* Формальная концептуальная модель промышленно-природного комплекса как средство управления вычислительным экспериментом // Труды СПИИРАН. 2014. № 6 (37). С. 424–453.
26. *Месарович М., Мако Д., Такахара И.* Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973.

27. Фридман А. Я., Кулик Б. А. Когнитивная категоризация в многокритериальных задачах ситуационного управления // Пятнадцатая национал. конф. по искусственному интеллекту с междунар. участием КИИ-2016 (3–7 октября 2016 г., Смоленск, Россия): тр. конф. в 3 т. 2016. Т. 2. С. 225–234. 28. Tversky A. Features of similarity // *Psychological Review*. 1977. Vol. 84, No. 4. P. 327–352. 29. Томович Р., Вукобратович М. Общая теория чувствительности. М., 1972. 30. Фридман А. Я., Кулик Б. А., Курбанов В. Г. Метод управления прямым логическим выводом в интеллектуальных системах с дискретными доменами переменных // *Информационно-управляющие системы*. 2015. № 1. С. 29–34. 31. Kulik B., Fridman A. N-ary Relations for Logical Analysis of Data and Knowledge. IGI Global, 2017. 32. Фридман А. Я. Координация и планирование управлений в локально организованных иерархических системах // *Системный анализ и информационные технологии: труды Шестой междунар. конф. САИТ-2015 (15–20 июня 2015 г., Светлогорск, Россия): в 2 т. М.: ИСА РАН. Т. 1. С. 115–124. 33. Фридман А. Я. Управление комбинированным выводом в дискретных интеллектуальных системах // *Информационно-управляющие системы*. 2015. № 3. С. 35–39.*

Сведения об авторе

Фридман Александр Яковлевич — доктор технических наук., ведущий научный сотрудник Института информатики математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН
E-mail: fridman@iimm.ru

Author Affiliation

Alexander Ya. Fridman — Dr. Sci. (Engineering), Leading Scientific Researcher of the Institute for Informatics and Mathematical Modelling of the KSC of the RAS
E-mail: fridman@iimm.ru

Библиографическое описание статьи

Фридман, А. Я. Концептуальные пространства как средство оценки ситуационной осведомленности при моделировании динамических иерархий / *А. Я. Фридман* // *Вестник Кольского научного центра РАН*. 2018. № 1 (10). С. 98–108.

Reference

Fridman Alexander Ya. Conceptual Spaces as a Means to Estimate Situational Awareness in Modeling Dynamic Hierarchies. *Herald of the Kola Science Centre RAS*, 2018, vol. 1 (10), pp. 98–108 (In Russ.).

DOI: 10.25702/KSC.2307-5228.2018.10.2.109-116

УДК 612.1272.2 (613.64)

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЖЕНСКОГО ПЕРСОНАЛА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А. А. Мартынова, С. В. Пряничников

Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

Аннотация

Представлены результаты оценки функционального состояния здоровья женского персонала горно-обогатительного предприятия, связанного с добычей и переработкой лопаритовой руды. Обнаружено комплексное влияние условий труда на проявление вегетативной дисфункции в регуляции вариабельности сердечного ритма у женщин. Проявление дисфункции отмечается в повышении индексов напряжения, более раннем истощении адаптационных резервов относительно группы сравнения, в снижении суммарного вегетативного влияния на сердечной ритм и в увеличении вклада симпатического звена регуляции в вариабельность сердечного ритма (ВСР). Высокий вклад очень низкочастотной компоненты (VLF) в спектральный диапазон ВСР у исследуемого контингента свидетельствует о гиперадаптивном состоянии организма работниц предприятия, следующей стадией которого является срыв адаптации и высокая степень уязвимости к воздействующим факторам среды.

Ключевые слова:

вариабельность сердечного ритма, функциональное состояние организма, возрастные особенности, женщины, горно-обогатительное предприятие, производственная среда.

FUNCTIONAL STATE OF THE BODY OF THE FEMALE WORKERS OF MINING AND PROCESSING ENTERPRISE

Alla A. Martynova, Sergey V. Prjanichnikov

Research Center for Human Adaptation in the Arctic of the KSC of the RAS

Abstract

The article provides an assessment of the functional state of the body of the female workers of the mining and processing enterprise, related to mining and processing of loparite ores. It revealed a complex influence of working conditions on the expression of autonomic dysfunction in the regulation of heart rate variability (HRV) that women had. This dysfunction is manifested by increasing of the voltage indices, by earlier exhaustion of adaptive reserves relative to the comparison group, by reducing the total autonomic influence on the heart rate and by increasing of the contribution of sympathetic regulation to heart rate variability. High contribution of the very low-frequency components (VLF) to the spectral range of HRV in the tests indicates hyperadaptive condition of the body of the workers of the enterprise, the next stage of which is the failure of adaptation and a high degree of vulnerability to the effects of environmental factors.

Keywords:

heart rate variability, functional state of the body, age characteristics, women, mining and processing enterprise, production environment.



Введение

Гигиеническая оценка условий труда на горно-обогатительных предприятиях свидетельствует о повышенном риске возникновения профессиональных и хронических заболеваний. Вредные и (или) опасные условия труда воздействуют на здоровье работников горнорудных предприятий, обуславливая высокий рост заболеваемости центральной нервной системы (ЦНС) и системы

кровообращения. В результате длительного воздействия негативных факторов, связанных с горнорудным производством, возникает риск развития астеновегетативных нарушений, которые проявляются в слабости, утомляемости, раздражительности, снижении работоспособности, апатии, нарушении сна и др. У некоторых лиц эти нарушения могут носить более выраженный характер, который проявляется в нервно-вегетативных и даже психических расстройствах. У рабочих изменяется ритм дыхания и сердечных сокращений, появляются болевые ощущения в области сердца и другие нарушения [1, 2]. Определенный вклад в нарушение здоровья горняков вносят специфические производственные условия, связанные с характером добычи руды и ее составом, который в отдельных случаях может содержать примеси природных радионуклидов [3].

Помимо условий труда, на здоровье и психофизиологическое состояние горняков оказывают влияние климатогеографические факторы, а также гелиогеофизические агенты, воздействие которых особенно выражено в высоких (арктических) широтах [4–7].

Анализ функционального состояния здоровья мужского контингента работников горно-обогатительного производства Мурманской обл. показал, что у большинства испытуемых наблюдается вегетативная дисфункция в регуляции вариабельности сердечного ритма, что приводит, в свою очередь к более раннему истощению адаптационных резервов и высокой степени уязвимости воздействующими факторами среды [8, 9]. В клетках буккального эпителия и лимфоцитах крови отмечается высокая распространенность цитогенетических нарушений по сравнению с контролем [10, 11].

Комплекс неблагоприятных производственных и природных воздействий на организм работников горнорудного производства свидетельствует о том, что лица, работающие в арктических условиях, добывающие и перерабатывающие руду, содержащую природные радионуклиды, нуждаются в особом контроле состояния организма, который позволит выявить донозологические (преморбидные) изменения и предупредить дальнейшее развитие патологии.

Особенно это касается здоровья женского персонала горно-обогатительных предприятий репродуктивного возраста, когда хроническое облучение малыми дозами ионизирующего излучения может повышать риск рождения детей с врожденными пороками развития [3]. Профилактика нарушений здоровья работающих женщин является одной из приоритетных проблем здравоохранения в современных условиях жизни общества, поскольку от состояния здоровья женщин зависит воспроизведение здорового населения и трудовых ресурсов. В проведенных исследованиях, в частности, показано, что в семьях, где матери на момент рождения ребенка имели профессиональные вредности, процент рождения здоровых детей снижается [12]. К сожалению, из-за демографических и социально-экономических проблем в Мурманской обл. в последние годы численность женского персонала, занятого на горно-обогатительных предприятиях по добыче полезных ископаемых, неуклонно возрастает: на конец 2015 г. она составила 21,2 % (1387 чел.) от всех работающих, из них на работах с вредными и (или) опасными условиями труда — 55 %, что на 4,4 % больше по сравнению с 2014 г. (50,6 %).

Цель данного исследования состояла в том, чтобы оценить функциональное состояние здоровья женского персонала горно-обогатительного предприятия Мурманской обл. по добыче и переработке лопаритовой руды и выявить степень воздействия производственной среды на женский организм.

Материалы и методы

Материалом исследования служили результаты анализа вариабельности сердечного ритма у женского персонала горнорудного производства за 2014–2015 гг. Регистрацию ВСП проводили в рамках ежегодного профилактического осмотра работников горнорудного производства Мурманской обл., связанного с подземной добычей и обогащением лопаритовой руды, содержащей естественные примеси радионуклидов. Обследуемый контингент представлял работниц, непосредственно участвующих в производственных процессах на руднике или фабрике

по переработке лопаритовой руды в количестве 80 чел. со средним возрастом $44,6 \pm 1,5$ лет. Группу сравнения представляли женщины, не работающие на данном предприятии, в количестве 115 чел., средний возраст — $48,9 \pm 1,1$ лет. Все обследуемые имели первую или вторую группу здоровья. Согласно принципам медицинской этики, одобренной Генеральной Ассамблеей ООН (1992 г.), и Конвенции Совета Европы по биоэтике (1997 г.), все обследуемые были ознакомлены с целью и условиями исследования и дали свое письменное согласие на участие в исследованиях.

Для оценки функционального состояния женского организма использовали показатели вариабельности сердечного ритма. На основе значений этих показателей оценивалось влияние вегетативной нервной системы (ВНС) на систему кровообращения, которая, в свою очередь, отражает эффективность адаптационных реакций организма на воздействие окружающей среды [13]. Оценка кардиогемодинамики включала (ВСР и артериальное давление) показатели систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления, частоту сердечных сокращений (ЧСС) и ВСР, которые измеряли в положении сидя после 5-минутной преадаптации в спокойном состоянии. Оценку ВСР проводили с использованием программно-аппаратного комплекса «Омега-М» (научно-исследовательская лаборатория «Динамика», г. Санкт-Петербург) согласно стандартам, принятым Европейским обществом кардиологов и Североамериканским обществом электростимуляции и электрофизиологии в 1996 г. [14].

Для оценки ВСР использовали следующие показатели: SDNN (ms) — среднее 5-минутных стандартных отклонений всех RR-интервалов; RMSSD (ms) — квадратный корень из средней суммы квадратов разностей последовательных RR-интервалов (среднеквадратичное отклонение межинтервальных различий).

Спектральный анализ осуществлялся при помощи быстрого преобразования Фурье с расчетом спектральной плотности мощности (ms^2) по следующим частотным диапазонам: высоких частот (high frequency (HF)) — 0,15–0,4 Гц (ms^2), низких частот (low frequency (LF)) — 0,04–0,15 Гц, очень низких частот (very low frequency (VLF)) — 0,0033–0,04 Гц и общей мощности спектра (TP, ms^2). Кроме того, использовали показатели вкладов относительной мощности волн: HF %, LF % и VLF %; симпато-парасимпатический баланс (отношение LF/HF), степень централизации управления сердечным ритмом (по индексу напряжения регуляторных систем — SI, у. е.).

Анализ психофизиологического состояния включал тест SF-36 [15], отражающий субъективную оценку качества жизни пациентов, выраженную в баллах по 8 шкалам:

- общее состояние здоровья (GH);
- физическое функционирование или способность к самообслуживанию (PF);
- ролевое функционирование или работоспособность (RF);
- влияние эмоционального состояния на работоспособность (RE);
- социальная активность (SF);
- ограничивающее влияние боли на работоспособность (BP);
- жизнеспособность или энергичность (VT);
- настроение (MH).

При этом более высокая суммарная оценка указывает на лучшее качество жизни. Кроме того, была оценена степень ситуативной и личностной тревожности по методике Спилбергера — Ханина, где использовали следующие ориентировочные оценки тревожности: 30 баллов — низкая; 31–44 баллов — умеренная; 45 баллов и более — высокая степень тревожности [16].

Статистический анализ проводился с использованием программного пакета STATISTICA 6.0. Проверка нормальности закона распределения показателей ВСР и возраста внутри исследуемых групп показала, что их распределение не подчиняется нормальному закону. Поэтому для выявления значимости межгрупповых различий в показателях ВСР и возраста были использованы непараметрические методы, в частности, U-критерий Манна — Уитни для сравнения двух независимых групп.

При значении U-критерия, который **меньше** табличного или **равен** ему, признается статистическая значимость различий между уровнями признака в рассматриваемых выборках. Достоверность различий тем выше, чем меньше значение U.

Результаты исследования и их обсуждение

В организме человека с возрастом происходят инволютивные и патологические морфофункциональные изменения [17, 18], которые, в свою очередь, отражаются на показателях variability сердечного ритма [19–22]. Поэтому все обследуемые были распределены на две возрастные группы до 45 (< 45) и старше 45 (> 45) лет. Для начала было проведено сравнение между возрастными группами для подтверждения достоверности различий.

Группа женщин в возрасте до 45 лет включала 77 чел., их средний возраст составил $35,3 \pm 1,1$; в группе старше 45 (118 чел.) средний возраст составил $55,9 \pm 0,7$ лет. Обе группы значительно различались между собой по возрасту ($U = 512, p < 0,001$). С возрастом происходит снижение практически всех временных показателей ВСП. Снижение величины показателя SDNN после 45 лет (рис. 1) свидетельствует о напряжении регуляторных систем организма SI, у. е. (до 45 лет — $176,7 \pm 18,1$ и старше 45 лет — $361,8 \pm 55,3, U = 481, p < 0,001$), о переходе уровней регуляции с гуморальной на сегментарную симпатическую. Это проявляется в увеличении длительности систолы, ее периодов и фаз, уменьшении продолжительности диастолы, снижении частоты сердечных сокращений ЧСС (до 45 лет — $85,3 \pm 2,0$ уд/мин и старше 45 лет — $79,6 \pm 1,5$ уд/мин, $U = 593, p = 0,031$) и мощности перекачивания крови, в повышении систолического САД (до 45 лет — $118,9 \pm 3,6$ и старше 45 лет — $139,4 \pm 4,7$ мм рт. ст., $U = 500, p < 0,001$) и диастолического ДАД (до 45 лет — $82,3 \pm 1,7$ и старше 45 лет — $91,5 \pm 2,2$ мм рт. ст., $U = 570, p = 0,006$).

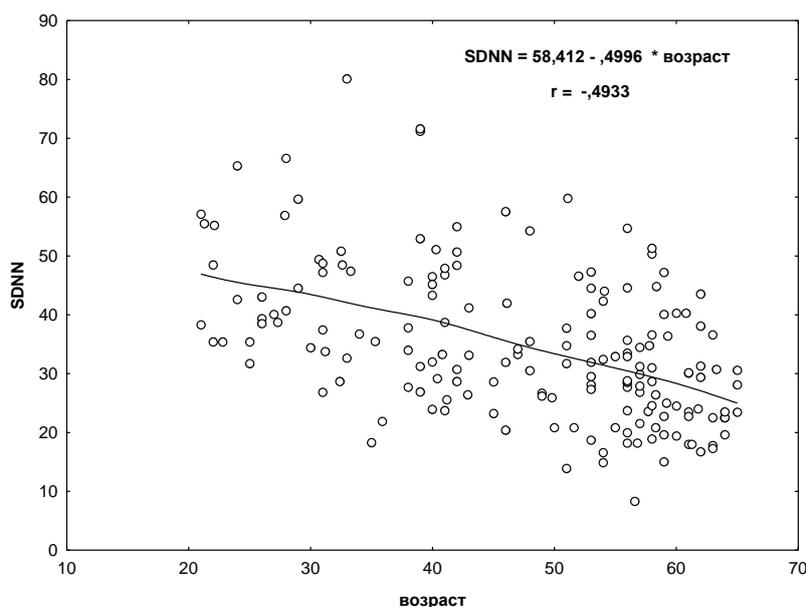


Рис. 1. Диаграмма рассеяния среднеквадратичного отклонения всех RR интервалов ЭКГ (SDNN) у женщин в зависимости от возраста

Fig. 1. The diagram of scattering of mean square deviation of all RR intervals of ECG (SDNN) in women in relation to age

При анализе частотных показателей ВСП отмечено, что с возрастом у женщин происходит снижение общего спектра мощности TP, ms^2 (до 45 лет — $1524,0 \pm 194,6$, старше 45 лет — $997,2 \pm 277,4, U = 384, p < 0,001$) и его компонентов: HF, ms^2 (до 45 лет — $324,1 \pm 52,7$ и старше 45 лет — $232,9 \pm 163,0, U = 385, p < 0,001$) и LF, ms^2 (до 45 лет — $506,2 \pm 61,2$ и старше 45 лет — $267,2 \pm 59,5$). Усиление вклада очень низких частот (VLF, %: до 45 лет — $48,8 \pm 2,7$ и старше 45 лет — $59,8 \pm 2,6, U = 439, p = 0,002$) в общий спектр мощности говорит о повышенной чувствительности миокарда к гуморальным изменениям у лиц после 45 лет.

Таким образом, с увеличением возраста имеет место изменение временных и спектральных показателей ВСР, что позволяет нам распределить работниц комбината и группу сравнения на две возрастные группы до 45 и старше 45 лет.

Помимо возрастных изменений на функциональное состояние организма влияют производственные условия труда, ведущие к раннему истощению и преждевременному изнашиванию функциональных систем организма [23].

Для выявления особенностей ВСР у работниц горно-обогатительного производства по сравнению с контингентом, не работающим на данном предприятии, сначала была оценена возрастная сопоставимость групп. Средний возраст сотрудниц комбината в возрастных группах до 45 лет составил $33,4 \pm 1,2$ и старше 45 лет — $56,3 \pm 0,8$ лет. В группе сравнения до 45 лет средний возраст составил $35,7 \pm 1,1$, старше 45 — $55,8 \pm 0,6$ лет. Оценка значимости различий между одновозрастными группами показала, что внутригрупповые различия по U-критерию Манна — Уитни можно считать незначимыми: в возрастной группе до 45 лет ($U = 559, p = 0,164$), старше 45 ($U = 1313, p = 0,379$).

Сравнительный анализ выявил более высокую ЧСС у работниц комбината независимо от возраста: в группе до 45 лет — $85,1 \pm 2,1$ уд/мин (группа сравнения — $74,3 \pm 1,6$ уд/мин) и в группе старше 45 — $81,4 \pm 1,6$ уд/мин (группа сравнения — $72,3 \pm 1,2$ уд/мин). Это вместе со снижением мощности высоких волн (HF, ms^2) (табл.) может свидетельствовать об истощении вегетативной регуляции миокарда на фоне увеличения нагрузки на систему кровообращения и находит отражение в усилении индекса напряжения регуляторных механизмов (SI) у работниц комбината в возрасте до 45 лет ($195,1 \pm 18,8$) по сравнению с группой сравнения ($139,8 \pm 15,4$, $U = 530, p = 0,032$).

Спектральные характеристики ВСР женского персонала
горно-обогатительного производства и группы сравнения ($M \pm m$)

The spectral characteristics of the HRV of the female workers of mining and processing enterprise
and the comparison group ($M \pm m$)

Диапазон частот Frequency range	Работницы комбината Female workers of the plant		Группа сравнения Comparison group	
	< 45 ($n = 40$)	> 45 ($n = 40$)	< 45 ($n = 37$)	> 45 ($n = 78$)
HF, ms^2	$290,2 \pm 69,5^*$	$67,1 \pm 10,2^*$	$430,5 \pm 75,4$	$191,9 \pm 49,2$
LF, ms^2	$500,6 \pm 68,6^*$	$248,9 \pm 32,9^*$	$648,2 \pm 94,9$	$325,0 \pm 37,9$
VLF, ms^2	$707,7 \pm 109,1$	$485,1 \pm 66,8$	$854,2 \pm 97,6$	$564,6 \pm 62,4$
LF/HF	$3,7 \pm 0,5$	$5,35 \pm 0,5^*$	$2,7 \pm 0,4$	$4,4 \pm 0,5$
TP, ms^2	$1498,5 \pm 205,4^*$	$801,16 \pm 97,48$	$1933,0 \pm 216,4$	$1081,6 \pm 135,4$
HF, %	$15,7 \pm 1,9$	$8,3 \pm 1,0^*$	$20,7 \pm 2,2$	$13,5 \pm 1,3$
LF, %	$34,4 \pm 2,2$	$30,9 \pm 2,1$	$32,3 \pm 1,8$	$30,9 \pm 1,5$
VLF, %	$43,9 \pm 2,9^*$	$60,9 \pm 2,4^*$	$47,0 \pm 2,6$	$55,6 \pm 1,7$

* Значимость различий (по тесту Манна — Уитни) между работницами горно-обогатительного производства и группой сравнения внутри одновозрастных групп.

* The significance of the differences (according to the Mann — Whitney test) among the female workers of the mining and dressing production and the comparison group within the same age groups.

Возрастание вклада медленных волн второго порядка VLF (%) в общий спектр мощности у женщин, работающих на горно-обогатительном предприятии, отражает реакцию повышенного физического перенапряжения, ассоциированного с истощением энергетических ресурсов, а снижение мощности низких частот (LF, ms^2) свидетельствует о снижении у них сосудистого тонуса, вследствие чего увеличивается риск возникновения нарушений системы кровообращения.

Смещение вегетативного баланса (LF/HF) в звеньях регуляции автономной нервной системой (АНС) сердечного ритма в сторону усиления симпатических влияний у женского персонала предприятия вместе со снижением временных показателей ВСР (SDNN и RMSSD) отражает фоновое снижение интегрального влияния вегетативных механизмов регуляции на синусовый ритм и парасимпатическую активность.

В психофизиологическом тестировании участвовало 58 работниц комбината, оценивали их способность переносить стрессовые ситуации и тяжелые условия труда. Для этого использовали тест на тревожность Спилбергера — Ханина. Тревожность способствует как успешной деятельности в относительно простых для человека ситуациях, так и препятствует в сложных. Поэтому оптимальный уровень тревожности рассматривается как необходимый для эффективного приспособления к реальности (адаптивная реальность), а высокий — снижает успешность профессиональной деятельности.

Оценка тревожности показала, что более 50 % работниц комбината имеют высокую личностную и реактивную тревожность (рис. 2). Тревожность выше 46 баллов сопровождается повышенной активизацией симпатической нервной системы (снижение общего спектра мощности (TP), увеличением индекса напряжения регуляторных механизмов (SI) и симпто-парасимпатического баланса (LF/HF) и свидетельствует о наличии невротического конфликта, что может привести к эмоциональным срывам и психосоматическим заболеваниям. Отмечается, что людям с повышенной тревожностью чаще присущи инертность нервных процессов и преобладание торможения [24], что может отражаться на рабочем процессе.

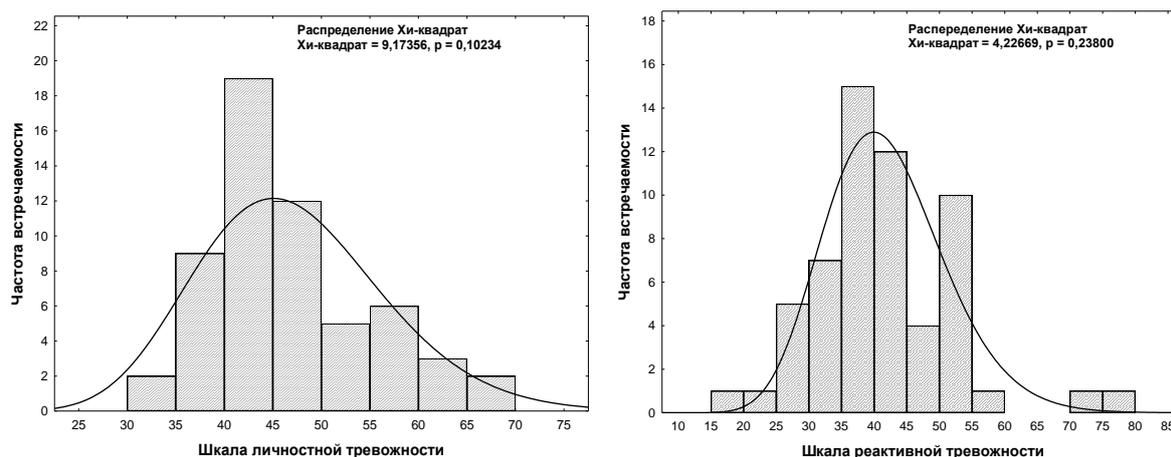


Рис. 2. Распределение личностной (ЛТ) и реактивной (РТ) тревожности по частоте встречаемости у работниц комбината

Fig. 2. The distribution of personal (PA) and reactive (RA) anxiety in the frequency of occurrence in the female workers of the plant

Тестирование с помощью опросника SF-36 показало, что физическое состояние ($RP = 67,4 \pm 5,9$) работниц предприятия оказывает существенное влияние на их повседневную деятельность, у них сильнее выражена интенсивность боли ($BP = 61,6 \pm 3,0$), они ощущают себя утомленными ($GH = 57,0 \pm 2,5$), со сниженной эмоциональной активностью ($VT = 58,0 \pm 2,3$) и апатией ($MT = 58,1 \pm 2,4$), что отражается на их повседневной деятельности.

Выводы

Анализ вариабельности сердечного ритма показал, что с возрастом увеличивается влияние производственных условий труда на функциональное состояние женского организма. Снижение временных и спектральных показателей ВСР у работниц горно-обогатительного предприятия может свидетельствовать о влиянии условий труда на функциональное состояние организма,

проявляющееся, прежде всего, в дисрегуляции вегетативной иннервации сердца. Это выражается в повышении индексов напряжения SI, в более раннем истощении адаптационных резервов, в снижении вклада вегетативного звена в регуляцию сердечного ритма автономной нервной системой и соответственно в возрастании вклада симпатического звена регуляции в ВСП. Значительный вклад медленных волн второго порядка (VLF) в частотный диапазон ВСП у работниц предприятия свидетельствует о гиперадаптивном состоянии организма, следующей стадией которого является срыв адаптации и высокая степень уязвимости к воздействующим факторам среды. Полученные результаты могут свидетельствовать о проявлении признаков преждевременного старения у лиц, условия труда которых ассоциированы с психоэмоциональным и физическим напряжением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций. М.: Медицина, 1984. 240 с. 2. Гондарева Л. Н., Кулкыбаев Г. А., Миндубаева Ф. А. Прогностическая оценка развития профессиональной адаптации у горнорабочих угольных шахт // Мед. труда и пром. экология. 2000. № 1. С. 10–13. 3. Вклад техногенных и природных источников ионизирующего излучения в структуру заболеваемости населения Мурманской области / Н. К. Белишева [и др.] // Вестник Кольского научного центра РАН. 2013. № 4. С. 9–26. 4. Белишева Н. К., Конрадов С. А. Значение вариаций геомагнитного поля для функционального состояния организма человека в высоких широтах // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4, № 1/2. С. 44–52. 5. Ким Л. Б. Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии. Новосибирск: Наука, 2015. 216 с. 6. Концепция аллостаза и адаптация человека на Севере / С. Г. Кривощёков [и др.] // Экология человека. 2016. № 7. С. 17–25. 7. Психофизиологические и кардиогемодинамические эффекты гелиогеомагнитных и метеорологических факторов у человека в условиях Заполярья / В. П. Рожков [и др.] // Физиология человека. М., 2014. Т. 40, № 4. С. 51–64. 8. Особенности variability сердечного ритма у работников горнорудного производства в Мурманской области / А. А. Мартынова [и др.] // Экология человека. 2017. № 3. С. 31–37. 9. Мартынова А. А., Мельник Н. А., Белишева Н. К. Психофизиологическое состояние горняков, занятых в подземных разработках редкоземельных руд, содержащих примеси природных радионуклидов // Тезисы докладов VII Съезда по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность). М., 2014. С. 116. 10. Генотоксические эффекты в буккальном эпителии горняков, работающих в условиях облучения природными источниками ионизирующего излучения / Д. А. Петрашова [и др.] // Изв. Самар. научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 1 (7). С. 1792–1796. 11. Цитогенетические эффекты воздействия природных источников ионизирующего излучения на работников горнорудного производства Мурманской области / Д. А. Петрашова [и др.] // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2014. № 1. С. 40–42. 12. Аджигеримова Г. С. Влияние некоторых социально-гигиенических факторов (факторов риска) на состояние здоровья детей // Фундаментальные исследования. 2013. № 5. С. 231–235. 13. Баевский Р. М. Методические рекомендации по анализу ВСП при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2002. № 24. С. 65–86. 14. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use // Circulation. 1996. Vol. 93. P. 1043–1065. 15. Качество жизни отдельных возрастно-половых, социальных и профессиональных групп населения / под ред. Л. Ф. Молчановой. Ижевск, 2008. 240 с. 16. Диагностика эмоционально-нравственного развития / ред. и сост. И. Б. Дерманова. СПб., 2002. С. 124–126. 17. Преждевременное старение человека / О. В. Коркушко, Е. Г. Калиновская, В. И. Молотков. Киев: Здоров'я, 1979. 192 с. 18. Светлов П. Г. Теория критических периодов развития и ее значение для понимания принципов действия среды на онтогенез // Вопросы цит. и общей физ. М.; Л., 1966. С. 236–274. 19. Возрастные особенности изменения показателей variability сердечного ритма у практически здоровых лиц / С. А. Бойцов [и др.] // Вестник аритмологии. 2002. № 26. С. 57–60. 20. Дадашова Г. М. Гендерные и возрастные особенности variability сердечного ритма у практически здоровых лиц // Профилактическая медицина. 2015. 18 (2). С. 54–58. 21. Демидова М. М., Тихоненко В. М. Циркадная ритмика показателей сердечного ритма у здоровых обследуемых // Вестник аритмологии. 2001. № 23. С. 52–58. 22. Панкова Н. Б. Функциональное развитие вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы человека в онтогенезе // Рос. физиол. жур. им. И. М. Сеченова. 2008. Т. 94, № 3. С. 267–275. 23. Бойко И. В., Наумова Т. М., Герасимова Л. Б. Анализ зависимости профессиональных заболеваний от стажа работы на основе мониторинга // Мед. труда и пром. экология. 2000. № 1. С. 30–33. 24. Кулкыбаев Г. А. Исмаилова А. А. Оценка психологического статуса горнорабочих, подвергающихся воздействию шумовой нагрузки // Гигиена и санитария. 2003. № 3. С. 29–32.

Сведения об авторах

Мартынова Алла Александровна — кандидат биологических наук, зав. научного отдела Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН
E-mail: martynovaalla@yandex.ru

Пряничников Сергей Васильевич — инженер-исследователь Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

E-mail: prjanik.75@mail.ru

Author Affiliation

Alla A. Martynova — PhD (Biology), Head of Scientific Department of the Research Center for Human Adaptation in the Arctic of KSC of the the RAS

E-mail: martynovaalla@yandex.ru

Sergey V. Prjanichnikov — Research Engineer of the Research Center for Human Adaptation in the Arctic of the KSC of the RAS”

E-mail: prjanik.75@mail.ru

Библиографическое описание статьи

Мартынова, А. А. Функциональное состояние здоровья женского персонала горно-обогатительного предприятия / А. А. Мартынова, С. В. Пряничников // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2018. — № 2 (10). С. 109–118.

Reference

Martynova Alla A., Prjanichnikov Sergey V. Functional State of the Body of the Female Workers of Mining and Processing Enterprise. *Herald of the Kola Science of the RAS*, 2018, vol. 2 (10), pp. 109–116 (In Russ.).

DOI: 10.25702/KSC.2307-5228.2018.10.2.117-122

УДК 338.001.36:332.1

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МУНИЦИПАЛИТЕТАХ РЕГИОНОВ СЕВЕРА И АРКТИКИ*

Е. Е. Емельянова

ФГБУН Институт экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН

Аннотация

На основе определенных условий функционирования муниципалитетов в период сложной экономической ситуации определены основные проблемы бюджетной обеспеченности и инвестиционной деятельности в зависимости от хозяйственно-производственной специализации малых и средних городов Севера и Арктики. Установлены наиболее перспективные направления развития и хозяйствования в инвестиционной и предпринимательской деятельности.

Ключевые слова:

регионы Севера и Арктики, инвестиционная политика, муниципальные образования, перспективы развития.

PERSPECTIVE DIRECTIONS OF INVESTMENT ACTIVITY DEVELOPMENT IN THE MUNICIPALITIES OF THE NORTH AND THE ARCTIC

Elena E. Emelyanova

Luzin Institute for Economic Studies of the KSC of the RAS

Abstract

On the basis of certain conditions of functioning of municipalities during the difficult economic situation, the basic problems of budgetary provision and investment activity depending on economic and production specialization of small and medium towns of the North and the Arctic, have been defined. It was determined that in terms of investment activities the most promising municipalities are the municipalities with successfully functioning city-forming enterprises through their participation in the socio-economic development of the territories. The most perspective directions of their development and management within public-private and municipal-private partnership are established.

Keywords:

Northern and Arctic regions, investment policy, municipalities, development prospects.



В сложившейся экономической ситуации, которая связана с продолжающимся в стране сокращением бюджетных расходов, свертыванием ряда инвестиционных программ и ростом уровня безработицы, муниципальные органы власти вынуждены функционировать в условиях необходимости привлечения дополнительных финансовых ресурсов для устойчивого развития территорий. Однако вопросы привлечения инвесторов во многом зависят от конкурентных преимуществ, структуры экономики и позиции региональных и муниципальных органов власти.

На основе ранее проведенной оценки современного состояния экономического развития муниципальных образований Севера, анализа их бюджетной обеспеченности и инвестиционной активности все муниципалитеты северных регионов были разделены на три группы согласно их

* Работа содержит материалы, полученные при поддержке грантом РФФИ № 16-32-00019 «Новые проблемы и перспективы социально-экономического развития регионов российской Арктики в условиях кризиса».

производственной специализации: «нефтегазовые», монопрофильные и города с разнонаправленной структурой экономики (в рассматриваемую категорию муниципалитетов вошли города с численностью населения от 20 до 100 тыс. чел., имеющие статус городского округа (за исключением административных центров), в связи с их преобладающим количеством и так как они являются наиболее типичными поселениями для регионов Севера России). Данная группировка была принята в связи с достаточно четкой и преимущественной экономической специализацией среди значительного количества поселений северных регионов.

Проведенное исследование позволило сделать ряд выводов.

Во-первых, моногорода до кризисного периода находились в более благоприятном финансовом положении по сравнению с другими городскими округами, имели более стабильный бюджет и гораздо большие инвестиционные возможности. Однако впоследствии произошло сокращение как доходной части бюджетов моногородов, так и объемов инвестиций, что негативно сказалось на их социально-экономическом положении.

Во-вторых, монопрофильные и «нефтегазовые» муниципалитеты, несмотря на значительное сокращение объемов инвестиций, снижение доходов местных бюджетов и финансовой самостоятельности, по уровню инвестиций на душу населения намного превосходят городские округа, не относящиеся к ним по своей структуре экономики, и находятся в более благоприятном финансовом положении, обладают большими инвестиционными возможностями для реализации собственной инвестиционной политики из-за участия в инвестиционной деятельности градообразующих предприятий, расположенных на их территории.

В-третьих, на эффективность проводимой инвестиционной политики по улучшению инвестиционного климата на муниципальном уровне повлияли сложные экономические процессы, происходящие в целом в стране, которые частично нивелировали усилия государственных и муниципальных органов власти по созданию благоприятных условий, ослабили бюджетную обеспеченность и инвестиционную деятельность в муниципалитетах Севера и Арктики, однако инвестиционная активность муниципальных образований в значительной степени зависит от позиции региональных и федеральных властей к развитию определенной территории, а также от предприятий, расположенных на территории муниципалитета и играющих значительную роль в экономике города [1].

Обобщая данные по бюджетной обеспеченности и инвестиционной активности в муниципалитетах с разной структурой экономики, можно констатировать, что основные перспективы развития инвестиционной деятельности на муниципальном уровне в регионах Севера и Арктики связаны в первую очередь с функционированием монопрофильных и «нефтегазовых» муниципальных образований. При этом наиболее стабильными являются все «нефтегазовые» муниципалитеты ввиду своего высокого конкурентного преимущества. Несмотря на то, что значительный объем инвестиций приходится на модернизацию нефтегазовой промышленности, это оказывает положительный эффект и на социально-экономическое положение самих городских округов за счет создания околоотраслевых производств по обслуживанию нефтегазовой отрасли.

Перспективы монопрофильных муниципалитетов, в отличие от «нефтегазовых», тесно связаны с конкурентоспособностью градообразующих предприятий. В последнее время отмечается ухудшение их социально-экономического положения. Так, при анализе результативности мер, принимаемых органами государственной власти по поддержке моногородов, на Коллегии Счетной палаты РФ с участием представителей регионов, Минэкономразвития, Внешэкономбанка и Фонда развития моногородов (ФРМ) было отмечено, что за 2014–2016 гг. государственная поддержка является малоэффективной.

На сегодняшний день проблемами моногородов занимается значительное количество всевозможных ведомств и структур: Минэкономразвития, Внешкомбанк, Фонд развития моногородов и др., которые дублируют функции по их поддержке, в то же время ни один

из федеральных органов исполнительной власти и институтов развития не обладает полной и достоверной информацией об объемах поддержки моногородов, их эффективности и результативности. Таким образом, представленные в 2016 г. данные Росстата, Минтруда и Минпромторга [2] зачастую не соответствуют показателям, которые предоставляют региональные и муниципальные органы власти.

Как показал анализ бюджетной обеспеченности, финансовая самостоятельность моногородов падает, а условия предоставления финансовой помощи ФРМ ужесточены, поэтому инвестиционная активность в моногородах в значительной степени зависит от привлекательности и финансовой самостоятельности самих промышленных предприятий. Так, на 1 января 2017 г. ФРМ заключил 18 соглашений с регионами о софинансировании затрат на мероприятия по строительству и реконструкции объектов инфраструктуры, необходимых для реализации новых инвестиционных проектов. Запланированный объем софинансирования за счет средств ФРМ составлял 8,7 млрд руб., однако в регионы перечислено лишь 3,7 млрд руб., или 43 %. При этом строительство инфраструктурных объектов закончено только по 3 из 18 соглашений. В ряде остальных проектов соглашения о софинансировании приостановлены из-за отсутствия инвесторов [2].

Сложность в получении финансовой помощи из ФРМ заключается в отсутствии у моногородов средств на разработку проектно-сметной документации, а также в проблеме поиска инвесторов для софинансирования инвестиционных проектов. Поэтому актуальным направлением деятельности органов власти по реализации инвестиционных планов развития на муниципальном уровне выступает применение механизмов государственно-частного (ГЧП) и муниципально-частного (МЧП) партнерства. Тем не менее здесь также существует ряд ограничений законодательного и финансового характера, так как реализация проектов в данных форматах предполагает обязательное софинансирование, что достаточно затруднительно ввиду выявленных проблем финансовой обеспеченности муниципальных бюджетов.

Механизм ГЧП в основном реализуется на уровне регионов. Министерством экономического развития РФ создан рейтинг регионов по развитию ГЧП [3], согласно которому субъекты РФ подразделяются на пять групп:

- 1) лидеры по уровню развития — 60–75 %;
- 2) с высоким уровнем развития — 45–60 %;
- 3) со средним уровнем развития — 35–45 %;
- 4) с низким уровнем развития — 25–35 %;
- 5) с очень низким уровнем развития — 0–25 %.

Проекты с использованием механизмов ГЧП реализуются в основном в динамически развивающихся регионах с достаточно интенсивным строительством. Показатели же уровня выполненных работ по виду деятельности «Строительство» и введения в действие жилых домов для регионов Севера и Арктики традиционно низкие. Поэтому и уровень развития ГЧП невысокий (табл.). Из всех северных регионов только «нефтегазовые» приближаются к низшему пороговому уровню, характеризующему высокую степень развития ГЧП. Три субъекта — Республика Саха, Сахалинская и Мурманская области — отнесены к среднему уровню развития ГЧП. В остальных регионах он «низкий» и «очень низкий».

Для реализации подобных проектов на муниципальном уровне в рамках МЧП в отечественной практике выступают в основном крупные, развивающиеся города. Область применения подобных проектов для малых и средних городов достаточно ограничена ввиду ранее указанных проблем материального, технического и финансового характера. К тому же возникает значительная проблема в поисках инвесторов. Поэтому данный вид проектов может быть перспективен для реализации преимущественно за счет участия градообразующих предприятий «нефтегазовых» и монопрофильных муниципалитетов.

Положение регионов Севера и Арктики в рейтинге развития ГЧП [3]
 The position of the northern and Arctic regions
 in the ranking of public-private partnership development [3]

Регион Region	Уровень ГЧП, % Level of PPP, %	Место в рейтинге Ranking position	Регион Region	Уровень ГЧП, % Level of PPP, %	Место в рейтинге Ranking position
Ямало-Ненецкий АО Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	46,2	19	Архангельская обл. Arkhangelsk region	31,2	50
Ханты-Мансийский АО Khanty-Mansi Autonomous Okrug	46,2	20	Камчатский край Kamchatka Krai	29,1	58
Республика Коми Komi Republic	45,4	23	Республика Карелия The Republic of Karelia	26,6	63
Республика Саха (Якутия) The Sakha (Yakutia) Republic	44,6	25	Ненецкий АО Nenets Autonomous Okrug	23,6	70
Сахалинская обл. Sakhalin region	40,8	34	Магаданская обл. Magadan region	17,2	79
Мурманская обл. Murmansk region	36,7	38	Чукотский АО Chukotka Autonomous Okrug	10,6	82

Положительным примером применения механизмов ГЧП и МЧП в северных регионах является город Кировск Мурманской обл. При участии градообразующего предприятия АО «Апатит» в рамках ГЧП был реализован проект строительства гондольно-кресельной дороги, который стал *первым проектом ГЧП* в Мурманской обл. Однако такие примеры единичны. Так, согласно Перечню проектов, перспективных к реализации в Мурманской обл. на условиях ГЧП [4], только в одном из двенадцати проектов определен инвестор и готов полный пакет документов. По остальным проектам либо идет поиск инвесторов и соинвесторов, либо отсутствуют проектная документация и положительные экспертные заключения. При этом большая часть проектов в формате ГЧП планируется к осуществлению в административном центре региона — Мурманске, то есть механизм ГЧП и МЧП в большей степени применим в промышленных и административных центрах. К тому же в значительной степени инвесторы более заинтересованы в региональных бюджетах и реализации проектов на региональном уровне, нежели на муниципальном (пример — Республика Карелия, см. ниже), или в реализации проектов развития городских агломераций, в основе которых лежит объединение усилий администраций крупных городов и городов-спутников (Ивановская обл.) [5].

В Республике Карелия был создан прецедент, когда на межмуниципальном уровне на принципах ГЧП был реализован проект «Комплексная система водоочистки малых городов Республики Карелия» совместно с 37 муниципалитетами. В рамках проекта осуществлено строительство и реконструкция муниципальных объектов водоснабжения. В настоящее время в Республике Карелия реализуется ряд крупных инвестиционных проектов с использованием механизма ГЧП социально-туристской и промышленной направленности. Проекты реализуются при софинансировании за счет федеральных и республиканских целевых программ, основную часть финансовых вложений составляют инвестиции компаний [6].

Муниципалитетам для участия в проектах МЧП на условиях софинансирования требуется привлечение заемных финансовых средств. В отечественной практике широко применяются целевые кредиты вышестоящих бюджетов бюджетной системы РФ. Однако данные кредиты выдаются

не более чем на 3 года, в силу чего не могут использоваться в качестве финансирования крупных инвестиционных проектов, рассчитанных на длительный срок. В связи с этим основным источником финансирования инвестиционных проектов на муниципальном уровне, по мнению многих авторов [7, 8], выступают заемные средства (облигации) и кредиты коммерческих организаций. И если в мировой практике облигационные займы широко распространены на региональном и местном уровне власти [9], то в России в настоящее время рынок муниципальных облигаций не развит. При этом существует комплекс различных ограничений на возможности выпуска муниципальных ценных бумаг местными органами власти. Такие ограничения закреплены ст. 107 Бюджетного кодекса [10] и Федеральным законом «Об особенностях эмиссии и обращения государственных и муниципальных ценных бумаг» [11]. На данном этапе развития экономики выпуск облигационных займов муниципалитетами практически не возможен, даже для ряда субъектов РФ данное направление является неосвоенным. Например, только в 2017 г. Министерство финансов Мурманской обл. поставило задачу по обеспечению возможности выпуска облигационного займа, для чего региону необходимо обеспечить ряд условий: подготовить необходимую нормативно-правовую базу, получить оценку национального рейтингового агентства и т. д. [12]

Таким образом, в результате оценки эффективности деятельности органов власти в области политики по развитию инвестиционной среды и исходя из выявленных особенностей бюджетной обеспеченности муниципалитетов Севера и Арктики, их экономической специализации и размещения производственных сил, а также возможностей привлечения дополнительных финансовых ресурсов, основные перспективы развития в северных регионах связаны в первую очередь со стабильным функционированием «нефтегазовых» и монопрофильных поселений.

В связи с этим необходимо, во-первых, усиление работы государственных и муниципальных органов власти в направлении дальнейшей поддержки и развития моногородов, предприятия которых в значительной степени влияют на инвестиционный климат городов. Для этого требуется разработать и утвердить комплексную долгосрочную программу развития моногородов с указанием конкретных мероприятий и форм финансирования, а также способов поддержки градообразующих предприятий.

Во-вторых, для более эффективного решения проблем монопрофильных поселений необходимо создать единое ведомство, курирующее мониторинг социально-экономического положения в моногородах и перспективы их развития, что позволит получать объективную и реальную информацию об их положении. Единая, методически проработанная система оценки социально-экономического состояния моногородов до настоящего времени не создана, что снижает возможность принятия эффективных управленческих решений и определения целесообразности выделения бюджетных средств на их развитие.

В-третьих, одним из перспективных направлений развития моногородов и деятельности муниципальных органов власти является поиск новых видов экономической деятельности: например, г. Кировск (Мурманская обл.) получил дополнительные возможности роста за счет развития туристического кластера при сохранении горнодобывающей промышленности. Но это касается только тех городов, где промышленные предприятия относительно успешно функционируют, без успешно функционирующего градообразующего предприятия поднять экономику моногорода достаточно проблематично.

Дальнейшее развитие инвестиционной деятельности и предпринимательской активности на территориях муниципалитетов связано с активизацией работы государственных и муниципальных органов власти по развитию различных форм государственно- и муниципально-частного партнерства. Данное направление актуально для всех городских округов Севера и Арктики, в особенности для «нефтегазовых» и монопрофильных поселений, имеющих на своих территориях крупные предприятия. Для этого требуется совершенствование нормативно-правовой базы на региональном и муниципальном уровнях, законодательно закрепляющих способы и методы поддержки предпринимательства, информационная доступность о преимуществах

инвесторов в рамках участия в проектах ГЧП и МЧП, а также усиление регулирующей и стимулирующей роли региона в привлечении ресурсов.

Перспективы развития сектора предпринимательства в городах Севера и Арктики связаны в первую очередь с уже функционирующими малыми и средними предприятиями, поэтому целесообразно подготовить и реализовать ряд программ, нацеленных именно на развитие и поддержку уже существующего малого бизнеса и местных предпринимателей. На сегодняшний день в большинстве муниципалитетов действуют программы по поддержке в основном начинающих предпринимателей, выделяются субсидии и оказывается методическая помощь вновь создающимся малым и средним предприятиям. На наш взгляд, необходимо проработать и внедрить дополнительные меры поддержки для уже действующих малых предприятий с помощью финансового обеспечения, льготного кредитования, предоставления материально-технической базы, уменьшения административных барьеров и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянова Е. Е. Тенденции развития и оценка эффективности политики государственных и муниципальных органов власти по улучшению инвестиционного климата в регионах Крайнего Севера // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2017. № 3 (54). С. 14–29.
2. Анализ результативности мер, принимаемых органами государственной власти по поддержке моногородов / Счетная палата Российской Федерации. URL: http://www.ach.gov.ru/press_center/news/30165.
3. Рейтинг регионов России по уровню развития государственно-частного партнерства за 2014–2015 гг. / Мин-во экономического развития РФ. URL: <http://mrpp.gov-murman.ru/activities/New%20Folder/rejting-gchp-2015.pdf>.
4. Перечень объектов Мурманской области, в отношении которых планируется заключение концессионных соглашений // Инвестиционный портал Мурманской области. Мурманск, 2017. URL: http://invest.gov-murman.ru/plowadki/gosudarstvennochastnoe_partnerstvo/.
5. Муслимов Ф. А. Развитие муниципально-частного партнерства в управлении муниципальной собственностью // Молодой ученый. 2015. № 23. С. 621–625.
6. Курило А. Е., Немкович Е. Г. Формирование института государственно-частного партнерства в Республике Карелия // Региональная экономика: теория и практика. 2012. № 25. С. 13–20.
7. Саак А., Колчина О. Оценка инвестиционной привлекательности муниципального образования // Муниципальная власть. 2006. № 4. С. 53–64.
8. Швецов А. Н. Экономические ресурсы муниципального развития: финансы, имущество, земля. Изд. 3-е, испр. и доп. М.: Едиториал УРСС, 2004. 224 с.
9. Кирсанов А. А. Осуществление муниципальных заимствований // Финансы и межбюджетные отношения. 2010. № 8. С. 18–24.
10. Бюджетный кодекс Российской Федерации: федер. закон от 31 июля 1998 г. № 145-ФЗ (ред. от 30.09.2017) // Справочно-поисковая система «КонсультантПлюс».
11. Об особенностях эмиссии и обращения государственных и муниципальных ценных бумаг: федер. закон от 29 июля 1998 г. № 136-ФЗ (ред. от 14.06.2012) // Справочно-поисковая система «КонсультантПлюс».
12. Заседание Правительства Мурманской области 19 мая 2017 г. // Мин-во финансов Мурманской области: офиц. сайт. Мурманск, 2017. URL: <http://minfin.gov-murman.ru/news/213505/>.

Сведения об авторе

Емельянова Елена Евгеньевна — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН
E-mail: emelya@iep.kolasc.net.ru

Author Affiliation

Elena E. Emelyanova — PhD (Economics), Senior Researcher of the Luzin Institute for Economic Studies of the KSC of the RAS
E-mail: emelya@iep.kolasc.net.ru

Библиографическое описание статьи

Емельянова, Е. Е. Перспективные направления развития инвестиционной деятельности в муниципалитетах регионов Севера и Арктики / Е. Е. Емельянова // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2018. — № 2 (10). — С. 117–122.

Reference

Emelyanova Elena E. Perspective Directions of Investment Activity Development in the Municipalities of the North and the Arctic. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2018, vol. 2 (10), pp. 117–122 (In Russ.).

РОЛЬ МУРМАНСКОГО ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА В РАЗВИТИИ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Н. А. Серова

ФГБУН Институт экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН

Аннотация

Рассмотрены этапы развития и современное состояние проекта «Комплексное развитие Мурманского транспортного узла», а также актуальные проблемы и перспективы его реализации. Определена роль Мурманского транспортного узла как фактора развития не только Мурманской обл., но и транспортной системы Арктики и национальной экономики в целом.

Ключевые слова:

Мурманский транспортный узел, Арктическая зона РФ, транспортная инфраструктура, Северный морской путь.

THE ROLE OF THE MURMANSK TRANSPORT HUB IN THE DEVELOPMENT OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Natalia A. Serova

Luzin Institute for Economic Studies of the KSC of the RAS

Abstract

The article considers the stages of development and the current state of the project "Integrated Development of the Murmansk Transport Hub", as well as actual problems and prospects for its implementation. The role of the Murmansk transport hub as a factor in the development of not only the Murmansk region, but also the transport system of the Arctic and the national economy as a whole, is defined.

Keywords:

Murmansk Transport Hub, Arctic zone of the Russian Federation, transport infrastructure, Northern Sea Route.



Введение

В последние годы развитию арктических территорий уделяется повышенное внимание со стороны федеральных и региональных органов исполнительной власти РФ. Положения принципиально новой политики по освоению и развитию российской Арктики обозначены в ряде стратегических документов, среди которых центральное место занимает государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ на период до 2020 года» (далее — Программа).

Реализация Программы планируется по трем основным направлениям и включает целый комплекс мероприятий по социально-экономическому развитию Арктической зоны РФ, в том числе практические шаги по расширению международного сотрудничества, обеспечению экологической безопасности, развитию транспортной инфраструктуры и научно-исследовательской деятельности и др.:

- первое направление — формирование восьми опорных зон развития (Кольская, Архангельская, Ненецкая, Воркутинская, Ямало-Ненецкая, Таймыро-Туруханская, Северо-Якутская и Чукотская), в том числе определение механизмов государственной поддержки их деятельности;
- второе направление — обеспечение безопасного арктического судоходства и развитие Северного морского пути (СМП) с тяготеющими к нему железнодорожными и речными меридиональными транспортными маршрутами как национальной арктической транспортной магистрали;

- третье направление — освоение минерально-сырьевых ресурсов Арктики с помощью современного оборудования и технологий, в том числе на территории арктического континентального шельфа.

В соответствии с Программой ключевой задачей новой государственной политики России в Арктике является превращение Арктической зоны РФ в ведущую стратегическую ресурсную базу страны. Для решения данной задачи Правительством РФ сформирован перечень приоритетных комплексных инвестиционных проектов, способных стать драйверами устойчивого социально-экономического развития Арктической зоны РФ, среди них первостепенное значение имеют проекты развития транспортно-инфраструктурной системы российской Арктики, которые позволят объединить созданные в каждом арктическом регионе опорные зоны в единый макрообъект управления [1–3]. Центральное место при этом отведено развитию Мурманского транспортного узла (МТУ) в силу уникального географического расположения Мурманской обл. и исключительных преимуществ Кольского залива и Мурманского порта, позволяющих стать ей опорным регионом в реализации национальных интересов России в Арктике.

Мурманский порт — базовый порт Арктического бассейна России

Порт Мурманск — незамерзающий и глубоководный, самый крупный порт в мире за Северным полярным кругом, единственный порт в европейской части России со свободным выходом в открытый океан при относительно небольшой интенсивности судоходства, крупнейший узел международных транспортных коридоров «Север-Юг» и «Восток-Запад». Основным преимуществом Мурманского порта является способность круглогодично принимать суда дедвейтом более 300 тыс. т, осадкой до 15,5 м и длиной более 265 м. На порт приходится свыше 14 % общероссийских грузоперевозок морским транспортом и около 60–70 % от общего грузооборота портов, расположенных в акватории СМП (в 2016 г. годовой грузооборот составил 26,6 млн т, в 2017 г. — 38 млн т, а к 2020 г. планируется достигнуть более 80 млн т).

В состав порта Мурманск входят торговый порт, рыбный порт и пассажирский терминал. Торговый порт располагает 17 причалами общей протяженностью около 3 км и способен круглогодично принимать суда дедвейтом до 300 тыс. т, осадкой до 15,5 м и длиной более 265 м. Транспортная инфраструктура торгового порта обеспечивает прием, обслуживание и ремонт судов, а также перевалку апатитового концентрата и минеральных удобрений, наливных (нефть, нефтепродукты), навалочных (руда, импортный глинозем и т. д.), генеральных и контейнерных грузов. В состав рыбного порта входят нефтебаза, 2 грузовых района, железнодорожное хозяйство, льдозавод и ремонтные мастерские, он располагает 50 причалами общей протяженностью около 4 км. Морской пассажирский терминал включает пассажирский пирс с двумя причалами длиной по 148 м для линейного флота, 3 плавучих причала для судов местного плавания и морской вокзал. Пассажирский терминал круглогодично обслуживает пассажиров на социально значимых межмуниципальных морских линиях по побережью Кольского п-ова «Мурманск — Островной — Мурманск» и «Мурманск — Островной — Чаваньга — Островной — Мурманск».

Кроме того, в Мурманском порту базируется единственный в мире атомный ледокольный флот, а также суда множества судоходных и рыболовецких компаний (Мурманское морское пароходство, Мурманский транспортный филиал ГКМ «Норильский Никель», Мурманский траловый флот, Союз рыбопромышленников Севера и др.). Мурманский порт также тесно связан с промышленными центрами России и зарубежными странами воздушным (международный аэропорт Мурманск, аэропорт совместного базирования Апатиты), автомобильным (федеральная магистральная автодорога Р-21 «Кола», международные автомобильные пункты пропуска «Лотта» (среднегодовая интенсивность движения составляет около 950 единиц автотранспорта в сутки), «Салла» (около 700 единиц) и «Борисоглебск» (1600 единиц) [4]) и железнодорожным транспортом (Мурманская железная дорога). Именно поэтому не вызывает сомнений, что Мурманский порт

является базовым портом Арктического бассейна по обеспечению грузоперевозок по СМП, а его комплексное развитие позволит сформировать качественно новую транспортную инфраструктуру в Арктике, способную обеспечить решение задачи социально-экономического развития не только арктических территорий, но и российской экономики в целом.

Проект «Комплексное развитие Мурманского транспортного узла» как фактор развития транспортной системы Арктики

Проект «Комплексное развитие Мурманского транспортного узла» появился в 2005 г. в рамках ФЦП «Модернизация транспортной системы России на 2002–2010 гг.» (подпрограмма «Экспорт транспортных услуг»), а его основной целью является создание на базе Мурманского порта круглогодичного глубоководного морского хаба, интегрированного в международный транспортный коридор «Север-Юг» и «Восток-Запад».

Реализовывать проект предполагается на основе государственно-частного партнерства, так как очевидно, что ни один регион не в состоянии самостоятельно обеспечить развитие своей транспортной инфраструктуры [5]. Так, за счет средств федерального бюджета предусмотрено строительство объектов железнодорожной инфраструктуры (строительство на западном берегу Кольского залива новой электрифицированной однопутной железнодорожной линии Выходной — Лавна протяженностью 46 км, реконструкция путевого развития, строительство новых железнодорожных станций и др.), дноуглубление акватории Кольского залива, реконструкция и модернизация существующей портовой инфраструктуры на восточном берегу Кольского залива, развитие авиационного транспорта (реконструкция аэропорта Мурманск) и автодорожной инфраструктуры (реконструкция автомобильной дороги Р-21 «Кола») [6–7].

За счет средств частных инвесторов на западном берегу Кольского залива планируется строительство нефтяного терминала, угольного перевалочного комплекса и объектов инженерной инфраструктуры морского торгового порта «Лавна», на восточном берегу Кольского залива планируется реконструкция существующего угольного терминала, строительство контейнерного терминала и логистического центра.

Для реализации проекта в 2007 г. была создана ОАО «Управляющая компания "Мурманский транспортный узел"» и утверждена схема Мурманского портового транспортного узла. В 2008 г. подписано распоряжение Правительства РФ № 1821-р «О реализации проекта "Развитие Мурманского транспортного узла"», а в 2009 г. завершен I этап проектных работ. Однако из-за мирового финансового кризиса и последовавшего за ним экономического спада российской экономики реализация проекта была приостановлена.

Строительная фаза реализации проекта развития МТУ, а именно строительство объектов федеральной собственности, была начата в 2014 г., и на сегодняшний день завершено уже около 30 % всех работ. Так, в 2016 г. завершена реконструкция объездной автодороги Мурманска — участка федеральной трассы Р-21 «Кола» (построено 14 искусственных сооружений: развязки, мосты, путепроводы, надземный пешеходный переход и др.), завершена реконструкция морского пассажирского вокзала и пирса дальних линий, проведено дноуглубление и береговое укрепление пассажирского района (в результате общая площадь вокзала выросла в 2 раза, а длина пирса увеличилась на 59 м и составила 206,6 м), открыт участок морского пункта пропуска, реализуется проект «Арктическая гавань» по развитию круизного туризма в Мурманской обл. Кроме того, на западном берегу Кольского залива активно ведется строительство энергетической и железнодорожной инфраструктуры, которое планируется завершить в 2019 г. (возведение земляного полотна станции Лавна и в районе реки Тулома, строительство железнодорожных мостовых переходов, установка опор и подпорных стенок автодорожного путепровода и др.).

Вместе с тем в строительстве на западном берегу Кольского залива частных объектов произошла заминка, обусловленная совокупностью различных причин, в числе которых и сложная геополитическая обстановка, и ограничение доступа российских банков к рынкам капитала стран ЕС, и колебания рыночной конъюнктуры. Все это, наряду с сокращением в последние годы

расходной части федерального бюджета и оптимизацией затрат на все инвестиционные проекты России, привело к дефициту средств, предназначенных для строительства объектов МТУ. Так, согласно первоначальным планам, проект должен был быть завершен к 2020 г., однако в сентябре 2017 г. срок его реализации был продлен до 2021 г., а финансирование сокращено почти на 6 млрд руб. — до 139 021,7 млн руб. (в том числе 59 598,6 млн руб. за счет средств федерального бюджета, 79 423,1 млн руб. за счет внебюджетных источников).

Тем не менее даже в период жестких бюджетных ограничений у российского правительства нет в планах прекращать строительство МТУ, проект продолжает реализовываться, а интерес к нему отечественных и зарубежных компаний не утихает. Так, в 2015 г. в проект МТУ вошла российская компания «НОВАТЭК» с намерением построить на западном берегу Кольского залива центр строительства крупнотоннажных морских сооружений, который будет выпускать плавучие СПГ-заводы мощностью 6,5 млн т для реализации проекта «Ямал СПГ». В 2017 г. в проект МТУ вошли сразу два крупных инвестора — швейцарский глобальный сырьевой трейдер Mercuria Energy Trading S.A. и крупнейший китайский государственный холдинг Poly International Holding Co. Благодаря инвестициям иностранных компаний в марте 2018 г. на западном берегу Кольского залива было начато строительство современного специализированного угольного терминала «Лавна» мощностью 18 млн т в год, который должен заработать уже в 2020 г. Кроме того, свои планы присоединиться к проекту строительства угольного терминала «Лавна» неоднократно озвучивали и Талдинская топливно-энергетическая компания (ГК «ТАЛТЭК»), и холдинговая компания «СДС-Уголь» (отраслевой холдинг компании «Сибирский деловой союз»), входящая в тройку лидеров угольной отрасли России.

Заключение

Как отмечалось выше, с развитием транспортного узла Мурманская обл. приобретет стратегическое значение как опорный регион в реализации национальных интересов России в Арктике, в первую очередь по реализации арктического транспортно-транзитного потенциала. С увеличением судоходства по трассам СМП транспортная система Мурманской обл. будет интегрирована в общероссийскую транспортную систему, а перед региональными предприятиями откроются рынки Азиатско-Тихоокеанского региона. Кроме того, устойчивое развитие получат судоремонтные предприятия области и производства в смежных секторах (промышленность, финансовый сектор и т. д.). Немалые перспективы имеет развитие морской пассажирской инфраструктуры и круизного туризма из Мурманска по трассам СМП — к Северному полюсу, Новой Земле, арх. Шпицберген (по оценкам ФГУП «Росморпорт», число заходов в Мурманский порт иностранных круизных судов может увеличиться с 6 до 70) [4]. Эти и другие факторы определяют позитивную динамику региональных показателей: увеличение ВРП, сокращение безработицы, создание дополнительных рабочих мест во время строительства и в период эксплуатации объектов МТУ, повышение благосостояния населения, оживление деловой активности и т. д.

Таким образом, Мурманский транспортный узел, несомненно, является важнейшим фактором укрепления позиций Российской Федерации в Арктике, а также фактором формирования качественно новой общероссийской транспортной инфраструктуры и обеспечения устойчивого развития Мурманской обл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скуфьина Т. П. Нормативно-правовое регулирование развития российского Севера и Арктики // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 9–2. С. 424–428.
2. Победоносцева В. В., Победоносцева Г. М. Инвестиционные решения при освоении территорий Арктической зоны Российской Федерации // *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2012. № 1 (29). С. 24–26.
3. Циганкова А. А., Романченко О. В., Шметкова О. Л. Инфраструктура Арктической зоны РФ: состояние, экономические инструменты развития и приоритетные проекты //

Региональная экономика и управление: электрон. науч. журн. 2016. № 4 (48). С. 158–168. 4. *Большаков Я. А., Петко О. В., Фридкин В. Н.* Роль Мурманского транспортного узла в развитии Арктического региона // Управление экономическими системами: электрон. науч. журн. 2016. № 4 (86). 5. *Шпак А. В., Серова В. А., Биев А. А.* Современные проблемы транспортной инфраструктуры регионов российской Арктики // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2014. № 6 (43). С. 31–35. 6. *Скуфьина Т. П., Серова Н. А.* Актуальные аспекты развития Мурманского транспортного узла // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 5 (72). С. 19–22. 7. *Серова Н. А.* Особенности инвестиционной политики регионов Арктической зоны // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2016. № 3. С. 13–20.

Сведения об авторе

Серова Наталья Александровна — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН
E-mail: serova@iep.kolasc.net.ru

Author Affiliation

Natalia A. Serova — PhD (Economics), Senior Researcher of the Luzin Institute for Economic Studies of the KSC of the RAS
E-mail: serova@iep.kolasc.net.ru

Библиографическое описание статьи

Серова, Н. А. Роль Мурманского транспортного узла в развитии Арктической зоны Российской Федерации / *Н. А. Серова* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2018. — № 2 (10). — С. 123–127.

Reference

Serova Natalia A. The Role of the Murmansk Transport Hub in the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation. *Herald of the Kola Science of the RAS*, 2018, vol. 2 (10), pp. 123–127 (In Russ.).

XXXVI Конференция молодых ученых

«Исследования арктических экосистем»,

посвященная 40-летию научно-исследовательского судна «Дальние Зеленцы»

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 17 мая 2018 г.

В 2018 г. традиционная конференция молодых ученых ММБИ прошла в формате отчетной сессии молодых ученых при финансовой поддержке ФАНО России. Программа научного мероприятия включала 16 устных сообщений, в мероприятии приняли участие 55 человек. К его началу были изданы материалы конференции.

Конференция открылась вступительным словом врио директора по науке профессора П. Р. Макаревича. В своей напутственной речи руководитель Института сделал небольшой экскурс в историю молодежных форумов ММБИ, рассказав о роли идеолога и родоначальника этих мероприятий академика Г. Г. Матишова в развитии арктической молодой науки, а также озвучив некоторые свои воспоминания как участника первых конференций. П. Р. Макаревич также упомянул, что данное мероприятие посвящено славной 40-летней истории морского флагмана ММБИ НИС «Дальние Зеленцы».

Сессия открылась вступительным докладом старейшего ученого ММБИ, участника первых походов на НИС «Дальние Зеленцы», главного научного сотрудника лаборатории океанографии и радиоэкологии Г. В. Ильина. Докладчик рассказал о маршрутах и задачах пробного и перегонного рейсов, о полученных результатах, отдельно остановился на сборе экспонатов для зоологических коллекций ММБИ и Института океанологии.

Исследования, результаты которых были доложены молодыми учеными, базировались на современных экспедиционных и экспериментальных данных, полученных в ходе работ в Баренцевом, Белом и Карском морях. Все доклады вызвали большой интерес, самым дискуссионным оказался доклад Н. И. Мещерякова «Вертикальный поток осадочного вещества в озере Бретъёрна (Западный Шпицберген)». Оригинальный исследовательский подход к изучению разнообразия мшанок был представлен в эмоциональном докладе О. Ю. Ахметчиной, вызвавшем живой отклик у аудитории.

Выступающие в дискуссии члены Ученого совета ММБИ с удовлетворением отметили, что все представленные доклады имели достаточно высокий уровень и по качеству базисного материала, и по предложенному анализу данных. Ведущие ученые Института положительно оценили работы А. Э. Носкович и Л. В. Захаровой, для которых подобная отчетная сессия была первой. Доклады М. А. Болтенковой, М. П. Венгер, С. А. Булавиной стали серьезной заявкой на защиту кандидатских диссертаций.

По итогам творческого конкурса, проводимого среди сотрудников ММБИ, победителями стали: Т. В. Минзюк, О. В. Бондарев, И. Ф. Запорожцев, О. Ю. Ахметчина, М. А. Болтенкова, М. П. Венгер, А. С. Булавина, А. Э. Носкович.

XVII Международная научная конференция студентов и аспирантов

«Проблемы Арктического региона»

Полярный геофизический институт, г. Мурманск, 15–16 мая 2018 г.

Оргкомитет конференции продолжил деятельность, направленную на сохранение международной студенческой площадки, имеющей целью исследование процессов в Арктическом регионе, повышение уровня образования и привлечения талантливой молодежи для работы в науке, промышленности и высшей школе. В работе конференции приняли участие 195 студентов и представителей из 35 организаций, в том числе из Норвегии и США. На конференции был представлен 1 заказной доклад и 82 доклада от 120 авторов. Работа происходила по 5 секциям: «Экология и медико-биологические проблемы Севера» (15 докладов); «Информационные,

геологические и физико-химические проблемы» (18 докладов); «Арктическая гидробиология и ихтиология» (18 докладов); «Гуманитарные и экономические проблемы освоения Арктики» (17 докладов); «Проблемы образования в Арктическом регионе» (14 докладов).

Интерес, проявленный к данной конференции сотрудниками академических институтов, работниками высшей школы и организациями области, показал, что организация подобных мероприятий не только способствует развитию творческой активности студентов, но и представляет интерес для специалистов. В результате проведенной конференции завязались более тесные связи представителей высшей школы с сотрудниками академических институтов. Поскольку научное мероприятие становится регулярным, то у представителей вузов и академических институтов появился стимул для подготовки работ на следующую встречу.

Ближайшей задачей организации подобной конференции является координация усилий ученых Арктического региона, работающих совместно со студенческой молодежью, для выявления наиболее талантливых ее представителей и привлечения их для работы в вузах, науке и промышленности. Если говорить о перспективах, то это координация усилий стран Баренц-региона для проведения совместной конференции студентов и молодых ученых по вопросам научных исследований и устойчивого развития в высоких широтах. Организация общей постоянно действующей международной конференции студентов и аспирантов расширит число участников за счет привлечения зарубежных студентов и будет способствовать развитию международного сотрудничества в плане решения насущных проблем, имеющих место в Арктическом регионе.

Реализация проекта «Международная научная конференция студентов и аспирантов "Проблемы Арктического региона"» стала одним из этапов на пути к решению проблем, возникающих перед высшей школой и наукой нашей области и связанных с ухудшением ситуации с образованием в высшей школе и обеспечением области специалистами.

Была организована культурная программа: экскурсия в музей Полярного геофизического института «Прошлое и настоящее геофизических исследований ПГИ» и экскурсия «Геофизическая исследовательская аппаратура для исследования атмосферы, литосферы Земли и океана», посвященная современным исследованиям ПГИ. Демонстрировались также фильмы о геофизических исследованиях на арх. Шпицберген и исследованиях биологических систем.

На заключительном пленарном заседании были подведены итоги работы конференции, все победители получили дипломы и подарки.

XVII Международная научная конференция студентов и аспирантов «Проблемы Арктического региона»

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 15 мая 2018 г.

В городе Мурманске на базе Полярного геофизического института, Мурманского арктического государственного университета, Мурманского государственного технического университета и Мурманского морского биологического института КНЦ РАН при финансовой поддержке ФАНО России была проведена XVII Международная научная конференция студентов и аспирантов «Проблемы Арктического региона».

Основной целью традиционной конференции стало ориентирование внимания учащихся высшей школы на научные исследования природных и социальных процессов в Арктическом регионе, повышение уровня образования и привлечения талантливой молодежи для работы в науке, промышленности и высшей школе. На конференцию было заявлено 138 участников из 20 организаций городов Москва, Санкт-Петербург, Мурманск, Петрозаводск, Апатиты, Кировск, Архангельск, Якутск, Ханты-Мансийск, Воронеж, Тюмень, Тромсё (Норвегия), Йель (США).

На базе ММБИ КНЦ РАН проходила секция «Арктическая гидробиология и ихтиология», программа которой включала 18 докладов. Представленные работы были посвящены изучению особенностей биологии и популяционной экологии различных звеньев морских экосистем Арктики. Большая часть докладов была сделана студентами и аспирантами базовой кафедры ММБИ

при Мурманском государственном техническом университете. Победителями творческого конкурса на лучший доклад на секции стали К. С. Хачатурова (I место за доклад «Видовое разнообразие и распределение многощетинковых червей Зюйдкапского желоба и прилегающей акватории»), О. В. Човган (II место за доклад «Биотические взаимоотношения водорослей рода *Fucus* и *Palmaria palmata* в экспериментальных условиях»), М. В. Гармаш (III место за доклад «Некоторые особенности биологии трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758 Кольского полуострова»).

В ходе заключительного заседания и обсуждения итогов научного форума было предложено: продолжить проведение регулярной молодежной международной конференции, посвященной проблемам Арктического региона; рекомендовать университетам направлять на конференцию своих участников по результатам проводимых ими вузовских конференций; направить усилия на большее привлечение иностранных участников в работе конференции.

III Всероссийская научная конференция с международным участием «Исследования и разработки в области химии и технологии функциональных материалов», посвященная 60-летию института

***Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И. В. Тананаева КНЦ РАН, 16–20 апреля 2018 г.***

Конференция организована при участии Отделения химии и наук о материалах Российской академии наук, Научного совета по химической технологии РАН, Научного совета по металлургии и металловедению РАН. Финансовую и организационную поддержку проведению конференции оказали Российский фонд фундаментальных исследований, ООО «НПК «Русредмет» (г. Санкт-Петербург), АО «Апатит» объединения «ФосАгро» (г. Кировск, Мурманская обл.), НИЦ «Курчатовский институт» — ЦНИИ КМ «Прометей» (г. Санкт-Петербург), АО «Кольская горно-металлургическая компания», ООО «Аналит Продактс» (г. Санкт-Петербург).

В работе конференции приняли участие 169 специалистов, представлявших 34 организации, в том числе государственные органы Российской Федерации, промышленные холдинги и предприятия, научно-исследовательские и образовательные организации. Свои доклады представили 4 зарубежных участника из 3 стран — Армении, Белоруссии, Великобритании. География участников конференции из России очень обширна — от Дальнего Востока до Северо-Запада России. В научном форуме приняли участие 5 членов РАН. Всего было сделано 142 доклада, в том числе 24 пленарных, 77 устных и 41 стендовый. Работа проходила в 5 секциях. Число молодых участников составило 57.

Представленные доклады соответствуют приоритетным направлениям развития науки и техники Российской Федерации, нацелены на решение научных и практических задач разработки новых процессов и материалов, способствующих решению задач импортозамещения. Работа конференции проходила в форме пленарных, секционных заседаний и стендовых сессий.

Основные направления работы конференции по секциям:

- секция 1. «Перспективы освоения сырьевой базы и переработка комплексного сырья для получения функциональных материалов»;
- секция 2. «Металлургические и гидрометаллургические процессы получения перспективных материалов»;
- секция 3. «Синтез функциональных материалов в солевых расплавах»;
- секция 4. «Исследование синтеза, свойств и применения функциональных микро- и наноструктурных материалов»;
- секция 5. «Технология строительных материалов. Утилизация отходов переработки минерального сырья. Экономика и экология новых технологических процессов».

На конференции рассмотрены вопросы, связанные с фундаментальными научными проблемами разработки комплексных технологий природного и техногенного сырья, создания инновационных технологий для синтеза новых материалов с заданными свойствами и функциями. Было уделено внимание вопросам разработки оригинального базового пакета комбинированных схем

гидрометаллургического передела, позволяющего выбрать оптимальный вариант переработки различных типов сырья, отвечающего любым заданным критериям отбора по номенклатуре и качеству конечной продукции. Отмечено, что разрабатываемые основы комплексной переработки минерального сырья отвечают направлениям развития Кольского химико-технологического кластера. Обсуждены вопросы создания технологий для получения изделий, эксплуатирующихся в условиях Севера. Значительное количество работ касалось использования современных методов экстракции для извлечения цветных, редких и радиоактивных металлов из растворов.

Состоялся обмен информацией о применении принципиально новых подходов к созданию перспективных материалов в области электроники, атомной энергетики, нефтегазового комплекса, медицины, транспорта, обеспечивающих устойчивое социально-экономическое развитие регионов России и укрепление национальной безопасности страны. Конференция способствовала решению научных проблем рационального использования арктических природных ресурсов и утилизации техногенных продуктов для получения эффективных видов строительных и технических материалов.

Активный обмен мнениями по рассматриваемым вопросам показал взаимную заинтересованность к развиваемым подходам и позволил наметить пути совместных работ по отдельным тематикам. Работа конференции показала, что доклады, представленные российскими учеными, отличаются оригинальностью, выполнены на высоком научном уровне с применением современных методов синтеза и исследования структуры и свойств материалов, современного оборудования. Научные результаты, изложенные в докладах, соответствуют мировому уровню и имеют большую практическую значимость, что свидетельствует о высоком уровне влияния российских ученых на состояние исследований по тематике конференции.

Материалы конференции изданы в научном издании «Труды Кольского научного центра РАН». Всего опубликовано 204 статьи авторов из 68 академических институтов, исследовательских центров, университетов, предприятий России и других стран.

Отчетный научный семинар

«Научные результаты морских арктических исследований, проведенных в рамках экспедиционных программ НИС «Дальние Зеленцы» в 2016–2017 гг.»

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 13 апреля 2018 г.

Основной целью семинара стало обсуждение научных результатов, полученных в ходе морских экспедиций ММБИ КНЦ РАН по программам ФАНО в 2016–2017 гг., и выработка стратегии проведения комплексных экспедиций в рамках тем государственного задания на 2018–2020 гг. Было заслушано 8 научных сообщений. Большинство докладов было посвящено океанографическим и гидробиологическим особенностям экосистемы Баренцева моря в зоне полярного фронта. Наибольший интерес вызвали доклады по структурной организации фито- и зоопланктона в зоне полярного фронта. Во время доклада о термохалинных условиях в зоне полярного фронта в летний и осенне-зимний периоды 2017 г. возникла серьезная дискуссия о возможности оперативного получения актуальной океанографической информации во время работы на станциях всеми заинтересованными группами научного коллектива. По итогам заслушанных докладов было принято решение о подготовке сборника научных статей в формате периодического издания «Труды КНЦ РАН. Океанология», выпуск 5.

«Школа ФАР в регионах России»

Кольский научный центр РАН, 6–7 апреля 2018 г.

С 2017 г. Федерация анестезиологов и реаниматологов (ФАР) реализует образовательный проект «Школа ФАР в регионах России». Такие конференции уже проведены во многих крупных городах России. Их лекторами являются ведущие ученые и преподаватели — анестезиологи-реаниматологи из центральных городов России и городов, где проходят такие мероприятия.

Цель Школы — дополнить существующую систему дополнительного медицинского образования, акцентируя внимание на наиболее сложных моментах практической жизни докторов, помочь им избежать ошибок и осложнений в своей практике. Школы ФАР, соответствуя сути непрерывного медицинского образования, способствуют поддержанию достойного профессионального уровня постоянно, а не дискретно. Это образовательный проект, который направлен на «болевы́е точки» конкретного региона. Ведь, несмотря на то, что проблемы работы анестезиологов-реаниматологов в целом типичны, в каждом регионе есть свои сложности. Задача ФАР — выявить все эти нюансы.

В городе Апатиты в образовательной конференции приняли участие:

- директор Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН, кандидат медицинских наук Владимир Владимирович Мегорский (г. Апатиты);
- врач анестезиолог-реаниматолог Клинической инфекционной больницы им. С. П. Боткина Марк Самуилович Данилов (г. Санкт-Петербург);
- заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии Ярославского государственного медицинского университета, доктор медицинских наук, доцент Павел Александрович Любошевский (г. Ярославль);
- заместитель руководителя НИИ общей реаниматологии им. В. А. Неговского ФНКЦ РР по науке, доктор медицинских наук, доцент кафедры анестезиологии-реаниматологии МГМСУ им. А. И. Евдокимова, директор курсов и член научного комитета Европейского совета по реанимации Артем Николаевич Кузовлев (г. Москва);
- профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии им. В. Л. Ваневского Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, доктор медицинских наук, профессор Вадим Альбертович Мазурок (г. Санкт-Петербург);
- доктор медицинских наук Илья Семенович Курапеев (г. Санкт-Петербург).

XX Всероссийская конференция

«Методологические проблемы управления макросистемами»

***Институт информатики и математического моделирования технологических процессов
КНЦ РАН, 2–6 апреля 2018 г.***

Конференция поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 18-07-20022). В ее работе приняли участие более 30 человек.

Организатор — ФГУ ФИЦ «Информатика и управление» РАН (в лице Института системного анализа РАН, ИСА РАН, г. Москва). Конференция существует с 1985 г. С 2004 г. она проводится регулярно один раз в два года в городе Апатиты на базе Института информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН.

Доклады участников научного форума представлены в трех секциях:

- «Основы методологии междисциплинарных системных исследований»;
- «Теоретические вопросы управления макросистемами», «Информационные технологии управления макросистемами»;
- «Модельно-информационные аспекты исследований региональных и технологических».

В рамках заявленных направлений авторы работ охватили широкий круг объектов исследования. Были представлены результаты по развитию методов машинного и онтологического обучения, кластеризации, многокритериального принятия решений и ситуационного анализа. Предложенные исследователями решения нацелены на обеспечение устойчивого развития регионов, в том числе повышение их социально-экономической, кадровой и промышленной безопасности, мониторинг и анализ социетальной (societal) безопасности локальных сообществ, разработку инфраструктуры «умных городов» и др.

Работы в первую очередь демонстрировали применение различных способов и прикладных инструментов информационного моделирования. Представленные решения основаны на использовании энтропийных операторов, мультипредметных онтологий, проблемно ориентированных сред моделирования, когнитивных интерфейсов, интегрированных баз данных и баз знаний, системно-динамических и агентных имитационных платформ и др.

На базе ИИММ конференции по профильной тематике проводятся ежегодно. Многие затрагиваемые научные проблемы хорошо известны постоянным участникам таких мероприятий. Уровень представленных работ, их глубина и степень развития позволяет говорить о том, что авторы получают новые и все более интересные результаты. Прежде всего это касается работ молодых ученых, результаты которых представляют собою основу их квалификационных работ.

По результатам работы конференции Оргкомитет отдельно отметил работы молодых научных работников, ведущих исследования в рамках своих диссертационных работ. Труды участников конференции будут опубликованы в ежегодном сборнике «Труды Кольского научного центра РАН. Информационные технологии» в декабре 2018 года.

Следующая конференция «Методологические проблемы управления макросистемами» состоится весной 2020 года, а весной 2019 г. ИИММ КНЦ РАН организует VIII Всероссийскую научно-практическую конференцию «Теория и практика системной динамики».

XV Всероссийская Ферсмановская научная сессия (с международным участием), посвященная 100-летию со дня рождения первого директора института д. г.-м. н. Е. К. Козлова Геологический институт КНЦ РАН, 2–3 апреля 2018 г.

В Геологическом институте КНЦ РАН при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-05-20031-г), организационной и информационной — Кольского отделения Российского минералогического общества прошла ежегодная XV Всероссийская Ферсмановская научная сессия (с международным участием), посвященная 100-летию со дня рождения первого директора института д. г.-м. н. Е. К. Козлова.

Первая часть конференции традиционно была приурочена к Дню геолога (2–3 апреля 2018 г.), экскурсионная часть сессии проходила с 4 по 7 июня 2018 г. Символично, что юбилейная сессия совпала с вхождением Геологического института — после долгого перерыва — в качестве обособленного подразделения в единую «семью» институтов недавно созданного Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук». Тем самым были восстановлены те организационные принципы, которые много лет тому назад были заложены Е. К. Козловым как Председателем Президиума Кольского филиала АН СССР и его соратниками.

Долгое время они позволяли каждому институту эффективно развиваться, определяя тем самым благополучие всего центра. Объединение институтов на новом качественном уровне должно дать импульс для их согласованного развития, организации крупных совместных проектов. Примером такого сотрудничества служит традиционная Ферсмановская научная сессия, которая отличается широким спектром геологических и смежных направлений научных исследований, отраженных в интересных и содержательных докладах:

1. Региональная геология, геофизика и геохимия (27 докладов).
2. Общая и генетическая минералогия, кристаллография (8 докладов).
3. Технологическая минералогия (2 доклада);
4. Геоэкология (14 докладов).
5. Человек в условиях Арктики (3 доклада).
6. Наука и образование в Арктическом регионе — проблемы геологии (5 докладов).
7. Стендовые доклады (17).

Всероссийский масштаб конференции обеспечили участники из 12 городов: Апатиты (КНЦ РАН, ПАБСИ КНЦ РАН, КоФ ФИЦ ЕГС РАН, АФ МГТУ, ОАО «Пана»), Воронеж (ВГУ), Екатеринбург (ИГГ УрО РАН, ИПЭ УрО РАН), Ковдор (ООО «Ковдорский ГОК»), Миасс (Институт минералогии УрО РАН), Москва (ГИН РАН, ГЕОХИ РАН, ГГМ РАН, ИГЕМ РАН, ИИЕТ РАН, ИО РАН, ИФЗ РАН, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, ИМГРЭ, МГУ, МГРИ-РГГРУ), Мурманск (ПГИ, ММБИ КНЦ РАН, МАГЭ, МАГУ, ООО «Огни Мурманска»), Петрозаводск (КарНЦ РАН, ИГ КарНЦ РАН), Санкт-Петербург (ИГГД РАН, ИИМК РАН, НИЦЭБ РАН, СПбГУ, СПГУ, ООО «Лаборатория свойств стекла»), Сыктывкар (ИГ КомиНЦ УрО РАН), Томск (ТГУ), Черноголовка (ИПХФ РАН).

Международное участие обозначили коллеги из Великобритании (Школа наук о Земле и Океане Университета Кардифф), Дании (Геологическая служба Дании и Гренландии), Канады (Университет Квебека в Шикутими), Польши (Университет Марии Кюри-Склодовской, Польский геологический институт, Институт геологических наук ПАН), США (Стэнфордский университет).

Сессию завершили обзорные выступления председателей секций и общая дискуссия по наиболее актуальным проблемам.

**КАСПАРЬЯН Эдуард Варужанович**

д. т. н., ведущий научный сотрудник лаборатории геомеханики Горного института КНЦ РАН. В Горном институте трудится с 1962 г.

После окончания в 1960 г. маркшейдерского факультета Ленинградского горного института работал инженером-геодезистом Мурманского проектного института «Госкольстройпроект», затем поступил в аспирантуру Кольского филиала АН СССР.

В 1969 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в 1988 г. — докторскую.

Специалист в области геомеханики. За время работы принимал непосредственное участие и руководил исследованиями по проблеме обеспечения устойчивости горных выработок в скальных массивах горных пород при разработке месторождений полезных ископаемых, при строительстве подземных сооружений и проектировании подземных энергетических комплексов с ядерными технологиями, а также при проведении геодезического мониторинга для обеспечения безопасной эксплуатации объектов атомной энергетики.

Автор и соавтор более 150 научных работ, в том числе 6 монографий.

Результаты научных исследований Э. В. Каспарьяна реализованы на многих горнодобывающих предприятиях Мурманской обл. и за ее пределами.

Одновременно с научной работой начиная с 1996 г. активно занимается преподавательской деятельностью в должности профессора в Апатитском филиале Мурманского государственного технического университета и в филиале Мурманского арктического государственного университета в г. Апатиты.

Для обеспечения учебного процесса им совместно с соавторами были подготовлены и изданы методические и учебные пособия: «Основы геодезии» (1998–1999); «Геомеханика» (2006); «Управление геомеханическими процессами при разработке месторождений полезных ископаемых» (2016); «Геомеханика» в 2 частях (2016).

Награжден знаками «Шахтерская слава» III степени, «Горняцкая слава» I–III степени, «Житель блокадного Ленинграда», почетной грамотой РАН.

От всей души поздравляем Эдуарда Варужановича с юбилеем, желаем крепкого здоровья, успехов в работе, новых научных достижений!

**ПЕТРОВ Валентин Петрович**

д. г.-м. н., профессор, директор ЦГП КНЦ РАН. Ученый, организатор науки, общественный деятель. В Кольском научном центре трудится более 50 лет. В 1980–2016 гг. занимал должность заместителя Председателя Президиума КФ АН СССР, в 2016–2017 гг. — помощника Председателя КНЦ РАН. Член Ученого совета КНЦ РАН.

Окончил Геологический факультет ЛГУ в 1961 г. В 1970 г. защитил кандидатскую диссертацию («Петрология и геохимия метаморфических пород ладожской серии»), в 1997 г. — докторскую («Метаморфизм раннего протерозоя Балтийского щита»). В 1967 г. приглашен на работу в Геологический институт КФАН СССР, где прошел путь от младшего научного сотрудника до руководителя научной лаборатории.

Специалист в области геологии, петрологии и металлогении метаморфических комплексов докембрия, автор оригинальной концепции формирования асимметричной метаморфической структуры земной коры Балтийского щита, геолого-генетической типизации метаморфических процессов и их взаимосвязи с геодинамическими режимами мантийно-корового взаимодействия на ранних стадиях эволюции Земли.

В Геологическом институте возглавлял комплексные исследования железорудных, кианитовых и медно-никелевых рудных формаций, что позволило существенно усовершенствовать научные основы прогнозирования, поисков и освоения месторождений полезных ископаемых в Мурманской обл. и российской части Евроарктического региона.

С 1995 г. — директор Международного центра по развитию науки, культуры и образования в Баренц/Евроарктическом регионе, реорганизованного в 2004 г. в Центр гуманитарных проблем Баренцрегиона КНЦ РАН. В настоящее время Валентин Петрович руководит исследованиями в области истории науки. Сфера научных интересов: организация научного изучения и освоения северо-западного сектора Арктической зоны РФ; взаимодействие науки, власти и промышленности; сотрудничество научно-исследовательских учреждений Северо-Запада России.

Свои организаторские способности В. П. Петров успешно проявляет на научно-организационном поприще. Является членом редакционного совета и редактором научных изданий КНЦ РАН, в том числе «Вестника Кольского научного центра РАН» и серии «Гуманитарные исследования» сборника «Труды Кольского научного центра РАН». Руководил редакцией «Кольской энциклопедии», был ответственным за выпуск издания «Ученые КНЦ РАН (1930–2005)». Является председателем Музейного совета КНЦ РАН.

Много сил Валентин Петрович отдает воспитанию научно-педагогических кадров региона. С 1997 г. являлся профессором Кольского филиала Петрозаводского государственного университета (КФ ПетрГУ), с 2003 г. — заведующим кафедрой североведения, входил в Ученый совет КФ ПетрГУ. Член коллегии комитета по образованию Администрации Мурманской обл. (с 2008 г. — Министерства науки и образования Мурманской обл.). Курирует обучение аспирантов КНЦ РАН по направлению 46.06.01 «Исторические науки и археология».

Активная жизненная позиция Валентина Петровича, умение ладить с людьми и решать организационные вопросы в полной мере проявились в его общественно-политической деятельности. В 1971–1977 гг. В. П. Петров был секретарем парткома КФАН СССР, неоднократно избирался членом Кировского ГК КПСС, депутатом Апатитского городского совета народных депутатов.

В. П. Петров — автор более 200 научных работ, в том числе 12 коллективных и личных научных монографий, ряда зарубежных публикаций.

За достижения в научной и научно-организационной деятельности В. П. Петров награжден орденом «Знак Почёта» (1980), орденом Дружбы (2006), медалью им. П. Л. Капицы РАН (1988), почетными грамотами Президиума АН СССР и РАН. В 1998 г. ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

От всего сердца поздравляем дорого Валентина Петровича с юбилеем! Желаем ему новых успехов и свершений, реализации многочисленных творческих планов, крепкого здоровья и благополучия! Пусть Ваш талант чутко улавливать жизненные перемены, воспринимать новое и претворять это новое в жизнь еще много-много лет служит на благо и развитие нашего Центра.

**КОЗЫРЕВ Сергей Александрович**

д. т. н., заведующий лабораторией технологических процессов при добыче полезных ископаемых Горного института КНЦ РАН, где работает с 1976 г.

Трудовую деятельность начал после окончания Ленинградского горного института в качестве горного мастера на шахтах производственного объединения «Гуковуголь». В 1984 г. защитил кандидатскую диссертацию, в 1996 г. — докторскую.

С. А. Козырев — известный ученый в области горных наук и разработки полезных ископаемых, автор 195 научных работ, в том числе 3 монографий, 7 методических указаний и 9 изобретений, 3 из которых внедрены на рудниках АО «Апатит».

Основные направления его научной и научно-организационной деятельности: управление дробящим и сейсмическим действием взрыва в сложных горно-геологических условиях; исследование взрывчатых характеристик промышленных взрывчатых веществ и техногенная сейсмичность. Организатор и руководитель научных работ в этом направлении.

В прикладной сфере деятельность Сергея Александровича сфокусирована на разработке новых технологий ведения взрывных работ на подземных и открытых горных работах, внедрении новых типов взрывчатых веществ, обеспечении сейсмобезопасного производства массовых взрывов и прогноза состояния атмосферы рудников и карьеров. Осуществляет научное сопровождение работ по внедрению на подземных рудниках Кольского п-ова эмульсионных взрывчатых веществ в части обоснования их оптимальных взрывчатых характеристик с отработкой параметров приготовления и заряжания восходящих скважин, что позволило полностью отказаться от использования опасных тротилосодержащих взрывчатых веществ на подземных рудниках Кольского п-ова.

Разработал методические положения расчета основных параметров шпуровой и скважинной отбойки для интенсификации дробления скальных пород и технологии ведения взрывных работ при проходке горных выработок и на очистных работах для сложных горно-геологических условий подземных рудников и карьеров Кольского п-ова при использовании эмульсионных взрывчатых веществ, что позволило повысить качественные и количественные показатели извлечения полезного ископаемого со значительным снижением материальных затрат и обеспечить сейсмобезопасное производство массовых взрывов.

Выступил инициатором и организатором исследований по разработке компьютерных технологий автоматизированного расчета и проектирования массовых взрывов любой сложности применительно к открытым и подземным горным работам, автоматизированного проектирования вентиляции и организации проветривания рудников, программного комплекса для оперативного контроля и прогноза состояния атмосферы карьеров и управления горными работами при различных метеоситуациях. Внедрение разработанных мероприятий позволило значительно повысить эффективность и безопасность горных работ на рудниках и карьерах Кольского п-ова.

В течение многих лет является председателем ГЭК в Апатитском филиале Мурманского технического университета и в филиале Мурманского арктического государственного университета в г. Апатиты (ранее — КФ ПетрГУ). Научный руководитель аспирантов и соискателей, под его руководством защищено 5 кандидатских диссертаций.

Награжден знаками «Шахтерская слава» III степени и «Горняцкая слава» III и II степени, памятной медалью «70 лет Дня шахтера», почетными грамотами РАН (1999–2010), юбилейной медалью «За воинскую доблесть» в честь 100-летия со дня рождения В. И. Ленина (1970).

От всей души поздравляем Сергея Александровича с юбилеем, желаем здоровья, счастья, успехов в работе!

**АБРАМОВ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ**

к. т. н., заведующий лабораторией теории и технологии проблем подземного строительства Горного института КНЦ РАН.

В 1976 г. после окончания Ленинградского института авиационного приборостроения началась трудовая деятельность в качестве инженера-конструктора НПО «Сфера» (г. Ленинград). В Горном институте работает с 1979 г., прошел путь от инженера до заведующего лабораторией. В 2012 г. защитил кандидатскую диссертацию.

Основное научное направление — развитие и совершенствование методов и средств мониторинга состояния крупногабаритных подземных комплексов. В этом направлении им разработана и адаптирована к конкретным объектам комплексная методика оценки и контроля состояния массива пород на основе метода пространственно-временной томографии (СПВТ). Основные результаты исследований были доведены до конкретных инженерных решений, методических рекомендаций, указаний и внедрены в производство.

Совершенствование используемых методов исследований позволило приложить накопленные знания и опыт в области оценки состояния подземных сооружений для контроля состояния гидротехнических подземных и грунтовых сооружений ПАО «Колэнерго», для геофизического контроля качества строительства открытой площадки длительного хранения отработанных реакторов атомных подводных лодок ВМФ РФ в районе Сайда-Губа, которое выполнялось по международному проекту.

В настоящее время разработки Николая Николаевича реализуются в организованном им геотехническом мониторинге состояния скального массива подземного машинного зала Верхне-Тулумской ГЭС.

Проводимые Н. Н. Абрамовым исследования и их результаты получают высокие оценки заказчиков и отражают современный мировой уровень исследований в этой области. Внедрение разработанных мероприятий способствует повышению эффективности и безопасности строительства и эксплуатации различных объектов подземного размещения, в том числе и объектов специального назначения на Кольском п-ове и РФ.

По результатам исследований Н. Н. Абрамовым лично и в соавторстве опубликовано 6 монографий и 96 научных статей.

Является лауреатом конкурса монографий Мурманской обл.

Преподавательская деятельность: доцент кафедры горного дела МГТУ по специальности «Физика горных пород».

Награжден знаком «Горняцкая слава» III и II степени, почетной грамота РАН. Ветеран труда РФ.

Поздравляем Николая Николаевича с круглой датой и желаем ему крепкого здоровья, счастья и дальнейших творческих успехов!

**ОПАЛЕВ Александр Сергеевич**

к. т. н., заместитель директора по научной работе Горного института КНЦ РАН.

Начал трудовую деятельность в Горном институте Кольского филиала Академии наук СССР после окончания физико-технического факультета Московского горного института в 1981 г. в должности стажера-исследователя, затем работал инженером, младшим научным сотрудником, научным сотрудником, с 1991 г. — старшим научным сотрудником.

В 1991 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Интенсификация магнитно-гравитационного разделения сильномагнитных руд на основе исследования кинетики разделительного массопереноса».

А. С. Опалев — специалист в области магнитных методов обогащения полезных ископаемых, внес определенный вклад в развитие теории и практики обогащения руд, содержащих минералы с магнитными свойствами. Им изучены и развиты теоретические представления процесса магнитно-гравитационной сепарации сильномагнитных руд, практическое применение которых позволило разработать ряд конструкций обогатительных аппаратов для промышленного применения.

Имеются также многочисленные разработки в области обогащения труднообогатимых руд с применением магнитных методов обогащения и работы, посвященные доизвлечению тонкого золота из отвальных продуктов золотодобычи. Внедрение магнитно-гравитационной сепарации в цикле производства железорудных концентратов на норвежском предприятии «Судварангер», разработка и внедрение энергосберегающих технологий получения высококачественных железорудных концентратов на предприятиях РФ в настоящее время являются значимыми достижениями Александра Сергеевича и послужили основой для дальнейшего развития теоретических представлений процесса магнитно-гравитационной сепарации и разработки новых технологий обогащения железистых кварцитов со стадийным выводом готового концентрата.

Самостоятельно и в соавторстве опубликовал более 80 научных трудов, в том числе им было получено 17 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

Поздравляем Александра Сергеевича с юбилеем и желаем здоровья, неугасимой энергии и дальнейших творческих успехов!

**МЕГОРСКИЙ Владимир Владимирович**

к. м. н., директор Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике.

Окончил факультет педиатрии Архангельского государственного медицинского института (1993). В КНЦ РАН начал работать с 1997 г.: врач анестезиолог-реаниматолог, заведующий службой анестезиологии больницы КНЦ, в Институте проблем промышленной экологии — младший научный сотрудник. С 2009 г. — заведующий отделением анестезиологии и реанимации

Апатитско-Кировской городской больницы, с 2015 г. — директор НИЦ МБП КНЦ РАН.

В 2005 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Медико-экологическая оценка заболеваемости в зависимости от загрязнения питьевых вод тяжелыми металлами в промышленных городах Кольского полуострова». В 2013 г. стал первым сертифицированным специалистом в области альгологии в Мурманской обл.

Специалист в области промышленной токсикологии. Область научных интересов: охрана здоровья населения, токсикология, гигиена питьевых вод и рациональное природопользование пресноводных экосистем Севера. Исследовал основные источники питьевого водоснабжения в наиболее крупных промышленных городах Кольского п-ова, а также токсическое действие тяжелых металлов на выделительную и пищеварительную систему человека. Выявил рост заболеваемости и патологий по различным нозологическим группам в зависимости от потребления питьевой воды, имеющей в своем составе тяжелые металлы.

Выполненные работы дают возможность проводить оценку, включающую количественно-пространственно-временную характеристику комплекса факторов окружающей среды, углубленное изучение здоровья с его интегральной оценкой, построение математических моделей взаимосвязей показателей состояния среды с характеристиками здоровья, сопоставление результатов эпидемиологических и экспериментальных исследований.

Ведет научные исследования по изучению болевого синдрома, данное направление включено в раздел текущей темы НИР в рамках госзадания, в дальнейшем планируется его развитие в качестве актуальной темы НИР.

В 2017 г. на базе клинического отдела НИЦ МБП организовал консультативную службу лечения хронической боли. Внес существенный вклад в сохранение подразделения Больница КНЦ. Ведет плодотворную работу по интеграции Клинического отдела в научную работу НИЦ МБП.

Входит в состав Президиума Научно-экспертного совета Государственной комиссии по вопросам развития Арктики, Врачебной палаты Мурманской обл.

Автор более 20 научных публикаций в российских и международных реферируемых изданиях.

Поздравляем Владимира Владимировича с юбилеем, желаем бодрости, счастья и новых творческих успехов!

**МЕЛЬНИКОВ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ**

(25.07.1938–2.06.2018)

Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук» и Горный институт КНЦ РАН с глубоким прискорбием извещают, что 2 июня 2018 г. на 80-м году жизни скоропостижно скончался академик РАН, профессор Николай Николаевич Мельников — выдающийся советский и российский ученый, талантливый организатор науки, замечательный человек.

С 1981 по 2015 гг. Н. Н. Мельников возглавлял Горный институт КНЦ РАН, с 2015 г. был научным руководителем института, с 2018 г. — научным руководителем ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук».

Основные направления научной и научно-организационной деятельности Николая Николаевича Мельникова — фундаментальные и прикладные исследования в области комплексного освоения минерально-сырьевых ресурсов и стратегического использования подземного пространства страны.

Им внесен значительный вклад в развитие теории проектирования и планирования горного производства, совершенствования разработки месторождений в сложных горно-геологических условиях, создания новой техники и ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих экологическую безопасность и экономическую эффективность горнопромышленных предприятий России.

Н. Н. Мельниковым создана научная школа в области комплексного освоения рудных месторождений в сложных геомеханических условиях с учетом сохранения природной среды. Под его руководством проводились научные исследования по обеспечению безопасной и эффективной добычи руды при эксплуатации месторождений на рудниках АО «Апатит», АО «Кольская горно-металлургическая компания», АО «Ковдорский ГОК», разработаны инновационные инженерные решения для безопасного и эффективного ведения горных работ на Ковдорском горно-обогатительном комбинате в проекте сверхглубокого карьера.

Значителен вклад Н. Н. Мельникова в реализацию крупного проекта по строительству горно-обогатительного комбината на апатит-нефелиновом месторождении «Олений ручей», осуществляемого АО «Северо-Западная фосфорная компания». Инновационные технологические решения, разработанные Горным институтом под руководством Николая Николаевича, были заложены в проекты рудника и обогатительной фабрики и реализованы при строительстве и сдаче в эксплуатацию современного комбината.

Н. Н. Мельников был научным руководителем крупномасштабных исследований в области подземного строительства специальных объектов государственного значения и работ по подземному захоронению радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива. Под его руководством разработаны критерии выбора потенциальных площадок для размещения радиационно опасных подземных объектов, созданы концептуальные проекты могильников, подземных атомных станций малой мощности и методы оценки их радиационной безопасности, проводились исследования по геодинамическому обоснованию безопасного освоения нефтегазовых месторождений Баренц-региона.

Н. Н. Мельников — участник ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, выдвинул концепцию и руководил разработкой по долговременному захоронению аварийного блока № 4.

Н. Н. Мельников — дважды лауреат премии Совета Министров СССР, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники. Награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени, орденом Почета, золотым знаком «Горняк России».

Входил в состав бюро Отделения наук о Земле РАН, Научного совета РАН по проблемам горных наук, Президиума Федерального бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», был иностранным членом Академии инженерных наук Сербии, а также редколлегий ряда журналов.

Им опубликовано более 500 научных работ, в том числе 42 монографии.

Большое внимание Николай Николаевич Мельников уделял подготовке кадров высшей квалификации, непосредственно под его руководством защитили диссертации более 20 соискателей степеней кандидатов и докторов наук. Принимал непосредственное участие в подготовке инженерных кадров, возглавляя кафедру горного дела в Мурманском государственном техническом университете.

Жизненный путь Николая Николаевича Мельникова — замечательный пример беззаветного служения Родине, преданности науке, идеалам чести и справедливости. Необыкновенно трудолюбивый, требовательный к себе и окружающим — таким он сохранится в наших сердцах.

Светлая память об академике РАН Николае Николаевиче Мельникове навсегда сохранится в сердцах всех, кто имел честь знать его и работать с ним.



ПЕШЕВ НИКОЛАЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

(2.01.1938–2.05.2018)

2 мая 2018 г. ушел из жизни один из ведущих ученых-экономистов Кольского Севера — Николай Григорьевич Пешев. Он родился и прожил большую часть жизни на Севере. Окончил Кировский горно-химический техникум (1957), Ленинградский горный институт, специальность «Экономика и организация горной промышленности» (1965). Кандидат технических наук («Экономика, организация управления и планирование народного хозяйства (горная промышленность)») (1973).

В КНЦ РАН работал с 1962 по 1997 гг.: ИХТРЭМС — лаборант, старший лаборант; в Отделе экономических исследований (с 1968 г.) — младший научный сотрудник, ученый секретарь, старший научный сотрудник, заведующий сектором экономики промышленного производства, заведующий отделом экономических исследований (1982–1986), в Институте экономических проблем (1987–1997) — заведующий лабораторией экономических проблем развития горнопромышленного комплекса, заведующий отделом экономических проблем комплексного освоения и использования природных ресурсов, заведующий сектором теории и методологии планового управления комплексным освоением минерального сырья, заместитель директора Института по научной работе.

Научные интересы были связаны с исследованием экономических проблем развития горнопромышленного комплекса. Им разработаны и внедрены в практику методики оптимального планирования горных работ на подземных рудниках и экономической оценки фосфатных месторождений СССР по замыкающим затратам, предложена динамическая производственно-транспортная модель для определения оптимального перспективного плана развития и размещения предприятий фосфатного сырья. Автор более 100 научных публикаций.

Член Президиума КФАН СССР (1984). В течение ряда лет возглавлял группу экономики фосфатного сырья Объединенной комиссии АН СССР и ГКНТ по экономической оценке природных ресурсов и мероприятий по охране окружающей среды. Был ученым секретарем Кольской территориальной секции Научного совета АН СССР по комплексной проблеме «Оптимальное планирование и управление народным хозяйством» и ученым секретарем Научного совета КФАН СССР по проблеме «Комплексное использование фосфатного сырья».

Лауреат премии Совета Министров СССР за «Комплексное научное исследование геологических, технологических и экономических проблем промышленного освоения апатитонефелиновых руд Хибинских месторождений» (1981).

Николай Григорьевич был очень разносторонним человеком с активной жизненной и научной позицией. Несмотря на свои весомые научные заслуги, всегда говорил: «...я, не считаю себя большим ученым, но мне интересно и очень нравится заниматься этим...». Активно использовал

в работе новые подходы в том числе экономико-математические методы, компьютерные программы, методы моделирования. Всегда очень много читал и следил за появлением новых научных разработок в сфере экономики природных ресурсов как советских, так и зарубежных, всех своих сотрудников, особенно молодых, приучал к этому же. Обладал незаурядными организационными способностями, умел подбирать наиболее подготовленных сотрудников, в том числе из выпускников советских вузов, создавать оптимальные условия для реализации их возможностей. В его секторе, отделе, группе всегда была рабочая и дружеская атмосфера, которая позволяла не только хорошо работать, но и быть друзьями.

Любил спорт, был мастером спорта по горным лыжам, занимался беговыми лыжами, при этом считал, что настоящую нагрузку дают именно беговые лыжи: «...пройти 30–40 километров в день — вот это настоящая нагрузка...». По поводу его любви к спорту друзья сочинили шутовское приветствие: «И не конный, и не пеший — слаломист наш — Коля Пешев». Все, кто работал с Николаем Григорьевичем, с большим теплом вспоминают и всегда будут помнить годы совместной работы с ним.

Выражаем искренние глубокие соболезнования всем родным и близким Николая Григорьевича.



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

