



Vestnik of Geosciences **Вестник геонаук**

Апрель
April
2021,
№ 4 (316)

Главный редактор

А. М. Асхабов

Chief Editor

A. M. Askhabov

Редакционный совет

А. И. Антошкина, Сыктывкар, Россия
М. А. Т. М. Брокманс, Тронхейм, Норвегия
И. Н. Бурцев, Сыктывкар, Россия
Д. А. Бушнев, Сыктывкар, Россия
Ю. Л. Войтеховский, Санкт-Петербург, Россия
А. Д. Гвишиани, Москва, Россия
И. В. Козырева, Сыктывкар, Россия
М. Комак, Любляна, Словения
В. А. Коротеев, Екатеринбург, Россия
О. Б. Котова, Сыктывкар, Россия
С. В. Кривовичев, Санкт-Петербург, Россия
С. К. Кузнецов, Сыктывкар, Россия
М. Мартинс, Ору-Прету, Бразилия
Т. П. Майорова, Сыктывкар, Россия
Ж. К. Мелгарехо, Барселона, Испания
Ф. Мон, Пекин, Китай
П. Мянник, Таллин, Эстония
А. М. Пыстин, Сыктывкар, Россия
К. М. Соджа, Гамильтон, Нью-Йорк, США
О. В. Удоратина, Сыктывкар, Россия
М. А. Федонкин, Москва, Россия

Editorial Board

Anna I. Antoshkina, Syktyvkar, Russia
Maarten A.T.M. Broekmans, Trondheim, Norway
Igor N. Burtsev, Syktyvkar, Russia
Dmitry A. Bushnev, Syktyvkar, Russia
Yury L. Voytekhsy, Saint Petersburg, Russia
Alexey D. Gvishiani, Moscow, Russia
Irina V. Kozyreva, Syktyvkar, Russia
Marko Komac, Ljubljana, Slovenia
Viktor A. Koroteev, Ekaterinburg, Russia
Olga B. Kotova, Syktyvkar, Russia
Sergey V. Krivovichev, Saint Petersburg, Russia
Sergey K. Kuznetsov, Syktyvkar, Russia
Maximiliano de Souza Martins, Ouro Preto, Brazil
Tatyana P. Mayorova, Syktyvkar, Russia
Joan Carles Melgarejo, Barcelona, Spain
Fancong Meng, Beijing, China
Peep Männik, Tallinn, Estonia
Alexander M. Pystin, Syktyvkar, Russia
Constance M. Soja, Hamilton, NY, USA
Oksana V. Udoratina, Syktyvkar, Russia
Mikhail A. Fedonkin, Moscow, Russia

Редакционная коллегия

А. И. Антошкина, Т. М. Безносова (ответственный секретарь), И. Н. Бурцев, Д. А. Бушнев, И. В. Козырева, О. Б. Котова (заместитель главного редактора), С. К. Кузнецов, Т. П. Майорова, А. М. Пыстин, О. В. Удоратина

Editorial team

A. I. Antoshkina, T. M. Beznosova (Executive Secretary), I. N. Burtsev, D. A. Bushnev, I. V. Kozyreva, O. B. Kotova (Deputy Chief Editor), S. K. Kuznetsov, T. P. Mayorova, A. M. Pystin, O. V. Udoratina

Технический редактор

Г. Н. Каблис

Technical Editor

G. N. Kablis

Заведующий редакцией

Т. А. Некучаева

Managing Editor

T. A. Nekuchaeva

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Выходит ежемесячно. Основан в 1995 году академиком Н. П. Юшкиным.

Прежнее название:

Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ журнала (2019) – 0,417



SCIENTIFIC JOURNAL

Monthly issued. Founded in 1995 by Academician N. P. Yushkin.

Former title:

Vestnik of Institute of Geology of Komi SC UB RAS

Five-year RSCI
impact factor (2019) – 0.417

geo.komisc.ru/vestnik

Содержание**Content**

Научные статьи	Scientific articles
Кристаллическая структура и индикаторное значение одихинчаита из Хибинского массива <i>Р. К. Расцветаева, Н. В. Чуканов, Д. В. Лисицин, М. В. Воронин, Д. А. Варламов</i>3	Crystal structure and indicatopy significance of odikhinchaite from the Khibiny alkaline complex <i>R. K. Rastsvetaeva, N. V. Chukanov, D. V. Lisitsin, M. V. Voronin, D. A. Varlamov</i>3
Мафит-ультрамафитовые породы (руч. Перидотитовый, Полярный Урал): минералогия, оценка Р–Т-параметров формирования <i>Н. С. Уляшева, О. В. Удоратина, А. С. Шуйский</i>10	Mafite-ultramafites (Peridotitovy stream, Polar Urals): mineralogy, estimation of P–T-parameters of formation <i>N. S. Ulyasheva, O. V. Udoratina, A. S. Shuisky</i>10
Технологическая минералогия: от академика В. М. Севергина до наших дней <i>В. В. Щипцов</i>20	Technological mineralogy: from Academician V. M. Severgin to the present day <i>V. V. Shchiptsov</i>20
История исследования палеопротерозойских строматолитов Карелии и их экспозиция в Музее геологии докембрия (Петрозаводск) <i>А. В. Рахманова</i>25	History of the study of Karelia Paleoproterozoic stromatolites and their display at the Museum of Precambrian Geology, Petrozavodsk <i>A. V. Rakhmanova</i>25
Хроника, события, факты. История науки	Chronicle, events, facts. History of Science
История одной экспедиции. Памяти первооткрывателя Воркутинского угольного бассейна32	History of one expedition. In memory of the discovery of the Vorkuta coal basin.....32
Искусство в камне41	Art in stone.....41
Нам пишет член-корреспондент РАН А. И. Жамойда43	Corresponding member of RAS A. I. Zhamoyda writes to us43
Полевая геологическая экскурсия «Малое геологическое кольцо Республики Коми»44	Field geological excursion «Small geological ring of the Komi Republic».....44

Правила
оформления
статей



Vestnik
article
Formatting



Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК 548.736.6

DOI: 10.19110/geov.2021.4.1

Кристаллическая структура и индикаторное значение одихинчаита из Хибинского массива

Р. К. Расцветаева¹, Н. В. Чуканов^{2, 3}, Д. В. Лисицин⁴, М. В. Воронин⁵, Д. А. Варламов⁵

¹Институт кристаллографии ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва
rast@crys.ras.ru, www.rascrystal.ru

²Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка

³Геологический факультет Московского государственного университета, Москва

⁴Музей «Самоцветы» Федерального агентства по недропользованию, Москва

⁵Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка

Методами электронно-зондового микроанализа, рентгеноструктурного анализа, инфракрасной и мёссбауэровской спектроскопии исследован одихинчаит (Sr-Mn-Nb-CO₃-доминантный минерал группы эвдиалита) из Хибинского щелочного массива. Изученный образец представляет собой вторую в мире находку этого минерала. Кристаллическая структура уточнена до итогового фактора расходимости $R = 3.4\%$ в анизотропном приближении атомных смещений с использованием 3815 независимых рефлексов с $F > 3\sigma(F)$. Параметры элементарной тригональной ячейки: $a = 14.2709(1)$, $c = 30.023(1)$ Å, $V = 5295.33(7)$ Å³, пространственная группа $R\bar{3}m$. Упрощенная формула изученного минерала ($Z = 3$): Na₁₁Sr₃(Mn²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺)Ca₆Zr₃Nb[Si₂₅O₇₂(OH)](CO₃)Cl(OH, O)₄. Обсуждается индикаторная роль одихинчаита в ультраагпаитовых пегматитах.

Ключевые слова: минерал, группа эвдиалита, одихинчаит, кристаллическая структура, ИК-спектроскопия, изоморфизм, Хибинский щелочной массив.

Crystal structure and indicatopy significance of odikhinchaite from the Khibiny alkaline complex

R. K. Rastsvetaeva¹, N. V. Chukanov^{2, 3}, D. V. Lisitsin⁴, M. V. Voronin⁵, D. A. Varlamov⁵

¹ Institute of Crystallography FSRC «Crystallography and Photonics» RAS, Moscow

² Institute of Problems of Chemical Physics RAS, Chernogolovka

³ Faculty of Geology, Moscow State University, Moscow

⁴ Samotsvety Museum, Federal agency for mineral resources, Moscow

⁵ Institute of experimental mineralogy RAS, Chernogolovka

Odikhinchaite, a Sr-Mn-Nb-CO₃-dominant eudialyte-group mineral from the Khibiny alkaline complex has been investigated using the methods of electron probe microanalysis, X-ray diffraction, infrared and Mössbauer spectroscopy. The crystal structure was refined to $R = 3.4\%$ in the anisotropic approximation of atomic displacements using 3815 independent reflections with $F > 3\sigma(F)$. The unit-cell parameters are: $a = 14.2709(1)$, $c = 30.023(1)$ Å, $V = 5295.33(7)$ Å³; the space group is $R\bar{3}m$. The simplified formula of the mineral is ($Z = 3$): Na₁₁Sr₃(Mn²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺)Ca₆Zr₃Nb[Si₂₅O₇₂(OH)](CO₃)Cl(OH, O)₄. The studied sample is the second find of this rare mineral worldwide, represented by a variety with high Fe content in the M2 micro-region, belonging to the taseqite – odikhinchaite solid-solution series. The significance of odikhinchaite as an indicator of a stage corresponding to maximum Sr activity in specific ultraagpaitic pegmatites is discussed.

Keywords: mineral, eudialyte group, odikhinchaite, crystal structure, IR spectroscopy, isomorphism, Khibiny alkaline complex.

Введение

Уникальность и практическая значимость цирконо-силиката эвдиалита определяется комплексностью его состава — он является источником редких земель и целого ряда редких элементов. Стронций, изоморфно замещающий Na, является обычной примесью в мине-

ралах группы эвдиалита (МГЭ) из агпаитовых пегматитов, однако в большинстве случаев его содержание не превышает 1 атома на формулу и, таким образом, он не служит видообразующим компонентом. Первый Sr-доминантный МГЭ был обнаружен в щелочном комплексе Илимаусак (Ilimaussaq) в Гренландии и описан как новый минеральный вид тасекит (taseqite) с иде-

Для цитирования: Расцветаева Р. К., Чуканов Н. В., Лисицин Д. В., Воронин М. В., Варламов Д. А. Кристаллическая структура и индикаторное значение одихинчаита из Хибинского массива // Вестник геонаук. 2021. 4(316). С. 3–9. DOI: 10.19110/geov.2021.4.1.

For citation: Rastsvetaeva R. K., Chukanov N. V., Lisitsin D. V., Voronin M. V., Varlamov D. A. Crystal structure and indicatopy significance of odikhinchaite from the Khibiny alkaline complex. Vestnik of Geosciences, 2021, 4(316), pp. 3–9, doi: 10.19110/geov.2021.4.1.

ализированной формулой $\text{Na}_{12}\text{Sr}_3\text{Ca}_6\text{Fe}_3\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{73}(\text{O}, \text{OH}, \text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_2$ [15]. В тасеките Sr занимает одну из пяти крупных внекаркасных катионных позиций. Впоследствии были открыты ещё три Sr-доминантных МГЭ: хомяковит $\text{Na}_{12}\text{Sr}_3\text{Ca}_6\text{Fe}_3\text{Zr}_3\text{W}(\text{Si}_{25}\text{O}_{72}(\text{O}, \text{OH}, \text{H}_2\text{O})_4(\text{OH}, \text{Cl})_2)$, манганохомяковит $\text{Na}_{12}\text{Sr}_3\text{Ca}_6\text{Mn}_3\text{Zr}_3\text{W}(\text{Si}_{25}\text{O}_{72}(\text{O}, \text{OH}, \text{H}_2\text{O})_4(\text{OH}, \text{Cl})_2)$ [13] и одихинчаит $\text{Na}_9\text{Sr}_3[(\text{H}_2\text{O})_2\text{Na}]\text{Ca}_6\text{Mn}_3\text{Zr}_3\text{NbSi}(\text{Si}_{24}\text{O}_{72})\text{O}(\text{OH})_3(\text{CO}_3)\cdot\text{H}_2\text{O}$ [12]. Все эти минералы исключительно редкие, причём до последнего времени только тасекит был отмечен более чем в одном пегматите. Голотипный тасекит ассоциирует со Sr-карбонатами — стронцианитом и анкилитом-(La). Одихинчаит тесно ассоциирует с анкилитом-(Ce). В ассоциациях с хомяковитом и манганохомяковитом другие минералы Sr не отмечались.

Ранее нами были изучены тасекит из массива Одихинча [2, 10], а также высокостронциевые, высоконобиевые и высокохлорные образцы МГЭ из Ловозерского массива [3]. Cl-дефицитная разновидность тасекита из массива Одихинча содержит молекулы воды в одной из внекаркасных X-позиций, которая в эвдиалите заселена Cl. В настоящей работе изучен одихинчаит из Хибинского массива, который является второй в мире находкой этого минерала.

Объект, методы и результаты исследования

Изученный в настоящей работе минерал был обнаружен на горе Путеличорр в крайне необычном и редком типе пегматитов Хибинского щелочного массива. Это недифференцированные пегматиты нормандит-эгирин-полевошпатового состава, где редкий титаносиликат нормандит является породообразующим минералом, образуя агрегаты случайно ориентированных игольчатых кристаллов, реже радиально-лучистые агрегаты. Все пегматиты подобного типа расположены в северной части массива, прослеживаются в виде узкой полосы от горы Путеличорр до западной части горы Партомчорр. Данный тип пегматитов характеризуется постоянством строения и минерального состава, несмотря на то, что пегматиты Путеличорра расположены в хибинитах, а пегматиты Партомчорра — в ляховорритах и породы эти рассечены широкой долиной реки Куниок. Это говорит о явно постмагматическом (возможно, метасоматическом) образовании данных пегматитовых тел.

Минералы группы эвдиалита — обычный эвдиалит и исследуемый минерал — для пегматитов описанного типа редки и встречаются в подчиненных количествах в небольших гнездах в тесной ассоциации с белыми агрегатами минерала ряда канкринит–кианоксалит и массивными агрегатами Sr-содержащего минерала группы апатита — фторкафита $\text{SrCa}_4(\text{PO}_4)_3\text{F}$. В некоторых случаях минералы группы эвдиалита образуют каймы вокруг белых зерен келдышита, нарастающих на серые кристаллики циркона. Одихинчаит формирует коричневые внешние зоны (толщиной до 5 мм) изометричных индивидов, внутренние зоны которых сложены буро-красным Sr-содержащим эвдиалитом.

Химический состав хибинского одихинчаита определен методом рентгеноспектрального микроанализа с применением растрового электронного микроскопа Tescan Vega-II XMU (режим EDS, 20 кВ, 400 пА) и ис-

пользованием системы регистрации рентгеновского излучения и расчёта состава INCA Energy 450. Диаметр электронного пучка составил 157–180 нм. Время накопления сигнала составляло 100 секунд. Содержание CO_2 оценено по данным ИК-спектроскопии. Эмпирическая формула, рассчитанная на 25.5 атомов Si (в соответствии с данными рентгеноструктурного анализа), с учетом неоднородности состава: $\text{Na}_{10.2-11.4}\text{K}_{0.3-0.4}\text{Ln}_{0.3-0.4}\text{Sr}_{1.5-2.1}\text{Mn}_{2.2-2.5}\text{Ca}_{6.4-6.6}\text{Fe}_{1.3-1.7}\text{Ti}_{0.1-0.3}\text{Zr}_{2.7-2.9}\text{Hf}_{0.03}\text{Nb}_{1.0-1.4}\text{Si}_{24.6-25}\text{Cl}_{0.6-0.8}(\text{CO}_3)_{0.9}$. Таким образом, изученный образец характеризуется значительным содержанием Sr, пониженным содержанием Cl и присутствием в составе CO_3 -групп.

Мёссбауэровский спектр (рис. 1) снят при комнатной температуре (22 °C) на спектрометре MS-1104Em (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону) с источником ^{57}Co в матрице из родия. В качестве стандарта использовалось α -Fe. Разложение спектра выполнено по программе Univem MS (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону). Для измерений была взята порошковая проба навеской 90 мг, запрессованная в таблетку диаметром 13 мм, в которой в качестве связующего использован парафин.

Параметры спектра, определенные в результате обработки, приведены в табл. 1. Спектр одихинчаита представляет собой совокупность четырех дублетов. Компоненты, связанные с ионом Fe^{2+} , располагаются в квадратной пирамиде с координационным числом 5 ($[\text{V}]\text{Fe}^{2+}$) и в конфигурации, близкой к плоскому квадрату (координационное число 4 — $[\text{IV}]\text{Fe}^{2+}$). Мёссбауэровские параметры двух других дублетов относятся к трехвалентному железу, расположенному в квадратной пирамиде ($[\text{V}]\text{Fe}^{3+}$). По данным мёссбауэровской спектроскопии отношение $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}$ в хибинском одихинчаите составило 4:1.

ИК-спектры образцов одихинчаита, запрессованных в таблетки с KBr, сняты на фурье-спектрометре ALPHA FTIR (Bruker Optics, Германия) в диапазоне волновых чисел 360–3800 cm^{-1} , при разрешающей способности 4 cm^{-1} и числе сканирований, равном 16. В качестве образца сравнения использовалась аналогичная таблетка, изготовленная из чистого KBr. Как можно видеть на рис. 2, ИК-спектры одихинчаита из Хибин и голотипного образца одихинчаита из массива Одихинча практически идентичны. При этом оба спектра существенно отличаются от ИК-спектра эвдиалита [11].

В ИК-спектрах одихинчаита полосы O–H-валентных колебаний проявляются в диапазоне 3400–3500 cm^{-1} . Полосы в интервале 1630–1660 cm^{-1} относятся к деформационным колебаниям молекул воды. Карбонатные группы проявляются в диапазоне 1410–1510 cm^{-1} . Полосы в интервале 970–1070 и при 923 cm^{-1} относятся к Si–O-валентным колебаниям колец тетраэдров и дополнительных тетраэдров SiO_4 , центрирующих девятичленные кольца (позиции M3 и M4) соответственно. В диапазоне 650–750 cm^{-1} присутствуют так называемые кольцевые полосы, относящиеся к смешанным колебаниям колец тетраэдров, причём широкие полосы с частотами 657–664 cm^{-1} обусловлены резонансом с Nb–O-валентными колебаниями. Чёткая полоса при 526 cm^{-1} относится к валентным колебаниям полиэдра $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{O}_5$, а слабая полоса при 545–547 cm^{-1} — к валентным колебаниям фрагментов Fe^{2+}O_4 , имеющих конфигурацию плоского квадрата. Дублет мёссбауэровского

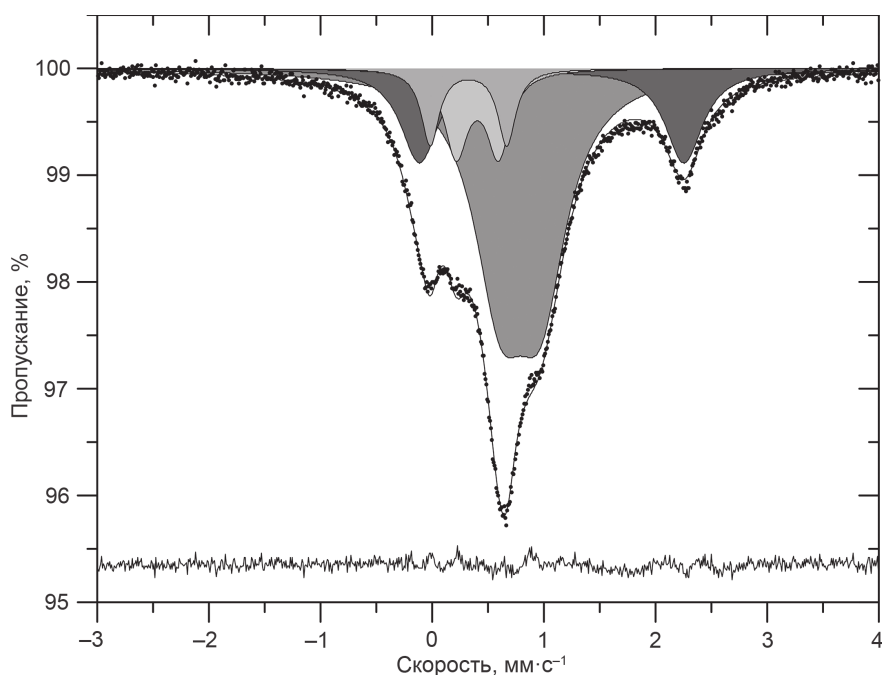


Рис. 1. Мёссбауэровский спектр одихинчаита из Хибинского массива

Fig. 1. Mössbauer spectrum of odikhinchaite from the Khibiny complex

Таблица 1. Параметры мессбауэровского спектра одихинчаита из Хибинского массива

Table 1. Parameters of the Mössbauer spectrum of odikhinchaite from the Khibiny complex

Компонент / Component	IS, mm/s	QS, mm/s	FWHM, mm/s	S, %
[IV]Fe ²⁺	0.790(14)	0.361(19)	0.567(11)	60.1
[V]Fe ²⁺	1.070(4)	2.369(8)	0.410(12)	20.3
[V]Fe ³⁺	0.404(7)	0.378(16)	0.253(34)	11.6
[V]Fe ³⁺	0.325(6)	0.686(9)	0.195(18)	8.0

IS — изомерный сдвиг, QS — квадрупольное расщепление, FWHM — ширина на половине высоты, S — относительная площадь компонента, доверительный интервал 2s.

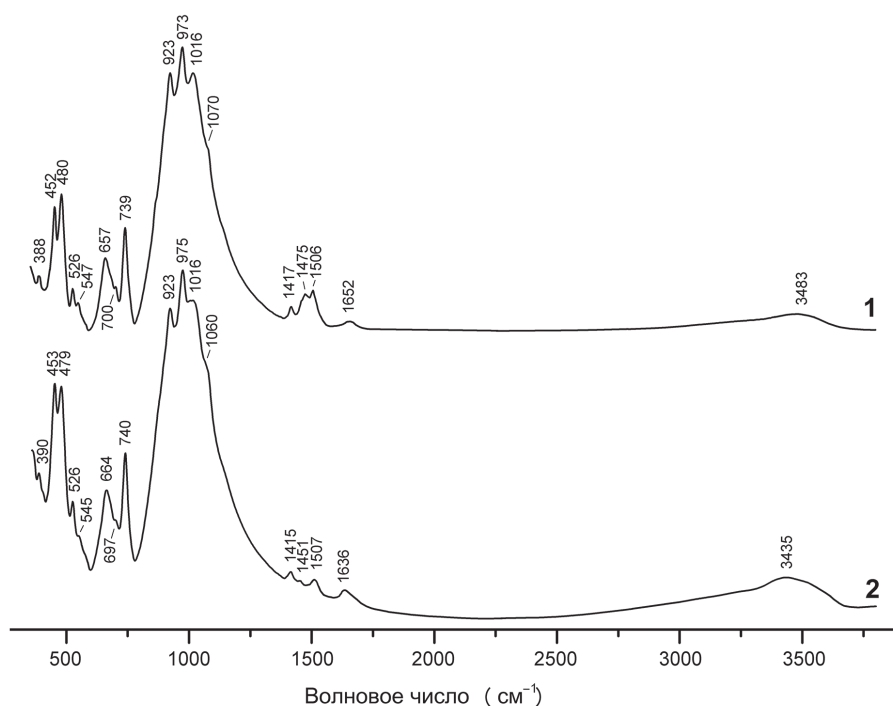


Рис. 2. ИК-спектры одихинчаита из Хибинского массива (1) и голотипа одихинчаита из массива Одихинча (2)

Fig. 2. IR spectra of odikhinchaite from Khibiny (1) and odikhinchaite holotype from Odikhincha (2)

спектра, отнесенный $[\text{IV}]\text{Fe}^{2+}$, может фактически относиться к тетрагональной пирамиде Fe^{2+}O_5 , в которой, согласно данным рентгеноструктурного анализа, железо занимает позицию вблизи центра основания пирамиды. Дублет в области $450\text{--}480\text{ см}^{-1}$ преимущественно обусловлен деформационными колебаниями кремнекислородных колец. Отнесение полос произведено на основе данных об ИК-спектрах представительной выборки МГЭ с известными структурами [9].

Голотипный образец одихинчайта отличается от образца из Хибин более высоким содержанием воды, в среднем более прочными водородными связями и более низким содержанием групп CO_3^{2-} .

Дифракционный эксперимент получен от монокристалла размером $\sim 0.2 \text{ мм}^3$ на дифрактометре XtaLAB Synergy-DW (детектор HyPix-Arc 150, излучение $\text{MoK}\alpha$). Минерал тригональный с параметрами элементарной ячейки $a = 14.2709(1) \text{ \AA}$, $c = 30.023(1) \text{ \AA}$, $V = 5295.33(7) \text{ \AA}^3$, пространственная группа $R\bar{3}m$. Кристаллическая структура уточнена до финального фактора расхожимости $R = 3.4 \%$ в анизотропном приближении атомных смещений с использованием 3815 независимых рефлексов с $F > 3\sigma(F)$. Все расчеты выполнены с использованием системы кристаллографических программ AREN [1]. Координаты и состав внекаркасных катионов, а также кратность и заселенность их позиций приведены в таблице 2.

Установленные кристаллохимические особенности минерала отражены в его кристаллохимической формуле ($Z = 3$): $Z(\text{Zr}_{2.8}\text{Nb}_{0.2})^{\text{VI}} M1(\text{Ca}_6)^{\text{VI}} N1 [\text{Na}^{\text{IX}}_{1.5} \text{Na}^{\text{IX}}_{0.9} \text{Na}^{\text{VIII}}_{0.6}]^{\text{N2}} [\text{Na}^{\text{VIII}}_{1.6} \text{Mn}^{\text{VIII}}_{0.8} \text{Na}^{\text{VIII}}_{0.6}]^{\text{N3}} [(\text{Sr}_2\text{K}_{0.4})^{\text{VIII-X}} (\text{Ca}_{0.4}\text{Na}_{0.2})^{\text{VIII}}]^{\text{N4}} (\text{Na}^{\text{IX}}_{2.7} \text{Ce}^{\text{X}}_{0.3})^{\text{N5}} (\text{Na}^{\text{VI}}_{1.5} \text{Na}^{\text{IX}}_{0.6})^{\text{M2}} [(\text{Fe}^{2+}_{1.3} \text{Mn}_{0.8} \text{Fe}^{3+}_{0.3})^{\text{V}} \text{Mn}^{\text{VI}}_{0.6}]^{\text{M3}} (\text{Ti}^{\text{VI}}_{0.2} \text{Si}^{\text{IV}}_{0.8})^{\text{M4}} [(\text{Nb}_{0.8} + \text{Hf}_{0.03})^{\text{VI}} \text{Si}^{\text{IV}}_{0.17}] [\text{Si}_{24}\text{O}_{72}]^{\text{X1}} [(\text{CO}_3)_{0.9}]^{\text{X2}} [\text{Cl}_{0.6} (\text{H}_2\text{O})_{0.4}] (\text{OH})_{1.0} (\text{O}, \text{OH}, \text{H}_2\text{O})_4$, где римскими цифрами обозначены координационные числа катионов, латинскими буквами — ключевые позиции, а отношение $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}$ определено методом мёссбауэровской спектроскопии. Таким образом, изученный минерал является Mn-доминантным в микрообласти M2 и, таким образом, представляет собой высокожелезистую разновидность одихинчаита. Его упрощенная формула имеет вид: ($Z = 3$): $\text{Na}_{11}\text{Sr}_3(\text{Mn}, \text{Fe}^{2+})_3\text{Ca}_6\text{Zr}_3\text{Nb}[\text{Si}_{25}\text{O}_{72} (\text{OH})] (\text{CO}_3)_1 \text{Cl} (\text{OH})_4$.

Одихинчит в целом изоструктурен с остальными 12-слойными минералами группы эвдиалита с пр. гр. $R3m$. Однако в ряде ключевых позиций [14, 7–9] есть особенности состава и строения, которые присущи изученному в настоящей работе образцу. Одна из них ($M2$ -позиция) находится вблизи центра квадрата, образованного параллельными ребрами $M1O_6$ -октаэдров из соседних шестичленных колец, и расщеплена на две подпозиции, $M2a$ и $M2b$, с расстоянием между ними $0.24 \text{ \AA}$. Эти подпозиции располагаются по обе стороны от квадрата, образуя квадратную пирамиду $M2aO_5$ и октаэдр $M2bO_6$ ($O = O^{2-}$, OH^-) соответственно. Подпозиция $M2a$ на 80 % занята атомами Fe и Mn, в то время как $M2b$ преимущественно вакантна и содержит только Mn (0.6 атома на приведенную выше кристаллохимическую формулу с $Z = 3$). Расстояния «катион–анион» в более заселенном полиэдре находятся в пределах $2.096\text{--}2.116$ (среднее $2.114 \text{ \AA}$), в то время как в октаэдре они изменяются от 2.066 до 2.86 (среднее $2.252 \text{ \AA}$).

Другие ключевые позиции, $M3$ и $M4$, находятся на оси третьего порядка вблизи центров девятичленных колец $[\text{Si}_9\text{O}_{27}]$, состоящих из тетраэдров Si. Эти позиции находятся выше и ниже плоскости кольца на коротком расстоянии друг от друга и статистически заняты либо тетраэдрами ($T + T$), либо октаэдрами ($O + O$), либо полиэдрами обоих типов ($T + O$) [8, 7]. В структуре хибинского одихинчаита позиция $M3$ расщеплена на две подпозиции (с расстоянием $M3a-M3b = 1.25 \text{ \AA}$), статистически занятые Si (0.8 атома) и Ti (0.2 атома). Позиция $M4$ расщеплена также на две подпозиции (с расстоянием $M4a-M4b = 1.50 \text{ \AA}$), статистически занятые атомами Si (0.2 атома на формулу) и Nb (0.8 атома на формулу). Ti формирует октаэдр со средним расстоянием $\langle \text{Ti}-\text{O} \rangle = 1.78 \text{ \AA}$, в то время как среднее расстояние $\langle \text{Nb}-\text{O} \rangle$ равно $1.98 \text{ \AA}$. Оба октаэдра связаны с вышеописанными $M2$ -полиэдрами через вершины $(\text{O},\text{OH})_1$ и $(\text{O},\text{OH})_2$ соответственно.

Крупные катионы распределены по позициям $N(1-5)$, различным по заселенности. Атомы Na находятся в $N1$ - и $N2$ -позициях, каждая из которых расщеплена на три подпозиции с расстояниями в пределах $0.31-0.73 \text{ \AA}$ для $N1$ -подпозиций и $0.29-0.97 \text{ \AA}$ для $N2$ -подпозиций соответственно. В обоих случаях $N1$ - и $N2$ -полиэдры являются 8- и 9-вершинниками.

Позиция $N3$ расщеплена на две подпозиции, содержащие $(\text{Sr}_2\text{K}_{0.4})$ ($N3a$ -подпозиция) и $(\text{Ca}_{0.4}\text{Na}_{0.2})$ ($N3b$ -подпозиция) в расчёте на формулу с $Z = 3$. $N3$ -полиэдры объединяются по три CO_3 -анионом, который находится в $X1$ -позиции. Атом углерода располагается на оси третьего порядка в центре плоского треугольника с расстоянием $\text{C} - \text{O} = 1.24 \text{ \AA}$ (рис. 3). Атомы кислорода $\text{O}_\text{с}$ группы CO_3^{2-} входят в координацию $N3$ -полиэдров с расстоянием $\langle N3 - \text{O}_\text{с} \rangle = 2.57(1) \text{ \AA}$. Девятивершинник вокруг подпозиции $N4a$ заселен атомами Na, в то время как в 10-вершиннике $N4b$ находится небольшое количество атомов Ce (0.4 атома). Оба полиэдра характеризуются средними расстояниями «катион–анион», равными $2.71 \text{ \AA}$.

Позиция *N5* располагается в полости между двумя девятичленными кремнекислородными кольцами Si_9O_{27} и заполнена атомами Na (2.1 атома) и OH-группами, которые находятся в свободных вершинах Si-центрированных тетраэдров в позициях *M3* и *M4*.

Обсуждение результатов и выводы

Сравнение хибинского одихинчаита с тасекитом, хомяковитом (манганохомяковитом) и одихинчаитом из разных регионов дано в табл. 3. Наибольшее количество Sr (~ 5 на формулу, $Z = 3$) содержится в структуре голотипного образца тасекита с идеализированной формулой $\text{Na}_{12}\text{Sr}_3\text{Ca}_6\text{Fe}_3\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{73}(\text{O}, \text{OH}, \text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_2$ [15], где Sr находится в трех позициях: 2.47 атома в N4-полиэдре наряду с натрием (0.53 атома); 1.1 атома входит в состав позиции N3, где доминирует Na; 0.3 атома присутствует в Ca-центрированном октаэдре.

Хомяковит и манганохомяковит из Квебека (Канада) также содержит большое количество Sr, который целиком занимает N4-позицию.

Высокостронциевый минерал из Ловозерского массива содержит ~1.8 атомов Sr на формулу ($Z = 3$) [3]. Этот образец найден в ультращелочных пегматитах, обогащенных летучими и редкими элементами. В струк-



Таблица 2. Координаты (xyz), параметры эквивалентных/изотропных атомных смещений ($B_{\text{экв/изо}}$, Å²), состав ($Z = 3$), заселенность (q) и кратность (Q) позиций во внекаркасной части структуры одихинчаита из Хибинского массива

Table 2. Atom coordinates (xyz), equivalent/isotropic atomic displacement parameters ($B_{\text{eq/iso}}$, Å²), composition ($Z = 3$), site occupancy factors (q) and site multiplicities (Q) in the extraframework part of the crystal structure of odikhinchaite from the Khibiny complex

Позиция / Site	x	y	z	Q	q	$B_{\text{экв/изо}}^* / B_{\text{eq/iso}}^*$	Состав / Composition
Z	0.3400(1)	0.1700(1)	0.1669(1)	9	1	0.89(2)	Zr _{2.8} Nb _{0.2}
M1	0.4076(1)	0.3355(1)	0.3343(1)	18	1	0.62(3)	Ca ₆
M2a	0.4829(1)	0.5171(1)	0.0032(1)	9	0.80(1)	0.53(3)	Fe _{1.6} Mn _{0.8}
M2b	0.4923(4)	-0.0153(6)	0.0015(2)	9	0.21(1)	3.4(1)	Mn _{0.6}
M3a	0.3334	0.6667	0.2451(1)	3	0.81(1)	0.35(7)	Si _{0.80}
M3b	0.3334	0.6667	0.2868(7)	3	0.18(1)	3.9(2)	Ti _{0.20}
M4a	0.3334	0.6667	0.087(1)	3	0.18(2)	6.0(6)	Ti _{0.20}
M4b	0.3334	0.6667	0.0374(1)	3	0.81(1)	0.82(4)	Nb _{0.8} Hf _{0.03}
N1a	0.1017(2)	0.2034(3)	0.1596(1)	9	0.51(1)	1.5(1)	Na _{1.5}
N1b	0.0886(8)	0.177(1)	0.1675(8)	9	0.3(1)	0.9(7)	Na _{0.9}
N1c	0.1128(3)	0.2256(4)	0.1531(2)	9	0.20(1)	1.9(3)	Na _{0.6}
N2a	0.5789(3)	0.4211(3)	0.1682(2)	9	0.25(1)	4.09(5)	Mn _{0.8}
N2b	0.551(1)	0.449(1)	0.1909(7)	9	0.20(1)	3.3(3)*	Na _{0.6}
N2c	0.5552(2)	0.4448(2)	0.1819(1)	9	0.55(1)	1.8(4)	Na _{1.6}
N3a	0.1989(1)	0.0996(1)	0.2856(1)	9	0.80(1)	1.13(1)	Sr ₂ K _{0.4}
N3b	0.255(2)	0.128(1)	0.2759(6)	9	0.18(1)	3.8(8)*	Ca _{0.4} Na _{0.2}
N4a	0.4387(5)	0.2195(3)	0.0501(2)	9	0.9(1)	4.7(1)	Na _{2.7}
N4b	0.496(1)	0.2481(8)	0.0420(5)	9	0.10(1)	5.21(7)	Ce _{0.3}
N5a	0.258(1)	0.517(2)	0.180(1)	9	0.18(1)	3.3(3)*	Na _{0.6}
N5b	0.1926(3)	0.5963(2)	0.1451(1)	9	0.52(1)	1.4(1)	Na _{1.5}
X1a	0	0	0.2318(2)	3	0.91(2)	0.7(2)	C _{0.9}

туре минерала атомы Sr доминируют над Na в N3-позиции.

В массиве Одихинча тасекит впервые обнаружен в раннепегматитовой ассоциации [10]. В нем содержится примерно такое же количество Sr (1.6–1.7 атома), как и в ловозерском образце. Sr-доминантный полиэдр в этой структуре является крупным девятивершинником со средним расстоянием $\langle \text{N4} - \text{O} \rangle = 2.74$ Å. Отличительной особенностью этого минерала является низкое содержание Cl, который доминирует только в одной позиции, тогда как в структуре голотипного тасекита из Илимаусака имеются две Cl-доминантные позиции.

Хибинский одихинчаит является второй в мире находкой этого минерала, голотипный образец которого, описанный в 2020 году [12], происходит из щелочного массива Одихинча. Фактически изученный в настоящей работе образец является высокожелезистой разновидностью одихинчаита, промежуточным членом ряда твердых растворов, «тасекит–одихинчаит» с незначительным преобладанием Mn²⁺ над Fe²⁺ в позиции M2. Другая его особенность — наличие Cl-доминантной позиции, тогда как в голотипном одихинчаите аналогичная позиция преимущественно заселена молекулами воды. Кроме того, в голотипном образце одихинчаита H₂O доминирует над Na в пози-

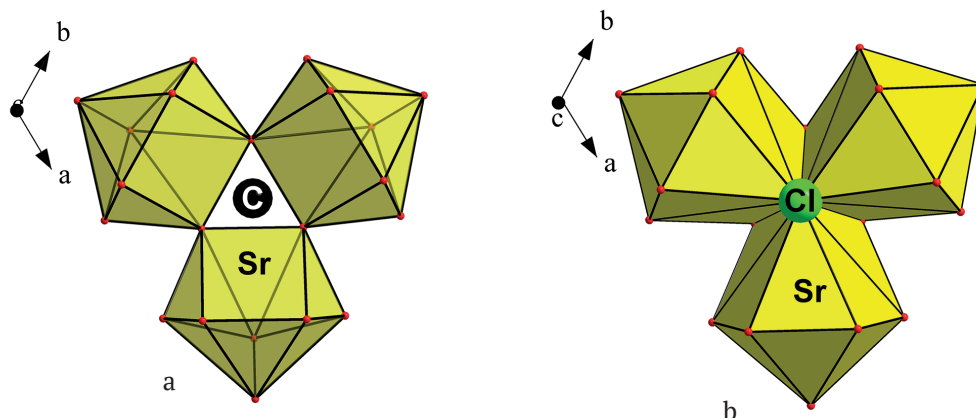


Рис. 3. Координация Sr-доминантной N3-позиции и объединение Sr-полиэдров CO₃-группой в структуре хибинского одихинчаита (a) и атомом Cl в структуре тасекита из массива Одихинча (b)

Fig. 3. Coordination of the Sr-dominant N3 site and linkage Sr-polyhedra via CO₃ group in the structure of odikhinchaite from Khibiny (a) and via Cl atom in the structure of taseqite from Odikhincha (b)

Таблица 3. Доминирующие компоненты в ключевых позициях тасекиита и других стронциевых МГЭ (пр. гр. $R3m$)Table 3. Predominant components at the key sites of taseqite and other strontium eudialyte-group minerals (space group $R3m$)

Минерал / Mineral	Структурные позиции / Structural positions						Ссылки / References
	N3	N4	M2	M3, M4	X1	X2	
Тасекиит / Taseqite	Na	Sr	Fe ²⁺	Nb, Si	Cl	Cl	[3, 15]
Тасекиит / Taseqite	Na	Sr	Fe ²⁺	Nb, Si	H ₂ O	Cl	[2, 8]
Хомяковит / Khomyakovite	Na	Sr	Fe	W, Si	OH	Cl	[13]
Манганохомяковит / Manganokhomyakovite	Na	Sr	Mn	W, Si	OH	Cl	[13]
Одихинчаит / Odikhinchaite	Sr	Na	Mn ²⁺	Nb, Si	CO ₃	Cl	Данная работа / This paper
Одихинчаит / Odikhinchaite	Sr	Na	Mn ²⁺	Nb, Si	CO ₃	H ₂ O	[12]

ции N5, что обуславливает в целом высокую водность этого образца, отчётливо проявляющуюся в ИК-спектре.

Последовательность, в которой проявляется активность различных щелочноземельных элементов на поздних стадиях эволюции щелочно-ультраосновных комплексов изучена нами на примере щелочных пегматитов и гидротермалитов Ковдорского массива [4]. Анализ эволюционных рядов минералов в этих объектах показывает, что активность магния непрерывно падает, активность кальция непрерывно возрастает, а активность стронция и бария проходит через максимум. Аналогичное поведение бария наблюдалось нами в поздних дифференциатах щелочных пород Хибинского массива [5]. В кристаллах минералов серии «томсонит-Са-томсонит-Sr» из гидротермалитов Хибинского массива отмечаются обогащенные Sr зоны, маркирующие стадию высокой активности этого элемента [6]. Можно предположить, что к этой стадии относится и кристаллизация одихинчаита и других высокостронциевых МГЭ. Это предположение согласуется с присутствием фторкафита в ассоциации с хибинским одихинчаитом и анкилита-(Ce) в ассоциации с одихинчаитом из Одихинчи.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках Государственного задания ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН в части рентгеноструктурного анализа, частично в соответствии с темой Государственного задания АААА-А19-119092390076-7 (анализ химического состава МГЭ и диагностика ассоциирующих минералов) и Российского фонда фундаментальных исследований в части ИК-спектроскопического анализа (проект № 18-29-12007_мк) и в части кристаллохимического анализа (проект № 18-29-12005).

Литература

1. Андрианов В. И. AREN-85 — система кристаллографических программ РЕНТГЕН на ЭВМ NORD, CM-4 и EC // Кристаллография. 1987. Т. 32. № 1. С. 228—232.
2. Зайцев В. А., Чуканов Н. В. Тасекиит из нефелин-сиенитового пегматита массива Одихинча // Геохимия магматических пород: Материалы XXV Всероссийского семинара С.-Петербург, 23–26 мая 2008 г. С. 58–59.
3. Екименкова И. А., Расцветаева Р. К., Хомяков А. П. Уточнение кристаллической структуры Fe,Sr-аналога кентбруксита // Кристаллография. 2000. Т. 45. № 6. С. 1010–1013.

4. Моисеев М. М., Чуканов Н. В. Минералогия щелочных пегматитов и гидротермалитов Ковдорского массива // Новые данные о минералах. 2006. Т. 41. С. 56—70.

5. Пеков И. В., Чуканов Н. В., Турчкова А. Г. О минералогии и поведении бария в дифференциатах щелочных пород Хибинского массива (Кольский полуостров) // Геохимия магматических пород: Материалы XIX Всероссийского семинара. Москва, 2000. С. 111—112.

6. Пеков И. В., Ловская Е. В., Турчкова А. Г., Чуканов Н. В., Задов А. Е., Расцветаева Р. К., Кононкова Н. Н. Томсонит-Sr — (Sr,Ca)₂Na[Al₅Si₅O₂₀]-6-7H₂O — новый цеолит из Хибинского массива (Кольский полуостров) и изоморфная серия томсонит-Са — томсонит-Sr // Записки ВМО. 2001. Ч. 130. № 4. С. 46—55.

7. Расцветаева Р. К. Структурная минералогия группы эвдиалита // Кристаллография. 2007. Т. 52. № 1. С. 50—67.

8. Расцветаева Р. К., Чуканов Н. В. Принципы кристаллохимической классификации минералов группы эвдиалита // Записки РМО. 2011. Ч. 140. № 3. С. 25—40.

9. Расцветаева Р. К., Чуканов Н. В., Аксенов С. М. Минералы группы эвдиалита: кристаллохимия, свойства, генезис. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 2012. 230 с.

10. Расцветаева Р. К., Зайцев В. А., Аксенов С. М., Чуканов Н. В., Викторова К. А. Особенности катионного упорядочения в структуре Cl-дефицитного аналога тасекиита и его место среди высокостронциевых минералов группы эвдиалита // Кристаллография. 2018. № 3. С. 111—114.

11. Chukanov N. V. Infrared spectra of mineral species: Extended library. Springer-Verlag GmbH, Dordrecht-Heidelberg-New York-London, 2014. 1716 pp. DOI: 10.1007/978-94-007-7128-4.

12. Gritsenko Y. D., Chukanov N. V., Aksenov S. M., Pekov I. V., Varlamov D. A., Pautov L. A., Vozchikova S. A., Ksenofontov D. A., Britvin S. N. Odikhinchaite, Na₉Sr₃[(H₂O)₂Na]Ca₆Mn₃Zr₃NbSi(Si₂₄O₇₂)O(OH)₃(CO₃)·H₂O, a new eudialyte-group mineral from the Odikhincha intrusion, Taimyr Peninsula, Russia // Minerals. 2020. Vol. 10. Paper 1062. DOI: 10.3390/min10121062.

13. Johnsen O., Gault R. A., Grice J. D., Ercit T. S. Khomyakovite and manganokhomyakovite, two new members of eudialyte group from Mont Saint-Hilaire, Quebec, Canada // Canad. Mineral. 1999. V. 37. P. 893–899.

14. Johnsen O., Ferraris G., Gault R. A., Grice J. D., Kampf A. R., Pekov I. V. The nomenclature of eudialyte-group minerals // Canad. Mineral. 2003. V 41. P. 785—794.

15. Petersen O. V., Johnsen O., Gault R. A., Niedermayr G., Grice J. D. Taseqite, a new member of the eudialyte group from



the Ilimaussaq alkaline complex, South Greenland // Neues Jahrb. Mineral. Monatsh. 2004. P. 83–96.

References

1. Andrianov V. I. *AREN-85 — sistema kristallograficheskikh programm RENTGEN na EVM NORD, CM-4 i EC* (AREN-85— system of crystallographical programs RENTGEN for EVM NORD, SM-4 and EC). Crystallography Reports, 1987, V. 32, No. 1, pp. 228–232.
2. Zaitsev V. A., Chukanov N.V. *Tasekit iz nefelin-sienitovogo pegmatita massiva Odikhincha* (Taseqite from nepheline-syenite pegmatite of the Odikhincha massif). Proceedings of the 25th Russian meeting «Geochemistry of igneous rocks», St. Petersburg, May 23–26, 2008, pp. 58–59.
3. Ekimenkova I. A., Rastsvetaeva R. K., Khomyakov A. P. *Utochnenie kristallicheskoj struktury Fe,Sr-analoga kentbroksita* (Refinement of the Fe,Sr-analogue kentbrooksit crystal structure). Crystallography Reports, 2000, V. 45, No. 6, pp. 930–943.
4. Moiseev M. M., Chukanov N. V. *Mineralogiia shchelochnykh pegmatitov i gidrotermalitov Kovdorskogo massiva* (Mineralogy of alkaline pegmatites and hydrothermalites of the Kovdor massif). New Data on Minerals, 2006, V. 41, pp. 56–70.
5. Pekov I. V., Chukanov N. V., Turchkova A. G. *O mineralogii i povedenii bariia v differentsiatakh shchelochnykh porod Hibinskogo massiva (Kolskii poluostrov)* (Mineralogy and behavior of barium in differentiates of alkaline rocks of the Khibiny massif, Kola Peninsula). Proceedings of the XIX Russian meeting «Geochemistry of igneous rocks», Moscow, 2000, pp. 111–112.
6. Pekov I. V., Lovskaya E. V., Turchkova A. G., Chukanov N.V., Zadov A.E., Rastsvetaevs R.K., Kononkova N.N. *Tomsonit-Sr - (Sr,Ca)₂Na[Al₅Si₅O₂₀]·6-7H₂O - novy tceolit iz Hibinskogo massiva (Kolskii poluostrov) i izomorfnaia seriia tomsonit-Ca — tomsonit-Sr* (Thomsonite-Sr, (Sr,Ca)₂Na[Al₅Si₅O₂₀]·6-7H₂O, a new zeolite from the Khibiny massif, Kola Peninsula and the thomsonite-Ca — thomsonite-Sr isomorphous series). Proceedings of RMS, 2001, V. 130, No. 4, pp. 46–55.
7. Rastsvetaeva R. K. *Strukturnaya mineralogiya gruppy evdialita* (Structure mineralogy of eudialyte group). Crystallography Reports, 2007, V. 52, No. 1, pp. 50–67.
8. Rastsvetaeva R. K., Chukanov N. V. *Printsipy kristallograficheskoi klassifikatsii mineralov gruppy evdialita* (Principles of the crystal-chemical classification of eudialyte-group minerals). Proceedings of RMS, 2011, V. 140, No. 3, pp. 25–40.
9. Rastsvetaeva R. K., Chukanov N. V., Aksenov S. M. *Mineraly gruppy evdialita: kristallografiia, svoistva, genezis* (Eudialyte-Group Minerals: Crystal Chemistry, Properties, and Genesis), Nizhny Novgorod: NSU, 2012, 230 pp.
10. Rastsvetaeva R. K., Chukanov N. V., Zaitsev V. A., Aksenov C.M., Viktorova K. A. Crystal Structure of Cl-Deficient Analogue of Taseqite from Odikhincha Massif. Crystallography Reports, 2018, V. 63, No. 3, pp. 353–361.
11. Chukanov N. V. Infrared spectra of mineral species: Extended library. Springer-Verlag GmbH, Dordrecht–Heidelberg–New York–London, 2014, 1716 pp. ISBN: 9400771274, 978-9400771277. DOI: 10.1007/978-94-007-7128-4.
12. Gritsenko Y. D., Chukanov N. V., Aksenov S. M., Pekov I. V., Varlamov D. A., Pautov L.A., Vozchikova S.A., Ksenofontov D.A., Britvin S.N. Odikhinchaite, Na₉Sr₃[(H₂O)₂Na]Ca₆Mn₃Zr₃NbSi(Si₂₄O₇₂)O(OH)₃(CO₃)·H₂O, a new eudialyte-group mineral from the Odikhincha intrusion, Taimyr Peninsula, Russia. Minerals, 2020, V. 10, Paper 1062, DOI: 10.3390/min10121062.
13. Johnsen O., Gault R. A., Grice J. D., Ercit T. S. Khomyakovite and manganokhomyakovite, two new members of eudialyte group from Mont Saint-Hilaire, Quebec, Canada. Canad. Mineral, 1999, 37, pp. 893–899.
14. Johnsen, O., Ferraris G., Gault R. A., Grice J. D., Kampf A. R., Pekov I. V. The nomenclature of eudialyte-group minerals. Canad. Mineral, 2003, V. 41, pp. 785–794.
15. Petersen O. V., Johnsen O., Gault R. A., Niedermayr G., Grice J. D. Taseqite, a new member of the eudialyte group from the Ilimaussaq alkaline complex, South Greenland, Neues Jahrb. Mineral. Monatsh, 2004, pp. 83–96.

Received / Поступила в редакцию 15.04.2021



Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК 552.3; 552.16 (234.851)

DOI: 10.19110/geov.2021.4.2

Мафит-ультрамафитовые породы (руч. Перидотитовый, Полярный Урал): минералогия, оценка Р–Т-параметров формирования

Н. С. Уляшева¹, О. В. Удоратина^{1, 2}, А. С. Шуйский¹¹ Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар² Томский государственный университет, Томск

udoratina@geo.komisc.ru, nataliaulyashewa@yandex.ru

Изучены петрографические особенности и условия образования метаморфизованных мафит-ультрамафитовых пород ампельшорского комплекса, входящих в состав небольшого массива южной части Марункеуского блока Полярного Урала (руч. Перидотитовый) и контролируемых тектоническим нарушением надвигового типа. Описаны мусковит-альбит-клинозоизит-амфиболовые (метабазиты) и пироксен-амфибол-хлоритовые (метаультрамафиты) породы. Структурные, текстурные и минералогические особенности метамагматитов указывают на гипабиссальную природу метабазита и плутоническую — метаультрамафита. В метабазитах первичные минералы представлены реликтами амфиболов (паргасит, эденит), а в метаультрамафитах — оливином и, возможно, клинопироксеном (авгитом, диопсидом). Магнезиогастингсит и чермакит сформировались в метаультрамафите либо на позднемагматической, либо на метаморфической стадиях преобразования породы. Изучаемые образования претерпели низкотемпературные изменения ($t = 468\text{--}380\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 2\text{--}3\text{ кбар}$), соответствующие зеленосланцевой фации метаморфизма.

Ключевые слова: Р–Т-параметры, метабазиты, метаультрамафиты, Полярный Урал.

Mafite-ultramafites (Peridotitovy stream, Polar Urals): mineralogy, estimation of P–T-parameters of formation

N. S. Ulyasheva¹, O. V. Udoratina^{1, 2}, A. S. Shuisky¹¹ Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar² Tomsk State University, Tomsk

The petrographic features and conditions of the formation of metamorphosed mafic-ultramafic rocks of the Ampelshor complex, which are part of a small massif in the southern part of the Marunke u block of the Polar Urals (Peridotitovy stream) and are controlled by tectonic thrust faults, have been studied. Muscovite-albite-clinozoisite-amphibole rocks (metabasites) and pyroxene-amphibole-chlorite (metautramafic) rocks are described. Structural, textural, and mineralogical features of metamagmatites indicate the hypabyssal nature of metabasite and plutonic nature of metautramaphite. In metabasites, primary minerals are represented by relics of amphiboles (pargasite, edenite), and in metautramaphites — by olivine and, possibly, clinopyroxene (augite, diopside). Magnesiohastingsite and chermakite in metautramafite were formed either at the late magmatic or metamorphic stages of rock transformation. The studied rocks underwent low-temperature changes ($t = 468\text{--}380\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 2\text{--}3\text{ kbar}$), corresponding to the green-schist metamorphic facies.

Keywords: P–T-parameters, metabasites, metautramafites, Polar Urals.

Введение

В западной и южной частях Марункеуского блока в Центрально-Уральской зоне Полярного Урала на поверхность выведены массивы измененных мафит-ультрамафитовых пород, контролируемых тектоническим нарушением надвигового типа и приуроченных к контакту между нижнепротерозойскими образованиями марункеуского эклогит-амфиболит-гнейсового комплекса с одной стороны и верхнерифейскими отложе-

ниями няровейской серии с другой стороны. Для мелких тел характерен аллохтонный характер залегания. Эти образования, а также мелкие интрузии и протрузии мафит-ультрамафитовых тел (серпентиниты, апоперидотиты, аподуниты) Собско-Нундерминской и Орангско-Осовейской зон отнесены к амельшорскому комплексу раннего–среднего ордовика [1, 2, 4]. Возраст пород принимается условно по залеганию петротипических массивов среди отложений малопа-

Для цитирования: Уляшева Н. С., Удоратина О. В., Шуйский А. С. Мафит-ультрамафитовые породы (руч. Перидотитовый, Полярный Урал): минералогия, оценка Р–Т-параметров формирования // Вестник геонаук. 2021. 4(316). С. 10–19. DOI: 10.19110/geov.2021.4.2.

For citation: Ulyasheva N. S., Udoratina O. V., Shuisky A. S. Mafite-ultramafites (Peridotitovy stream, Polar Urals): mineralogy, estimation of P–T-parameters of formation. Vestnik of Geosciences, 2021, 4(316), pp. 10–19, doi: 10.19110/geov.2021.4.2.

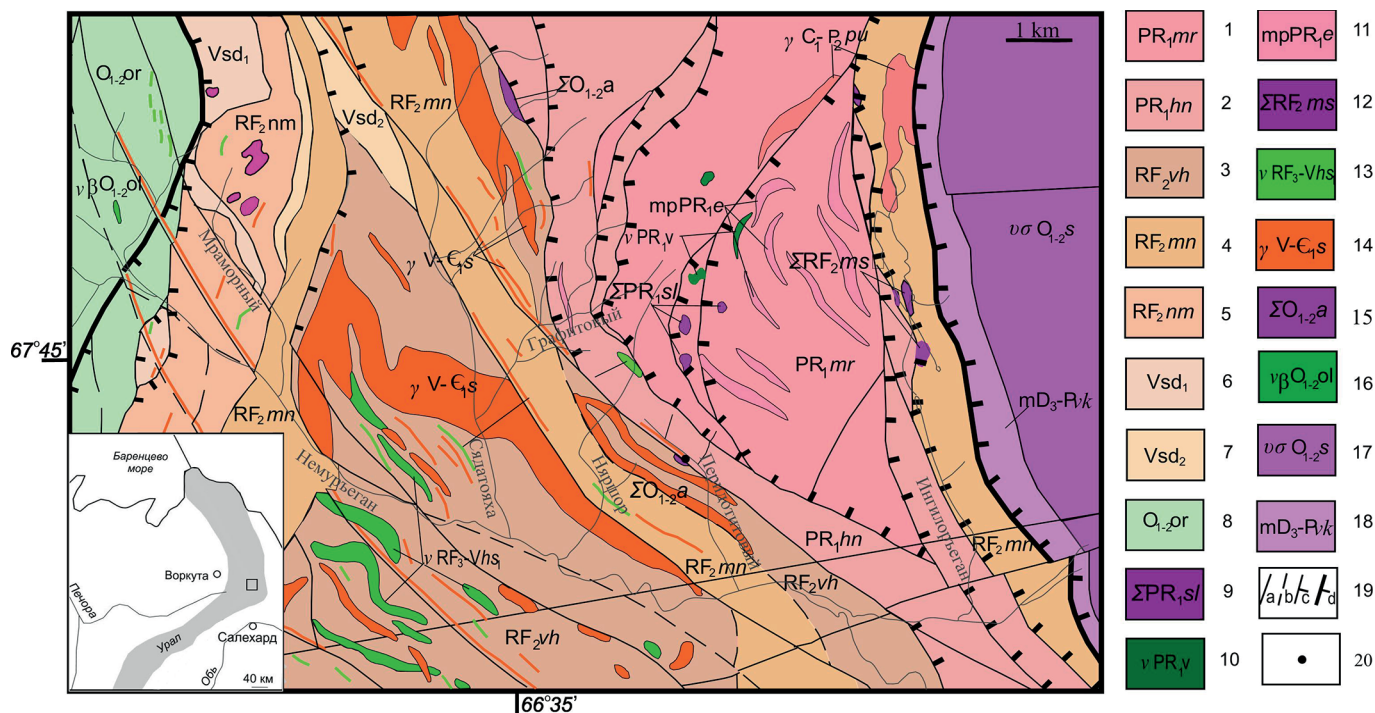


Рис. 1. Схематическая геологическая карта бассейна р. Немурьеган (по [1]).

1 — марункеуская свита, 2 — ханмейхойская свита, 3 — верхнехарбейская свита, 4 — минисейшорская свита, 5 — немурь-юганская свита, 6 — нижняя подсвита сядатинской свиты, 7 — верхняя подсвита сядатинской свиты, 8 — орангская свита, 9 — габбро-гипербазитовый эклогитизированный плутонический слюдяногорский комплекс, 10 — плутонический метагаббродолеритовый гипабиссальный васькеуский комплекс, 11 — мигматит-плагиогрнатовый плутонический евьюганский комплекс, 12 — плутонический минисейский комплекс измененных гипербазитов, 13 — габбро-гранодиоритовый харбей-собский комплекс, 14 — гранитовый плутонический сядатояхинский комплекс, 15 — плутонический ампельшорский комплекс измененных ультрамафитов, 16 — габбродолеритовый гипабиссальный орангюганско-лемвинский комплекс, 17 — дунит-гарцбургитовый плутонический сыумкеуский комплекс, 18 — войкаро-кемпирсый комплекс тектонитов, 19 — разрывные нарушения: а — сдвиги, б — неустановленной кинематики, с — взбросо-сдвиги второстепенные, d — взбросо-сдвиги главные, 20 — место отбора проб

Fig. 1. Schematic geological map of the Nemurjegan river basin (according to [1]). Legend:

1 — Marunkeu formation, 2 — Khanmeikhoy formation, 3 — Upper Kharbey formation, 4 — Miniseyshor formation, 5 — Nemuryugan formation, 6 — Lower subformation of the Syadatinsky formation, 7 — Upper subformation of the Syadatinsky formation, 8 — Orang formation, 9 — Slyudyanogor gabbro-hyperbasite eclogitized plutonic complex, 10 — Vaskeyu plutonic metagabbrodoleritic hypabyssal complex, 11 — Evyugan complex migmatite-plagiogrnaite plutonic, 12 — Minisey altered hyperbasic plutonic complex, 13 — Kharbey-Sobsk granite complex, 14 — Syadatoyakha complex granite plutonic, 15 — Ampelshor complex of altered ultramafic rocks plutonic, 16 — Orangyugansk-Lemva complex gabbrodoleritic hypabyssal, 17 — Syumkeu dunite-harzburgite plutonic complex, 18 — Voykar-Kempirsai complex of tectonites, 19 — faults: a — shear, b — undefined kinematics, c — secondary thrust faults, d — main thrust faults, 20 — sampling site

пудынской и орангской свит ордовика. Рассматриваемые породы остаются слабоизученными образованиями. Детальные петрографические, минералогические, изотопно-геохронологические и геохимические исследования мафит-ультрамафитов из отдельных массивов позволят типизировать их по составу, времени формирования и условиям метаморфизма.

Нами изучены измененные мафит-ультрамафиты небольшого массива (рис. 1) в южной части Марункеуского блока по руч. Перидотитовому. Петрографические и минералогические исследования этих пород позволяют реконструировать первичный облик магматических образований и определить P-T-условия наложенных изменений.

Методы исследования

Отбор образцов и проб пород производился в 2017 г. в коренных обнажениях по правому борту руч. Перидотитового при тематических исследованиях маг-

матических образований Марункеуского блока. Минеральный состав, структурные и текстурные особенности пород изучены под поляризационным микроскопом. Химический состав минералов исследован на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3 LMN с энергодисперсионной приставкой Instruments X-Max (напряжение — 20 kV, интенсивность пучка — 12, WD — 15 mm, поглощающий ток — около 300 pA, стандарт по кобальту, погрешности: SiO₂ — 0.06–0.22; TiO₂ — 0.05–0.22; Al₂O₃ — 0.07–0.12; CaO — 0.09–0.12; MgO — 0.12–0.13; FeO — 0.08–0.27; Na₂O — 0.05–0.07; K₂O — 0.03; MnO — 0.05; ZnO — 0.11–0.12; Cr₂O₃ — 0.05–0.17) в ЦКП «Геонаука» в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Химический состав (табл. 1) пород получен с помощью силикатного анализа в ЦЛ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург).

Для пересчета катионного состава амфиболов по кристаллохимическим позициям использовался метод, рекомендованный IMA [10] для кальциевых амфиболов и известный как 13eCNK. Расчет P-T-условий

Таблица 1. Содержания (в мас.%) породообразующих оксидов в пироксен-амфибол-хлоритовой (1) и мусковит-альбит-эпидот-амфиболовой (2) породах руч. Перидотитового

Table 1. The content (wt.%) of rock-forming oxides in pyroxene-amphibole-chlorite (1) and muscovite-albite-epidote-amphibole (2) rocks of Peridotitovy brook

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	П.п.п / LOI	Сумма / Total
1	38.08	0.33	5.45	5.92	7.55	0.18	1.22	30.95	0.14	0.04	0.05	10.03	100.7
2	49.98	0.59	11.08	1.69	6.01	0.13	12.82	12.82	1.07	0.82	0.05	2.39	100.06

формирования клинопироксенов производился при помощи программы WinPyrox [15] с использованием пироксенового геотермометра [12] и геобарометра [14]. Для расчета температуры формирования низкотемпературных метаморфических парагенезисов применялось веб-приложение [3] с амфибол-плаггиоклазовым [8] и пироксеновым [13] геосенсором. Значения давления при образовании актинолита получены с помощью геобарометра Е. Х. Брауна [6].

Петрографические и минералогические особенности пород

Исследуемые породы вскрыты на ручье Перидотитовом и представлены пироксен-амфибол-хлоритовыми и мусковит-альбит-клиноцизит-амфиболовыми образованиями. По содержаниям породообразующих оксидов они соответствуют метаультрамафитам и метабазитам (табл. 1).

Пироксен-амфибол-хлоритовая порода характеризуется нематолепидобластовой, реликтовой пойкилитовой и кумулятивной микроструктурой, местами сланцеватой текстурой (рис. 2, а). Порода состоит в основном из хлорита и, в меньшей степени, тремолита, развивающихся по первичным минералам. Наблюдаются контуры идиоморфного субизометричного и удлиненного минерала размером до 1.5 мм, скорее всего оливина, занимающего 40–50 % от объема породы. Контуры этого минерала распознаются по наличию систем поперечных трещин, выполненных магнетитом.

Промежутки между трещинами заполнены мелко-чешуйчатым хлоритом и реже тремолитом. В пространстве между субизометричными контурами наблюдаются реликтовые зерна пироксена и зеленовато-бурого амфибола, образующие крупные кристаллы с включениями реликтовых оливинов (рис. 3, а). Местами пространство (10–15 об. %) между пироксеном и амфиболом заполнено бледно-зеленым чешуйчатым хлоритом, образующим сланцеватую текстуру породы. Рудные минералы (об. %) представлены магнетитом (4–5), хром-магнетитом (2–3), кобальтином (1) и пиритом (2).

Призматические и длиннопризматические кристаллы зеленовато-бурого амфибола размером до 3 мм представлены кальциевыми разновидностями согласно классификации Лика и др. [10]: магнезиогастинситом и редко — чермакитом (рис. 4, а; табл. 2), замещающимися тремолитом и хлоритом. В реликтовых частях зерен наблюдается плеохроизм от бледно-коричневого до зеленовато-бурого. Содержания титана и хрома в минералах сильно варьируется (TiO₂ — 0–0.54; Cr₂O₃ — 0–1.19 мас. %). Роговые обманки характеризуются высокой магнезиальностью (Mg# — 0.97–1). Нередко можно наблюдать контакты между пироксеном и магнезиогастинситом (рис. 3, б).

Реликтовые зерна призматического бесцветного пироксена (рис. 4, с; табл. 3), размером до 2 мм, по составу отвечают авгиту и диопсиду (Wo_{44–47}En_{47–49}Fs_{4–9}) и имеют повышенную магнезиальность (Mg# — 0.85–0.91). Минерал замещается хлоритом и тремолитом (рис. 3, с). В виде включений пироксен изредка наблю-

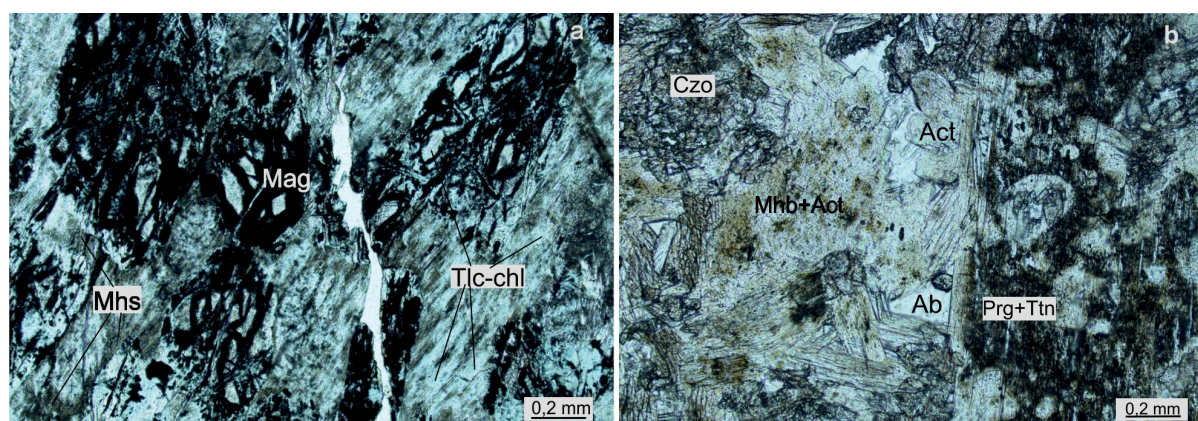


Рис. 2. Фотографии шлифов метаультрамафита и метабазита, сделанные при одном никеле. Реликты кристаллов оливина и пойкилитовая структура в пироксен-амфибол-хлоритовой породе (а), фенокристалл паргасита (справа) в мусковит-альбит-клиноцизит-амфиболовой породе (б).

Условные обозначения [9]: Tlc-chl — тальк-хлорит, Mhs — магнезиогастингсит, Mag — магнетит, Czo — клиноцизит, Prg — паргасит, Act — актинолит, Ab — альбит, Mhb — магнезиальная роговая обманка, Ttn — титанит

Fig. 2. Photographs of thin sections of metaultramaphite and metabasite, taken with one nichols. Olivine crystal relics and poikilitic structure in pyroxene-amphibole-chlorite rocks (a), pargasite phenocryst (right) in muscovite-albite-epidote-amphibole rock (b). The photographs of the thin sections were taken with one nicol.

Legend [9]: Tlc-chl — talc-chlorite, Mhs — magnesiohastingsite, Mag — magnetite, Czo — clinzoisite, Prg — pargasite, Act — actinolite, Ab — albite, Mhb — magnesia hornblende, Ttn — titanite

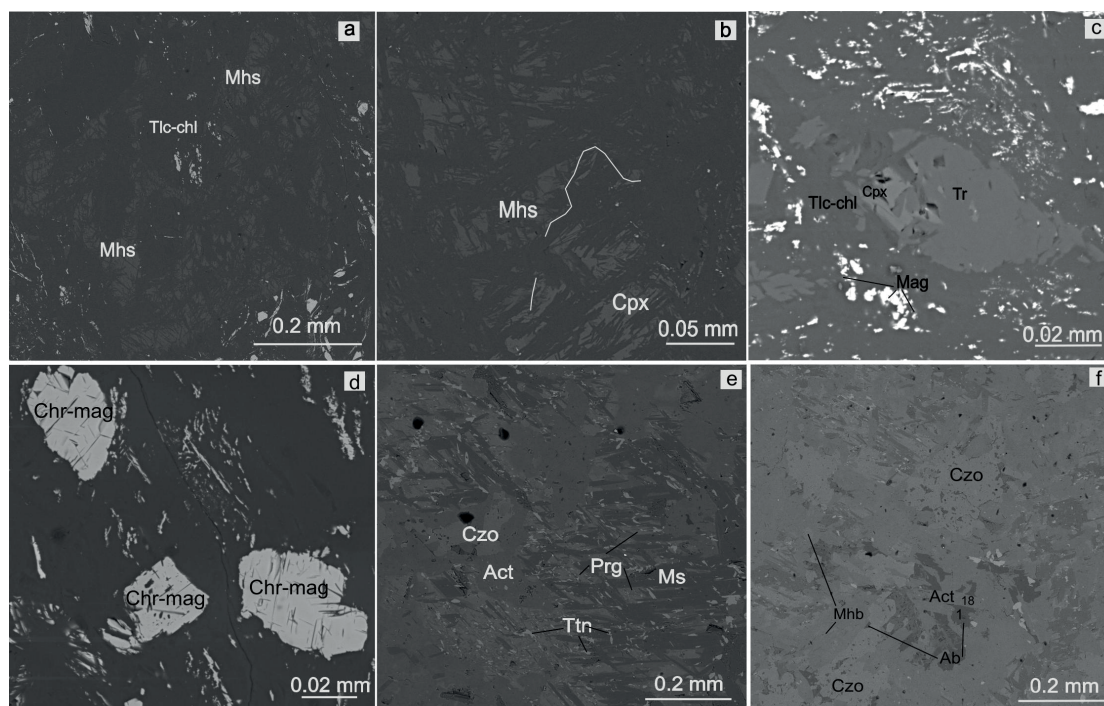


Рис. 3. BSE изображения минералов в метаультрамафите (a–d) и метабазите (e, f). А — кристалл магнезиогастингсита с реликтовыми субизометричными включениями оливина, полностью замещенного тальк-хлоритом, b — контакт между магнезиогастингситом и клинопироксеном, c — замещение клинопироксена тремолитом, d — кристаллы хроммагнетита, e — фенокристалл паргасита, замещающегося титанитом, мусковитом, актинолитом и клиноцоизитом, f — магнезиальная роговая обманка с постепенным переходом в актинолит.

Условные обозначения [9]: Tlc-chl — тальк-хлорит, Mhs — магнезиогастингсит, Cpx — клинопироксен, Tr — тремолит, Mag — магнетит, Chr-mag — хроммагнетит, Czo — клиноцоизит, Prg — паргасит, Ms — мусковит, Act — актинолит, Ab — альбит, Mhb — магнезиальная роговая обманка, Ttn — титанит. 18 — порядковый номер актинолита в таблице 4; 1 — порядковый номер альбита в таблице 5

Fig. 3. BSE images of minerals in metaultramafic (a–d) and metabasite (e, f). A — crystal of magnesiohastingsite with relict subisometric inclusions of olivine completely replaced by talc-chlorite, b — contact between magnesiohastingsite and clinopyroxene, c — replacement of clinopyroxene with tremolite, d — crystals of chrommagnetite, e — phenocrystalline pargasite and titanite, f — actinolite with inclusions of magnesian hornblende.

Legend [9]: Tlc-chl — talc-chlorite, Mhs — magnesiohastingsite, Cpx — clinopyroxene, Tr — tremolite, Mag — magnetite, Chr-mag — chrommagnetite, Czo — clinozoisite, Prg — pargasite, Ms — muscovite, Act — actinolite, Ab — albit, Mhb — magnesian hornblende, Ttn — titanite. 18 — actinolite with the same serial number in table 4; 1 — albite with the same serial number in Table 5

дается в более крупных зернах амфибола — в магнезиогастингситах.

Тремолит представлен призматическими, длиннопризматическими и ромбовидными бесцветными зернами размером до 1 мм (табл. 2). Минерал развивается по оливину, пироксену и магнезиогастингситу.

В породе встречаются два вида хлорита: 1) бледно-зеленый низкоглиноземистый высокомагнезиальный (Al_2O_3 — 2.35–8.65; MgO — 32.79–34.17 мас. %) — тальк-хлорит (согласно классификации [7]) со слабым плеохроизмом и с серой интерференционной окраской в виде мелких чешуек (размером до 0.2 мм) развивается по оливину, пироксену и амфиболу, а также в межзерновом пространстве; 2) высокомагнезиальный хлорит (MgO — 31.18 мас. %) — пеннин с плеохроизмом от розовато-желтого до бледно-зеленого и с коричневой интерференционной окраской встречается реже и образует более крупные чешуйки размером до 1 мм (рис. 4, b).

Cr-Fe рудные минералы представлены магнетитом и хроммагнетитом (рис. 3, d; 4, d). Магнетит в виде мелкодисперсных частиц и мелких зерен (до 0.05 мм) развивается по реликтовому оливину и в межзерновом пространстве. Хроммагнетит более или менее равномерно распределен в породе в виде неправильных,

изометричных и кубической формы трещиноватых кристаллов и зерен размером до 0.1 мм. В хроммагнетитах (Cr_2O_3 — 20.45–23.56 мас. %) присутствуют примеси цинка, марганца и изредка титана (ZnO — 0.68–0.92; MnO — 1.51–1.88; TiO_2 — 0–0.18 мас. %). Пирит образует удлиненные измененные неправильной формы зерна размером до 0.3 мм. Кобальтин (CoAsS) встречается в виде кубических зерен размером до 1.5 мм. Минерал имеет примесь никеля и железа (Ni — 2.33–3.69; Fe — 1.96–2.53 мас. %) и замещается арсенатами кобальта, железа, магния и кальция.

Мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовая порода имеет массивную текстуру и гранолепидоматобластовую, реликтовую порфировидную (?) микроструктуру (рис. 2, b). Породообразующие минералы в ней представлены (об. %) амфиболом (70), клиноцоизитом (15–20), альбитом (5–8) и мусковитом (5–8). Акцессорными минералами являются (об. %) титанит (2), апатит (до 1) и барит (менее 1), рудными — пирит (1–2), редкие зерна пирротина, халькопирита и галенита.

Порфировые выделения размером до 3 мм образуют зерна амфибола, имеющие неравномерную пятнистую окраску. Центральные буровато-коричневые



Таблица 2. Химический состав (мас. %) и формульные коэффициенты амфиболов из пироксен-амфибол-хлоритовой породы

Table 2. Chemical composition (wt %) and formula coefficients of amphiboles from pyroxene-amphibole-chlorite rock

Компоненты Components	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	45.80	50.32	45.91	44.12	44.58	44.94	44.80	45.71	45.47	45.78	45.46
TiO ₂	0.18	0.15	0.00	0.00	0.58	0.31	0.47	0.35	0.43	0.54	0.26
Al ₂ O ₃	12.51	7.73	13.08	13.11	11.53	11.03	12.29	10.22	11.80	11.79	10.97
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.34	1.00	1.19	0.79	1.24	1.16	0.84	0.92
FeO	6.24	5.34	5.96	6.56	6.37	6.10	6.46	6.55	6.52	6.53	5.91
MnO	0.16	0.25	0.19	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	18.03	19.76	18.11	17.65	17.02	17.56	17.06	18.11	17.77	17.88	18.18
CaO	11.75	12.11	11.75	10.42	11.42	11.37	11.52	11.24	11.57	11.63	11.17
Na ₂ O	3.15	2.40	3.30	3.64	3.04	2.85	2.72	2.99	2.34	2.72	2.25
K ₂ O	0.13	0.10	0.12	0.15	0.73	0.57	0.75	0.59	0.77	0.71	0.65
Сумма / Total	97.95	98.16	98.42	96.24	96.27	95.92	96.86	97.00	97.83	98.42	95.77
Si	6.41	6.98	6.39	6.24	6.43	6.46	6.39	6.50	6.39	6.41	6.47
Al	1.59	1.02	1.61	1.76	1.57	1.54	1.61	1.50	1.61	1.59	1.53
T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al	0.47	0.25	0.53	0.43	0.39	0.33	0.46	0.21	0.34	0.35	0.31
Ti	0.02	0.02	0.00	0.00	0.06	0.03	0.05	0.04	0.05	0.06	0.03
Cr	0.00	0.00	0.00	0.04	0.11	0.14	0.09	0.14	0.13	0.09	0.10
Fe ³⁺	0.68	0.47	0.67	0.78	0.42	0.60	0.55	0.73	0.77	0.68	0.70
Fe ²⁺	0.05	0.15	0.02	0.00	0.35	0.13	0.23	0.05	0.00	0.09	0.00
Mn	0.02	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	3.76	4.09	3.76	3.72	3.66	3.76	3.63	3.84	3.72	3.73	3.86
C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Ca	1.76	1.80	1.75	1.58	1.77	1.75	1.76	1.71	1.74	1.74	1.70
Na	0.24	0.20	0.25	0.42	0.23	0.25	0.24	0.29	0.26	0.26	0.30
B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Na	0.62	0.45	0.64	0.58	0.62	0.55	0.51	0.54	0.38	0.48	0.32
K	0.02	0.02	0.02	0.03	0.13	0.10	0.14	0.11	0.14	0.13	0.12
A	0.64	0.46	0.66	0.61	0.75	0.65	0.65	0.64	0.52	0.61	0.44
#Mg	0.99	0.97	0.99	1	0.91	0.97	0.94	0.99	1	0.98	1

Продолжение таблицы 2 / Continuation of Table 2

Компоненты Components	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
SiO ₂	57.96	58.16	57.80	57.68	57.75	57.65	58.25	56.36	56.54	56.67
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	3.28	2.57	3.15	2.99	3.17	3.09	3.06	3.21	3.30	2.69
MnO	0.17	0.00	0.00	0.00	0.17	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	22.82	23.00	22.87	22.94	22.96	22.68	22.87	23.75	23.07	22.76
CaO	12.94	13.32	12.87	12.72	12.61	12.96	13.06	11.93	12.32	12.59
Na ₂ O	0.35	0.23	0.28	0.52	0.42	0.35	0.29	0.35	0.00	0.43
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.24	0.25	0.10	0.00	0.00	0.00	0.23
Сумма / Total	97.52	97.28	96.97	97.09	97.33	97.31	97.53	95.60	95.23	95.37
Si	7.94	7.99	7.95	7.94	7.92	7.94	7.98	7.76	7.85	7.93
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ³⁺	0.22	0.03	0.24	0.18	0.30	0.16	0.13	0.37	0.38	0.20
Fe ²⁺	0.15	0.26	0.13	0.17	0.07	0.20	0.22	0.00	0.00	0.12
Mn	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	4.66	4.71	4.69	4.71	4.70	4.65	4.67	4.87	4.77	4.75
C	5.06	5.01	5.05	5.06	5.08	5.06	5.02	5.24	5.15	5.07
Ca	1.90	1.96	1.90	1.88	1.85	1.91	1.92	1.76	1.83	1.89
Na	0.09	0.04	0.07	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.00	0.11
B	1.99	2.00	1.97	2.00	1.96	2.00	1.99	1.85	1.83	2.00
Na	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04
A	0.00	0.02	0.00	0.06	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05

Примечание: 1–10 — магнезиогастингсит. 11 — чермакит. 12–21 тремолит. #Mg (магнезиальность) = Mg/Mg+Fe²⁺.

Note: 1–10 — magnesiogastingsite. 11 — chermakite. 12–21 tremolite. #Mg (magnesia) = Mg/Mg + Fe²⁺.

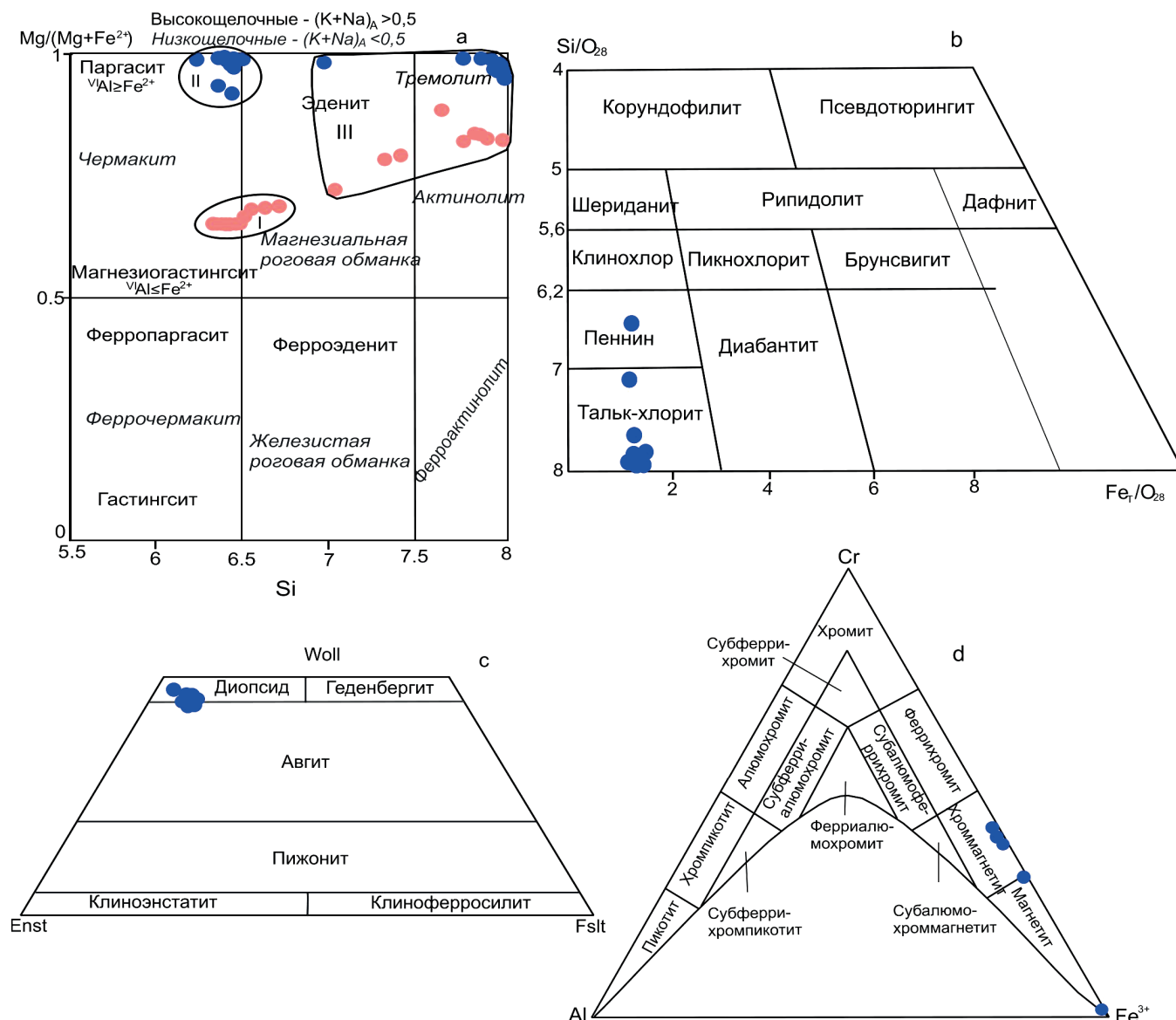


Рис. 4. Классификационные и идентификационные диаграммы для амфиболов (а), хлоритов (б), пироксенов (с) и хромшпинелидов (d) из мусковит-альбит-эпидот-амфиболовых (красные круги) и пироксен-амфибол-хлоритовых (синие круги) пород: а — $Si-Mg/Mg+Fe^{2+}$ [9]; б — $Si/O_{28}-Fe/O_{28}$ [6], в — $Enst-Woll-Fslt$ [10], d — $Al-Cr-Fe^{3+}$ [5]

Fig. 4. Classification and identification diagrams for amphibole (a), chlorites (b), pyroxenes (c) and chromspinelids (d) from muscovite-albite-epidote-amphibole (red circles) and pyroxene-amphibole-chlorite (blue circles) rocks: а — $Si-Mg/Mg+Fe^{2+}$ [9]; б — $Si/O_{28}-Fe/O_{28}$ [6], в — $Enst-Woll-Fslt$ [10], d — $Al-Cr-Fe^{3+}$ [5]

участки минерала соответствуют кальциевым амфиболом: паргаситу и эдениту (рис. 4, а). По краям минерал замещается светло-зеленой магнезиальной роговой обманкой и актинолитом. В межзерновом пространстве между порфировыми выделениями развиваются зерна клиноцоизита, актинолита и альбита размерами до 1–1.5 мм.

Фенокристаллы паргасита и эденита (рис. 3, е; табл. 4) имеют умеренную магнезиальность ($Mg\# = 0.64-0.69$). Паргасит характеризуется повышенным содержанием титана ($TiO_2 = 1.69-4.26$ мас. %) и хрома ($Cr_2O_3 = 0.23-0.49$ мас. %). В эдените этих элементов меньше ($TiO_2 = 1.51-2.44$; $Cr_2O_3 = 0-0.32$ мас. %). Минералы по трещинкам спайности замещаются титанитом и мусковитом.

Актинолит редко имеет примесь хрома ($Cr_2O_3 = 0-0.17$ мас. %) и не содержит титан, развивается по паргаситу и эдениту (табл. 4). Актинолит в централь-

ных частях зерен переходит в магнезиальную роговую обманку (рис. 3, f), которая имеет промежуточный состав между паргаситом и актинолитом ($TiO_2 = 0.27-1.54$; $Cr_2O_3 = 0.34-0.63$ мас. %).

Призматические зерна клиноцоизита ($FeO = 4.31-6.92$ %) размером до 0.2–0.3 мм образуют скопления между зернами амфибола и имеют микроскопические включения альбита. Иногда наблюдается зональное строение этого минерала: центральная часть зерен обогащена ванадием, хромом и титаном, а в краевых частях эти элементы отсутствуют.

Бесцветные чешуйки мусковита размером до 0.4–0.5 мм развиваются по трещинкам спайности в амфиболе, чаще в паргасите, а также между зернами эпидота, альбита и амфибола, имеют примесь хрома ($Cr_2O_3 = 0.25-0.66$ мас. %).

Альбит (1 % An , табл. 5) представлен табличками неправильной, вытянутой формы размером до 0.15–

**Таблица 3.** Химический состав (мас. %) и формульные коэффициенты пироксенов из пироксен-амфибол-хлоритовых пород**Table 3.** Chemical composition (wt %) and formula coefficients of pyroxenes from pyroxene-amphibole-chlorite rocks

Компоненты Components	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	51.46	52.93	51.78	53.26	51.50	53.60	52.50	52.18	52.46	54.85	53.86	51.66
TiO ₂	0.46	0.11	0.54	0.00	0.90	0.25	0.83	0.27	0.38	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	3.63	2.36	3.04	1.77	3.33	1.45	2.88	2.86	3.02	0.00	1.62	2.87
Cr ₂ O ₃	1.11	0.90	0.83	0.66	0.67	0.47	0.66	0.63	0.55	0.00	0.43	1.37
FeO	4.83	4.74	4.68	4.65	5.24	4.37	5.07	4.99	4.99	2.83	4.62	4.84
MnO	0.14	0.20	0.20	0.23	0.20	0.18	0.19	0.19	0.22	0.00	0.00	0.00
MgO	16.03	16.63	16.11	16.52	16.40	16.94	16.56	16.54	16.43	18.10	17.08	16.49
CaO	21.61	21.46	21.79	21.85	21.10	22.58	21.26	21.63	21.93	24.23	21.94	20.95
Na ₂ O	0.44	0.47	0.48	0.36	0.40	0.22	0.47	0.24	0.32	0.00	0.35	0.00
Si	1.89	1.94	1.90	1.96	1.89	1.96	1.91	1.92	1.91	1.99	1.97	1.93
Ti	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Al	0.16	0.10	0.13	0.08	0.14	0.06	0.12	0.12	0.13	0.00	0.07	0.13
Fe ³⁺	0.04	0.03	0.04	0.01	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00
Cr	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.04
Fe ²⁺	0.11	0.12	0.10	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.12	0.07	0.13	0.15
Mn	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Mg	0.88	0.91	0.88	0.91	0.90	0.92	0.90	0.91	0.89	0.98	0.93	0.92
Ca	0.85	0.84	0.86	0.86	0.83	0.88	0.83	0.85	0.86	0.94	0.86	0.84
Na	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00
#Mg	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.87	0.85	0.86	0.85	0.91	0.87	0.85
t (°C) [12]	1051	1041	1039	1042	1040	969	1042	1041	1058	763	1062	1093
t (°C) [13]	995	991	996	987	987	992	989	975	977	1026	988	990
P (кбар) [14]	4.5	5.6	7.3	5.8	7.1	4.9	5.4	6.0	7.7	4.6	4.8	6.2

Таблица 4. Химический состав (мас. %) и формульные коэффициенты амфиболов из мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовых пород**Table 4.** Chemical composition (wt %) and formula coefficients of amphiboles from muscovite-albite-clinozoisite-amphibole rocks

Компоненты Components	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	42.94	42.33	42.76	43.82	44.10	43.46	43.53	43.17	42.64	47.06	44.54
TiO ₂	3.15	1.69	2.14	2.88	2.87	2.91	3.38	4.26	3.83	1.51	1.57
Al ₂ O ₃	11.56	12.05	12.20	11.73	11.76	12.58	12.58	12.31	11.54	9.81	10.11
Cr ₂ O ₃	0.00	0.49	0.28	0.41	0.42	0.28	0.34	0.23	0.38	0.32	0.00
FeO	11.46	11.42	11.04	10.75	11.42	11.72	11.65	11.26	11.22	10.90	10.78
MnO	0.00	0.00	0.28	0.00	0.30	0.00	0.23	0.24	0.19	0.30	0.30
MgO	11.78	11.82	11.47	12.82	12.15	12.17	11.76	11.83	11.94	13.42	12.84
CaO	10.96	11.63	10.78	11.55	11.25	11.23	11.16	11.02	11.01	11.57	10.95
Na ₂ O	2.21	2.44	2.40	2.33	2.40	2.43	2.68	2.41	2.27	2.12	2.18
K ₂ O	0.68	0.58	0.77	0.69	0.71	0.84	0.64	0.66	0.77	0.67	0.73
Сумма / Total	94.74	94.45	94.12	96.98	97.38	97.62	97.95	97.39	95.79	97.68	94.00
Si	6.48	6.43	6.49	6.45	6.48	6.37	6.37	6.34	6.38	6.83	6.73
Al	1.52	1.57	1.51	1.55	1.52	1.63	1.63	1.66	1.62	1.17	1.27
T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al	0.53	0.59	0.67	0.48	0.52	0.55	0.54	0.47	0.41	0.51	0.53
Ti	0.36	0.19	0.24	0.32	0.32	0.32	0.37	0.47	0.43	0.16	0.18
Cr	0.00	0.06	0.03	0.05	0.05	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.00
Fe ³⁺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
Fe ²⁺	1.45	1.45	1.40	1.32	1.40	1.41	1.43	1.38	1.40	1.32	1.30
Mn	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04
Mg	2.65	2.68	2.59	2.81	2.66	2.66	2.56	2.59	2.66	2.91	2.89
C	4.98	4.96	4.98	4.98	4.98	5.00	4.97	4.97	4.98	4.98	5.00
Ca	1.77	1.89	1.75	1.82	1.77	1.76	1.75	1.73	1.76	1.80	1.77
Na	0.23	0.11	0.25	0.18	0.23	0.24	0.25	0.27	0.24	0.20	0.23
B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Na	0.42	0.61	0.46	0.48	0.45	0.46	0.51	0.42	0.42	0.40	0.41
K	0.13	0.11	0.15	0.13	0.13	0.16	0.12	0.12	0.15	0.12	0.14
A	0.55	0.72	0.61	0.61	0.59	0.61	0.63	0.54	0.57	0.52	0.55
#Mg	0.65	0.65	0.65	0.68	0.65	0.65	0.64	0.65	0.65	0.69	0.69



Продолжение таблицы 4 / Continuation of table 4

Компоненты Components	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
SiO ₂	44.50	43.12	47.84	52.03	52.56	57.15	55.71	52.49	56.13	54.56	53.95
TiO ₂	2.29	2.44	1.33	0.23	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	10.70	11.08	6.83	5.11	5.04	0.71	2.17	3.93	0.00	2.27	3.64
Cr ₂ O ₃	0.24	0.31	0.63	0.33	0.42	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	10.77	10.94	10.02	8.78	8.76	7.68	7.17	6.43	7.27	7.23	6.84
MnO	0.31	0.25	0.00	0.17	0.00	0.00	0.16	0.60	0.15	0.00	0.27
MgO	12.69	12.39	14.55	16.83	16.96	19.23	18.79	16.77	19.06	18.61	17.98
CaO	11.15	11.22	11.92	11.84	12.17	13.05	12.56	11.19	13.02	12.17	11.72
Na ₂ O	2.14	2.08	1.39	1.44	1.24	0.00	0.61	1.00	0.00	0.57	1.12
K ₂ O	0.64	0.85	0.53	0.30	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
Сумма / Total	95.43	94.68	95.04	97.06	98.47	92.59	97.17	92.41	95.63	95.41	95.63
Si	6.63	6.51	7.10	7.43	7.42	7.66	7.84	7.75	8.03	7.79	7.71
Al	1.37	1.49	0.90	0.57	0.58	0.12	0.16	0.25	0.00	0.21	0.29
T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.79	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al	0.51	0.48	0.29	0.29	0.26	0.00	0.20	0.43	0.03	0.17	0.32
Ti	0.26	0.28	0.15	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.03	0.04	0.07	0.04	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ³⁺	0.01	0.01	0.00	0.12	0.00	0.39	0.01	0.00	0.00	0.15	0.05
Fe ²⁺	1.33	1.37	1.24	0.92	1.03	0.56	0.83	0.79	0.87	0.71	0.76
Mn	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.08	0.02	0.00	0.03
Mg	2.82	2.79	3.22	3.58	3.57	4.24	3.94	3.69	4.06	3.96	3.83
C	5.00	5.00	4.98	5.00	5.00	5.21	5.00	4.99	4.98	5.00	5.00
Ca	1.78	1.82	1.89	1.81	1.84	2.07	1.89	1.77	1.99	1.86	1.79
Na	0.22	0.18	0.11	0.19	0.16	0.00	0.11	0.23	0.00	0.14	0.21
B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.07	2.00	2.00	1.99	2.00	2.00
Na	0.40	0.42	0.29	0.21	0.18	0.00	0.06	0.06	0.00	0.02	0.10
K	0.12	0.16	0.10	0.05	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
A	0.52	0.59	0.39	0.26	0.26	0.00	0.06	0.06	0.00	0.02	0.12
#Mg	0.68	0.67	0.72	0.79	0.78	0.88	0.83	0.82	0.82	0.85	0.83
t (°C) [8]	Не опр. n/d	Не опр. n/d	Не опр. n/d	Не опр. n/d	Не опр. n/d	–	434	404	380	445	468

Примечание: 1–10 — паргасит, 11–13 — эденит, 14–16 — магнезиальная роговая обманка, 17–22 — актинолит. #Mg (магнезиальность) = Mg / (Mg + Fe²⁺).

Note: 1–10 — pargasite, 11–13 — edenite, 14–16 — magnesian hornblende, 17–22 — actinolite. #Mg (magnesia) = Mg / (Mg + Fe²⁺).

Таблица 5. Химический состав (мас. %) и формульные коэффициенты плагиоклазов из мусковит-альбит-клинозоизит-амфиболовых пород

Table 5. Chemical composition (wt %) and formula coefficients of plagioclases from muscovite-albite-clinzoisite-amphibole rocks

№ п/п	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	Сумма / Total	Si	Al	Fe	Ca	Na
1	66.43	19.17	0.21	0.21	10.51	96.52	2.9	1.02	0.01	0.01	0.92
2	68.3	19.49	0	0.18	10.7	98.67	3.01	1.01	0	0.01	0.91

0.3 мм в межзерновом пространстве, а также мелкими включениями в эпидоте. Он не имеет полисинтетических двойников.

Пирит встречается в виде зерен неправильной формы размером до 1 мм и мелких изометричных образований (в этом случае имеет примесь Со) размером до 0.03 мм с включениями минерала алтаита (PbTe) с примесью серебра или в сростании с самородным серебром.

Обсуждение результатов

Петрографические и минералогические исследования показали, что в изучаемых породах можно распознать образования магматического происхождения, а также минеральные парагенезисы, сформировавшиеся при метаморфических процессах.

Наиболее проблематичным минералом является амфибол, который широко распространен в метаморфических породах и реже встречается в магматических образованиях.

На рис. 4, а точки составов амфиболов из изучаемых пород разделены на три группы в зависимости от генезиса. Паргаситы и эдениты (I группа) мусковит-альбит-клинозоизит-амфиболовых пород, встречающиеся в виде сильно измененных реликтовых зерен, имеют коричневую окраску и высокую титанистость, поэтому могут иметь магматическое происхождение. Магнезиогастингситы и чермакиты (II группа) пироксен-амфибол-хлоритовых пород имеют низкую титанистость и являются либо позднематматическими, либо метаморфическими образованиями. Магнезиальная

роговая обманка в обоих типах пород занимает промежуточный состав между высокоглиноземистыми кальциевыми амфиболами и актинолитом, а также тремолитом (III группа). Составы их, возможно, получены в точках замещения одних другими или же этот амфибол означает собой метаморфические изменения.

В мусковит-альбит-эпидот-амфиболовой породе паргасит и эденит образуют реликтовую порфировидную структуру, что может указывать на гипабиссальную природу формирования измененного магматита. Альбит, клиноцоизит, актинолит, мусковит и титанит характеризуют поздние метаморфические процессы. Альбит с низким содержанием анортитового компонента, клиноцоизит и низкоглиноземистый актинолит являются индикаторными минералами фации зеленых сланцев и, скорее всего, сформировались в один этап низкотемпературного преобразования пород. Альбит и клиноцоизит с мелкими включениями альбита могли сформироваться за счет первичного магматического основного плагиоклаза. Вычисленные значения температур по альбиту и актинолиту согласно плагиоклаз-амфиболовому геотермометру [8] составляют 468–380 °C (табл. 4). Давление оценено при помощи барометра Брауна [6], разработанного для кальциевых амфиболов низких и средних ступеней метаморфизма (рис. 5). Точки составов актинолитов соответствуют значениям давления 2–3 кбар.

В пироксен-амфибол-хлоритовой породе в качестве магматических минералов выступают оливин и, возможно, клинопироксен. Заполненность всего пространства породы этими минералами (в том числе и магнезиогастингситом), т.е. предположительно отсутствие стекловатой массы, может являться свидетельством плутонической природы метаультрамафита. Идиоморфный оливин, скорее всего, представлял собой раннюю кумулятивную фазу.

Если принять, что клинопироксен является минералом, кристаллизовавшимся из расплава, то можно использовать пироксеновые геотермометры для вы-

явления Р–Т-условий его формирования. Согласно пироксеновому геотермометру Р. Л. Нильсона и М. Дж. Дрейка [13], в котором при расчетах учитываются составы пироксена и расплава (породы), значения температур (табл. 3) составляют 1026–975 °C (t_{cp} — 991 °C). Геобарометр П. Нимиса и П. Улмера [14] применим к широкому спектру природных клинопироксенов в основных и ультраосновных породах. По этому геобарометру значения давления кристаллизации клинопироксенов из метаультрамафита составляют 4.5–7.7 кбар (P_{cp} — 6 кбар). Значения температур, полученные при помощи пироксенового геотермометра П. Нимиса и В. Р. Тейлора [12] при фиксированном давлении 5 кбар (табл. 3), соответствуют значениям — 1093–763 °C (t_{cp} — 1030 °C), что согласуется с результатами геотермометра [13].

Метаморфические парагенезисы в пироксен-амфибол-хлоритовых породах представлены тремолитом, тальк-хлоритом, пеннином, хроммагнетитом и магнетитом, которые характеризуют низкотемпературные изменения. Хроммагнетит и магнетит — это вторичные хромшпинелиды, которые сформировались, скорее всего, по первичным хромшпинелидам в результате выноса из них алюминия и хрома. Реликты первичных хромшпинелидов и сульфидов не сохранились в породе. Хлорит является характерным минералом фации зеленых сланцев. Тремолит, тальк-хлорит и пеннин, скорее всего, находятся в парагенезисе, так как совместно замещают более ранние минералы. Повидимому, минеральная ассоциация альбит-актинолит-клиноцоизит в метабазите и тремолит-хлорит в метаультрамафите сформировались в один этап низкотемпературного преобразования пород.

Выводы

Изучение петрографических и минералогических особенностей пироксен-амфибол-хлоритовых (метаультрамафит) и мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовых (метабазит) пород показало, что в них реконструируются ранние магматические парагенезисы и поздние — метаморфические. Структурные, текстурные и минералогические особенности метаматитов свидетельствуют о плутонической природе метаультрамафита и гипабиссальной — метабазита. В метабазите реликтовыми магматическими минералами являются, скорее всего, паргасит и эденит. Актинолит, клиноцоизит и альбит представляют парагенезис минералов, сформировавшихся при низкотемпературном метаморфизме зеленосланцевой фации (t — 468–380 °C, P — 2–3 кбар). В метаультрамафите ранними магматическими минералами выступает оливин, полностью замещенный тремолитом и хлоритом, и, возможно, клинопироксен. Магнезиогастингсит мог образоваться на позднемагматическом или метаморфическом этапе преобразования пород. Тремолит, хлорит и магнетит являются низкотемпературными метаморфическими образованиями, сформировавшимися, скорее всего, в один этап с актинолитом, клиноцоизитом и альбитом из метабазита.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (проект № АААА-А17-117121270035-0).

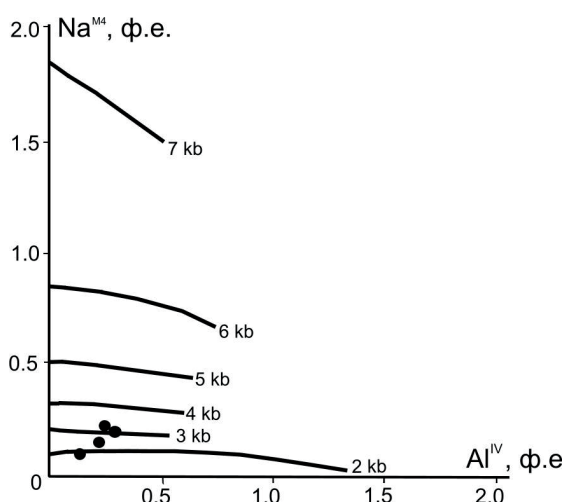


Рис. 5. Положение точек составов актинолитов из мусковит-альбит-эпидот-амфиболовой породы на диаграмме $Na^{M4}-Al^{IV}$ [6]

Fig. 5. Position of points of composition of actinolites from muscovite-albite-epidote-amphibole rock on the $Na^{M4}-Al^{IV}$ diagram [6]



Литература

1. Душин В. А., Сердюкова О. П., Малюгин А. А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Полярно-Уральская. Лист Q-42-I, II (Лаборова). Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 372 с.
2. Зылёва Л. И., Коновалов А. Л., Казак А. П., Жданов А. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Q-42 (Салехард). Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014, 396 с.
3. Иванов С. Д. Интерактивный реестр геосенсоров на основе веб-приложения // Компьютерные исследования и моделирование, 2016. Т. 8. № 4. С. 621–632.
4. Шишкин М. А., Файбусович Я. Э., Шкарубо С. И., Назаров Д. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист R-42 (п-ов Ямал). Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 366 с.
5. Павлов Н. В. Химический состав хромшпинелидов в связи с петрографическим составом пород ультраосновных интрузивов // Труды Геологического института РАН, 1949. Вып. 103. 91 с.
6. Brown E. H. The crosstie-content of Ca-amphibole as a guide to pressure of metamorphism // J. Petrol. 1977. V. 18. N. 1. P. 53–72.
7. Hey M. H. A new review of chlorites // Min. Mag., 1954. V. 30, P. 277–292.
8. Holland T., Blundy J. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry // Contrib. Mineral. Petrol., 1994. V. 116. P. 433–447.
9. Kretz R. Symbols for rock-forming minerals // Amer. Miner., 1983.
10. Leake B. E., Woolley A. R., Arps C. E. S. et al. Nomenclature of amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names // Canadian Mineralogist, 1997. V. 35, P. 219–246.
11. Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A. K. et al. Nomenclature of Pyroxenes // American Mineralogist, 1988. V. 73. P. 1123–1133.
12. Nimis P. and Taylor W. R. Single Clinopyroxene Thermobarometry for Garnet Peridotites. Part I. Calibration and Testing of the Cr-in-Cpx Barometer and an Enstatite-in-Cpx Thermometer // Contributions to Mineralogy and Petrology, 2000. V. 139. P. 541–554. doi: 10.1007/s004100000156.
13. Nielsen, R. L., Drake M. J. Pyroxene — melt equilibria // Geochim. Cosmochim. Acta, 1979. V. 43. P. 1259–1272. doi:10.1016/0016-7037(79)90117-0.
14. Nimis, P., and Ulmer, P. Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks Part 1: An expanded structural geobarometer for anhydrous and hydrous, basic and ultrabasic systems // Contributions to Mineralogy and Petrology, 1998. V. 133. P. 122–135.
15. Yavuz F. WinPyrox A Windows program for pyroxene calculation classification and thermobarometry. American mineralogist, 2013. V 98. P. 1338–1359. DOI: 10.2138/am.2013.4292

References

1. Dushin V. A., Serdjukova O. P., Maljugin A. A. et al. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii masshtaba 1:200 000. Izdanie vtoroe. Serija Poljarno-Ural'skaja.

List R Q-42-I, II (Laborovaja). Objasnitel'naja zapiska (State Geological Map of the Russian Federation, scale 1: 200,000. Second edition. The Polar-Ural series. Sheet Q-42-I, II (Labor). Explanatory note). St. Petersburg: VSEGEI, 2009, 372 pp.

2. Zyljova L. I., Konovalov A. L., Kazak A. P., Zhdanov A. V. i dr. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:1000000 (tret'e pokolenie). Serija Zapadno-Sibirskaja. List Q-42. Objasnitel'najazapiska. (State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1000000 (third generation). West Siberian Series. Sheet Q-42. Explanatory note). St. Petersburg: VSEGEI, 2014, Salekhard, 396 pp.

3. Ivanov S. D. Interaktivnyj reestr geosensorov na osnove veb-prilozhenija. Kompjuternye issledovanija i modelirovanie. (Interactive register of geosensors based on a web application. Computer Research and Modeling) 2016, V. 8, No. 4, pp. 621–632.

4. Shishkin M. A., Fajbusovich Ja. Je., Shkarubo S. I., Nazarov D. V. i dr. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Zapadno-Sibirskaja. List R-42 — p-ov Jamal. Objasnitel'naja zapiska (State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1000000 (third generation). Series West Siberian. Sheet R-42 — Yamal Peninsula. Explanatory note). St. Petersburg: Kartograficheskaja fabrika VSEGEI, 2015, 366 pp.

5. Pavlov N. V. Himicheskij sostav hromshpinelidov v svjazi s petrograficheskim sostavom porod ul'traosnovnyh intruzivov. Trudy Geologicheskogo instituta RAN (Chemical composition of Cr-spinels in connection with the petrographic composition of rocks of ultrabasic intrusions. Transactions of the Geological Institute of the Russian Academy of Sciences), 1949, 103, 91 pp.

6. Brown E. H. The crosstie-content of Ca-amphibole as a guide to pressure of metamorphism. E. H. Brown. J. Petrol., 1977, V. 18, No. 1, pp. 53–72.

7. Hey M. H. A new review of chlorites: Min. Mag., 1954, V. 30, pp. 277–292.

8. Holland T., Blundy J. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. Contrib. Mineral. Petrol., 1994, V.116, pp. 433–447.

9. Kretz R. Symbols for rock-forming minerals. Amer. Miner., 1983.

10. Leake B. E., Woolley A. R., Arps C. E. S. et al. Nomenclature of amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. Canadian Mineralogist, 1997, V. 35, pp. 219–246.

11. Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A. K. et al. Nomenclature of Pyroxenes. American Mineralogist, 1988, 73, pp. 1123–1133.

12. Nimis P. and Taylor W. R. Single Clinopyroxene Thermobarometry for Garnet Peridotites. Part I. Calibration and Testing of the Cr-in-Cpx Barometer and an Enstatite-in-Cpx Thermometer. Contributions to Mineralogy and Petrology, 2000, V. 139, pp. 541–554. doi: 10.1007/s004100000156.

13. Nielsen, R. L., Drake M. J. Pyroxene?melt equilibria, Geochim. Cosmochim. Acta, 1979. V. 43, 1259–1272, doi: 10.1016/0016-7037(79)90117-0.

14. Nimis, P., and Ulmer, P. Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks Part 1: An expanded structural geobarometer for anhydrous and hydrous, basic and ultrabasic systems. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1998, V. 133, pp. 122–135.

15. Yavuz F. WinPyrox A Windows program for pyroxene calculation classification and thermobarometry. American mineralogist, 2013, V 98, pp. 1338–1359. Doi: 10.2138/am.2013.4292.

Received / Поступила в редакцию 17.03.2021

Technological mineralogy: from Academician V. M. Severgin to the present day

V. V. Shchiptsov^{1, 2}

¹ Institute of Geology, Karelia Science Center RAS,

² Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

vv.shchiptsov@gmail.com

It is shown that the origins of technological mineralogy in Russia are associated with the name of Academician V. M. Severgin, who at the end of the 18th century introduced the concept of «technological and economic» mineralogy. The stage of development of 1921–1955 is considered as important for the formation of the school of applied mineralogy. The next stage is the implementation of the principles of technological mineralogy in the practice of geological exploration and mining production and the creation of the Technological Mineralogy Commission of the All-Union Mineralogical Society by the beginning of 1983. The main directions of the development of technological mineralogy and the role of the published works of the commission are substantiated.

Keywords: *technological mineralogy, methods, innovative technologies, metals, industrial minerals, georesources.*

Технологическая минералогия: от академика В. М. Севергина до наших дней

В. В. Щипцов^{1, 2}

¹ Институт геологии ФГБУН Карельский научный центр РАН,

² Петрозаводский госуниверситет, Петрозаводск, Россия

Показано, что истоки технологической минералогии связаны в России с именем академика В. М. Севергина, который в конце XVIII века ввел понятие «технологическая и экономическая» минералогия. Рассмотрен этап развития 1921–1955 гг. как важный для формирования школы прикладной минералогии. На следующем этапе происходит реализация принципов технологической минералогии в практике геологоразведочных работ и горнорудного производства и создание Комиссии по технологической минералогии Всесоюзного минералогического общества (ВМО)¹ к началу 1983 г. Обоснованы главнейшие направления развития технологической минералогии и роль издаваемых трудов комиссии.

Ключевые слова: *технологическая минералогия, методы, инновационные технологии, металлы, промышленные минералы, георесурсы.*

Introduction

Currently technological mineralogy is an independent discipline which is a bridge between the geology of ore deposits and methods of processing mineral raw materials to obtain a final product. This branch studies the relationship between composition, structure, physical properties and genetic characteristics of a mineral substance with its technological parameters, which determines the technological assessment of mineral raw materials. It is especially important to study the formation and change of parameters of technological heterogeneity of mineral substance. In this respect, the «mineral – environment» system is interpreted by us as a three-level system – from macro to micro-nanoscale. The development of modern methods of analysis allows fixing the fine and ultrafine heterogeneity of individuals and microaggregates. Such a

systematic approach reflects the relationship between the stages of the processes of mineral formation of ores in nature (mineralogenesis) and their transformation during technological processing (technogenesis) from a new point of view. This generally determines indicators of the liberation of intergrowths of minerals during crushing and grinding, the evolution of variability of technological properties of industrial minerals and ores and the efficiency of their separation during processing.

All these data affect features of disintegration and preparation of mineral raw materials for enrichment, the choice of optimal options for liberation of minerals during crushing and grinding, the role of a directed change in the physical properties of mineral components, i. e. substantiates the scientific basis for managing the quality of raw materials, the choice of materials, reagents.

Origins of technological mineralogy

Academician V. M. Severgin formulated tasks of mineralogy in general, related to the study of the structure

¹ At present – Russian Mineralogical Society / В настоящее время – Российское минералогическое общество (РМО).



and composition of minerals; clarification of their relationship in the fields; establishing the possibility of their practical use [10]. More than 220 years ago, he at the first time introduced the concept of "technological and economic" mineralogy, which determined the further traditional practical orientation of Russian mineralogy. For 24 years, Severgin published the «Technological Journal», which systematically reviewed results of experimental research and theoretical developments in the technological mineralogy of various objects.

Considering pages of the history of the first half of the 20th century we focus on that in this process a significant role belongs to the development of the foundations of the geological and mineralogical assessment of ores of mineral deposits (1921–1955). Here it is necessary to emphasize that Professor N. M. Fedorovsky generated these ideas related to genetic and economic mineralogy, of which he was the founder [7]. Thus, in fact, the mineralogical school of the Institute of Applied Mineralogy (now VIMS)² was created. The creation of applied mineralogy was welcomed by V. I. Vernadsky [2]. In 1927 he wrote that the past decade simultaneously brought forward a cycle of large and most interesting problems of a sharply different logical category in mineralogy.

During this period and the next stage, mineralogical "cells" (laboratories, departments of material composition for the study of various types of minerals and mineral raw materials in general) are created at the institutes of the geological and technological profile. Researches were carried out on the applied mineralogy of many minerals, the first technological schemes were developed, taking into account the relationship of geological and mineralogical factors with washability and obtaining specific enrichment indicators.

The principles of technological mineralogy began to be widely introduced in practice of geological exploration and mining, which began to be used to assess various genetic types of minerals. This found a specific solution in the work of the largest mining and processing enterprises in the country.

Professor A. I. Ginzburg, based on the generalization of the data of VIMS, scientists and practitioners of other organizations for the study and assessment of mineralogy and, in general, the peculiarities of the material composition of minerals of many deposits in connection with their washability, significantly expanded the range of mineralogical and technological research. He made a huge contribution to the development of prospecting mineralogy based on the study of the typomorphism of minerals, formulated tasks of technological mineralogy and the state of genetic mineralogy [3; 4]. He paid a great attention to the application of modern methods of studying minerals to obtain various geological information that helped to solve practical problems in prospecting and exploration of deposits. A. I. Ginzburg repeatedly said that there were no minerals without practical value, that we simply did not know how to use all of them.

Later, Academician N. P. Yushkin proclaimed the invasion of a new direction in technological mineralogy, linking it with a new scientific paradigm of mineralogy -

the study and assessment of mineral substance, in addition to the macro-, microlevel, and at the nanoscale, taking into account the structural organization of discreteness, evolution (ontogenesis, syngensis and phylogenesis) in interaction with living matter [14]. In his opinion, nanotechnological solutions are in the basis of future science and practice.

Already today, Professor B. I. Pirogov proclaims that the question of how not to crush, enrich and not extract anything superfluous and to produce high-quality enrichment products, taking into account the principles of the development of technological mineralogy, is very important.

Over the past decades, technological mineralogy became an independent discipline.

In 1982, the 6th Congress of the All-Union Mineralogical Society (AUMS) was held in Leningrad under the auspices of the USSR Academy of Sciences, AUMS, the Ministry of Nonferrous Metallurgy of the USSR, the Mechanobr Institute (Leningrad) and the Leningrad Regional Administration of the Scientific and Technical Society of Nonferrous Metallurgy. In his opening speech as the President of AUMS, Academician A.V. Sidorenko, reviewed a wide range of problems, in which he drew a special attention to the fact that new knowledge about minerals, fine features of their constitution, textural and structural features of ores could serve as a scientific basis for improving existing and creation of new methods of processing, hydrometallurgy and other technological methods.

In order to unite the efforts of scientists and industrial workers on the problems of technological mineralogy, the congress decided to create a commission on technological mineralogy. It was headed by the Director of Mekhanobr V. I. Revnivitsev, who guided it in 1983–1989. From 1989 to 2003, the chairman was V. M. Izoitko. Since 2005, the commission is headed by V. V. Shchiptsov³

³ The summary article was written by the author for his 80th birthday (April 22, 2021). V. V. Shchiptsov is a well-known researcher in the field of geology of non-metallic mineral resources and their technological assessment, Professor of the Department of Earth Sciences and Geotechnologies of the Institute of Forest, Mining and Construction Sciences of PetrSU. Since 2005 he has headed the Commission for Technological Mineralogy of the Russian Mineralogical Society (RMS), and is the initiator of annual Russian seminars on technological mineralogy. He participates in international projects Fennoscandian Gold Transect (FENGOT) and Fennoscandian Ore Deposit Database and Metallogenic Map (FODD)

Обобщающая статья написана автором к своему 80-летию (22 апреля 2021 г.). В. В. Щипцов — известный ученый в области геологии неметаллических полезных ископаемых и их технологической оценки, профессор кафедры наук о Земле и геотехнологий Института лесных, горных и строительных наук ПетрГУ. С 2005 года возглавляет Комиссию по технологической минералогии Российского минералогического общества (РМО), является инициатором ежегодных Российских семинаров по технологической минералогии. Участвует в международных проектах «Fennoscandian Gold Transect» (FENGOT) и «Fennoscandian Ore Deposit Database and Metallogenic Map» (FODD).

² Fedorovsky All-Union Institute of Mineral Raw / Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского.



Commission for Technological Mineralogy of the Russian Mineralogical Society

Since 2006, the RMS Commission has been organizing and conducting Russian seminars on technological mineralogy [8]. The first Russian seminar was held in Petrozavodsk on the basis of the Institute of Geology of the Karelian Science Center of the Russian Academy of Sciences, and was devoted to the consideration of topical issues caused by the peculiarities of geological exploration in Russia.

We can say that modern technological mineralogy combines geological, mineralogical and technological researches.

The experience of the Commission for Technological Mineralogy of the RMS allows us to speak about some results of the research of the established school [8]. In space and time, the structure of consumed mineral resources and consumption volumes change.

The solutions of scientific problems are based on new methods of technological mineralogy at evaluating metal ores and industrial minerals, improving methods of technological mineralogy at the early stages of geological exploration and operational exploration, morphological and constitutional features of small particles and their role in technological processing of mineral raw materials, directed changes in the technological properties of mineral raw materials and the production of new materials, the role of technological mineralogy in solving the problems of the integrated use of mineral raw materials in the extraction and processing, the study of the features of the mineralogical and technological assessment of natural and technogenic mineral raw materials, the determination of a rational complex of mineralogical and technological methods for the study of mineral raw materials, the development of a system of geological and technological modeling when mapping mineral deposits of various genetic types.

Results of the work of the Commission for technological mineralogy and their discussion

The issues that were considered by the Commission at seminars held in various parts of Russia and other events were published in a large series of works on technological mineralogy.

In Moscow, in May 2018, a Russian meeting on the topic «The Role of Technological Mineralogy in Rational Subsoil Use» was successfully held at VIMS. The next year, for the first time on the territory of the Russian Federation, the International Congress ICAM-2019 was held on the basis of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov from 23 to 27 September 2019 [1].

In December 2020, the next seminar on technological mineralogy was held in Syktyvkar, where the Bureau of the Commission presented a plenary report «Technological mineralogy in the entire space» [9].

In this section, the author refers to selected brief research results related to the problems of technological mineralogy.

Minerals (aggregate aggregates) are regular natural chemical polycompounds. Multicomponent systems of minerals are investigated by analytical methods and new generation instruments. The use of high-level equipment allows identifying reasons for the low level of technology

of raw materials and propose new approaches to improve the estimates.

The role of technological mineralogy comes to the fore in the development of a strategy for the use of minerals, which is governed by three megatrends. The first megatrend is the global struggle for resources. This is connected to the limited access to mineral reserves to use the mineral wealth. The second trend corresponds to the technologies of the 21st century, in which a significant place is given to metals and industrial minerals. Their application develops high geotechnologies. New research opportunities are discovered. The third trend focuses on efficient materials and energy, new mineral resources and high-tech mining.

New development technologies aim at involving refractory and refractory raw materials, developing a new class of materials based on mineral raw materials and improving the quality of raw materials to the level of pure and super pure concentrates. It becomes vitally important to intensify enrichment technologies for various ores of metals and industrial minerals based on a directed change in the properties of minerals (cryotherapy, activation, leaching, exposure to ultrasound, chemically active plasma, microwave radiation, proton irradiation, exposure to powerful electromagnetic pulses, ion implantation, etc. (Fig.) [6].

Here is one example: the recorded deposits and occurrences of quartz raw in the Karelia-Kola region were estimated at a modern level, and an innovative technology for purifying quartz was developed [11]. Both traditional and non-traditional types of quartz raw were evaluated using the latest techniques in the field of geological and technological study of quartz. The method of a technological and effective method for assessing the quality of quartz raw materials allows at the preliminary stage of assessment to objectively predict the quality of quartz raw and the direction of its use. The technical result of the proposed method is to improve accuracy, as well as simplify the process of assessing the quality of quartz raw. A patent for a method for purifying quartz is more productive because of intensification of the process of purifying quartz from impurities, reduces energy consumption, simplifies enrichment technologies, ensures high environmental friendliness, which allows it to be classified as high-tech, environmentally friendly and energy-saving technologies. All these can result in expansion of the mineral resource base of quartz raw and increase in the utilization rate of subsoil resources [11, 15, 16]. The project of the Institute of Geology of the Karelian Science Center of the Russian Academy of Sciences «Superpure quartz: Karelia-Kola quartz-bearing province of Russia» was awarded a special prize of the St. Petersburg International Technical Fair in March 2017 and the exhibition «High Technologies. Innovation. Investment» (Hi-Tech).

In the practical use of shungite rocks, a number of problems arise, which are associated with the heterogeneity of raw even within one deposit, both in chemical composition and in the structural parameters of carbon and rocks in general. If, in terms of chemical composition, certification requirements for raw materials were developed and were available, then in terms of structural parameters, such requirements were not considered, namely, the structure of carbon determined main properties of shungite rocks. This situation results in the fact that one batch of shungite raw materials demonstrates excellent properties, for example, when used in metallurgical processes, the



Directed change of the technological properties of mineral raw and production of new materials [6]

Направленное изменение технологических свойств минерального сырья и получение новых материалов [6]

other is satisfactory, and the third generally leads to defective products.

Geological prospecting works on industrial types of shungite rocks allowed classifying geological and industrial types of shungite rocks, determining the most promising areas of occurrence of shungite rocks. In fact, the implementation of the planned work will lead to an effective investment of the funds in the cost of future deposits and the development of innovative approaches to the use of Russian unique carbon-containing raw materials [5, 13, 14].

Conclusions

The tasks of technological mineralogy in the 21st century are determined by the objective need to improve technological processes, develop and scientifically substantiate new technological approaches and technical solutions in connection with the involvement of completely new metals and chemical elements, mineral raw materials of technogenic origin in the industrial sphere. Attention to the integrated use of mineral raw materials is significantly increasing.

Modern strategies for the development of individual fields should provide for the possibility of preventing and compensating for the negative impacts of the external environment, as well as quickly reacting to favorable economic situations.

The basic principle provides for the development of deposits in the form in which nature created it. Georesources must be brought to the most suitable condition for extraction using modern technologies.

A new principle that fosters innovation is laid in the basis of the semantic concept of «accessibility». The accessibility of mineral resources is a property of the «society — mineral resources» system, which characterizes the possibility of their efficient and safe application depending on the state of the resources, the need for them and the achieved technological level.

The work was supported by the R&D project 210 IG KarSC RAS 121040600173-1.

References

1. Askhabov A. M., Kotova O. B. Horizons of applied mineralogy. RMS Proceedings (Proc. Russian miner. Soc.), 2019, No 6, pp. 117–126. <https://doi.org/10.30695/zrmo/2019.1486.06> [in Russian].
2. Vernadsky V. I. Selected works. Moscow: AS USSR, 1954, book 1, 700 p. [in Russian].
3. Ginzburg A. I. On minerals-geochemical indicators and their significance in the search for rare metal ores in pegmatites. Doklady Earth Sciences USSR, V. 98, No. 2, 1954 [in Russian].
4. Ginzburg A. I., Kuzmin V. I., Sidorenko G. A. Mineralogical studies in the practice of geological exploration. Moscow: Nedra, 1981, 237 p. [in Russian].
5. Kalinin Yu., Kovalevsky V. Shungite rocks: horizons of scientific search. Nauka v Rossiya, 2013, No. 6, pp. 66–72 [in Russian].
6. Lygina T. Z. Complex processing of nonmetallic minerals — as the basis of innovative projects. The significance of technological mineralogy research in solving problems of complex development of mineral raw materials. Petrozavodsk: KarSC RAS, 2007, pp. 28–34 [in Russian].
7. Paramonov I. V., Korobochkin N. P. Nikolai Mikhailovich Fedorovsky (1886–1956). Moscow: Nauka, 1979, 166 p. [in Russian].
8. Pirogov B. I. V. V. Shchiptsov History of the Commission for Technological Mineralogy of the RMS (AUMS) with a prologue. RMS Proceedings, 2016, part 1, issue 7, pp. 84–103 [in Russian].
9. Ponaryadov A. V., Shushkov D. A. Traditional meeting of mineralogists (Yushkin readings — 2020). Vestnik of Geosciences, 2020, No. 12, pp. 40–42 [in Russian].
10. Severgin V. M. The first foundations of mineralogy, or the natural history of deposit. Book 1, St. Petersburg: IAN, 1798, 82 p. [in Russian].
11. Shchiptsov V. V., Bubnova T. P., Svetova E. N., Skamnit-skaya L. S. Quartz raw materials of the Karelia-Kola region: main research results. Tr.KarSC RAS (series «Geology of the Precambrian»). 2020, issue 10, pp. 5–25 [in Russian].
12. Yushkin N. P. Modern mineralogy and new trends in its development. New ideas and concepts in mineralogy. Syktyvkar: 2002, pp. 8–9 [in Russian].



13. Kovalevsky V. & Shchiptsov V. Shungites and their Industrial Potential. 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM2019). Springer Proceedings in Earth and Environmental, 2019, pp. 201–204.

14. Kovalevsky V., Shchiptsov V., Sadovnichy R. Unique natural carbon deposits of shungite rocks of Zazhogino ore field, Republic of Karelia, Russia. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM Conference Proceeding, 2016, pp. 673–680.

15. Shchiptsov V. V., Scamnitskaya L. S., Bubnova T. P. Geological and economic evaluation of quartz from the Republic of Karelia, Russia. 14-th GeoConference on science and technologies in geology, exploration and mining. Conference proceedings. Sofia Bulgaria. 2014, V. 1, pp. 153–160.

16. Shchiptsov V. V., Skamnitskaya L. S., Rakov L. T., Dubinchuk V. T. Genetic value and the technological importance of structural not uniformity of submicroscopic level in quartz. SGEM2015 Conference Proceedings. Sofia Bulgaria 2015, Book 1, V.1, Section Geology, pp. 395–402.

Received / Поступила в редакцию 15.04.2021



УДК 551.71/72 (470.22)

DOI: 10.19110/geov.2021.4.4

История исследования палеопротерозойских строматолитов Карелии и их экспозиция в Музее геологии докембрия (Петрозаводск)

Памяти В. В. Макарихина (к 85-летию со дня рождения)

А. В. Рахманова

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск
tarare@yandex.ru

Статья посвящена истории исследования строматолитов на территории Республики Карелия, а также созданию их коллекции в Музее геологии докембрия (ИГ КарНЦ РАН, Петрозаводск). Отмечены важнейшие временные этапы изучения протерозойских строматолитов Карелии, прослеживаются изменения взглядов на их природу, впервые дается описание экспозиции «Строматолиты Карелии и мира». История изучения широко распространенных и доступных строматолитов Карелии и обзор их коллекции в музее представляют научный и познавательный интерес.

Ключевые слова: строматолиты, палеопротерозой, микробальные постройки, Музей геологии докембрия.

History of the study of Karelia Paleoproterozoic stromatolites and their display at the Museum of Precambrian Geology, Petrozavodsk

In memory of V. V. Makarikhin (85th Anniversary)

A. V. Rakhmanova

Institute of Geology KarRC RAS, Petrozavodsk

The paper deals with the history of stromatolite studies in the Republic of Karelia and the compiling of a stromatolite collection at the Museum of Precambrian Geology, IG, KarRC, RAS, Petrozavodsk. Major stages in the study of Karelia's Proterozoic stromatolites are presented, changes in the point of view of their origin are assessed and the exposition «Karelia's and worldwide stromatolites» is described for the first time. Analysis of the history of Karelia's widespread and accessible stromatolites and a review of the stromatolite collection at the museum are of scientific and educational interest.

Keywords: stromatolites, paleoproterozoic, microbial buildups, Museum of Precambrian Geology.

Введение

Строматолиты — это породы, сформировавшиеся в результате сложного взаимодействия жизнедеятельности цианобактериального сообщества и процессов осадконакопления [7]. Слово «строматолит» происходит от греческих слов *stroma* — «подстилка» и *lithos* — камень, буквально — «ковровый камень». Термин был предложен немецким геологом Эрнстом Кальковским в 1908 году [6]. Строматолитовые маты формировались на дне неглубоких водоемов начиная с архея (3.5–2.5 млрд лет назад). Цианобактериальное сообщество возникает на поверхности дна и в дальнейшем перекрывается осадком, на котором селится новое поколение микроорганизмов и возникает очередная бактериальная пленка. Этот процесс периодически повторяется во времени [6, 13].

Современные строматолиты, как и древние, в основном образуются при участии цианобактериального сообщества. Предполагается, что они распростра-

нены главным образом в водоемах с повышенной соленостью [6].

На территории Карелии известны десятки местонахождений органических остатков, большинство из которых связаны с карбонатными образованиями ятулийского надгоризонта докембрия (2.3–2.1 млрд лет) [10, 11]. Например, в Лоухском районе (южный берег оз. Паанаярви), Медвежьегорском районе — на островах Северинсаари и Дюльмек (оз. Сегозеро), на Южном Оленьем острове (оз. Онежское), близ дер. Соанлахти (Сортавальский район) и др. Широко представлены и в Кондопожском районе. Особенно эффектно выглядят строматолиты *Parallelophyton raigubicum* Makarikhin (рис. 1) и *Sundusia mira* Butin (оз. Сундозеро, Кондопожский район). На берегу оз. Пялозеро (Кондопожский район) наблюдаются интересные столбчатые постройки *Colonnella carelica* Makarikhin и *Colleniella palica* Makarikhin [8, 10]. Такое морфологическое разнообразие строматолитовых построек установлено при многолетних исследованиях на территории Карелии.

Для цитирования: Рахманова А. В. История исследования палеопротерозойских строматолитов Карелии и их экспозиция в Музее геологии докембрия (Петрозаводск) // Вестник геонаук. 2021. 4(316). С. 25–31. DOI: 10.19110/geov.2021.4.4.

For citation: Rakhmanova A. V. History of the study of Paleoproterozoic stromatolites Karelia's and Karelia's stromatolite exhibits at the Museum of Precambrian Geology, Petrozavodsk. Vestnik of Geosciences, 2021, 4(316), pp. 25–31, doi: 10.19110/geov.2021.4.4.



Рис. 1. Строматолит *Parallelophyton raigubicum* Makarikhin. Протерозой, ятулий, пос. Райгуба, Кондопожский район. Фото О. М. Джамансартовой

Fig. 1. Stromatolite *Parallelophyton raigubicum* Makarikhin. Proterozoic, Iatulum. Raiguba Town, Kondopoga District. Photo by O. M. Dzhamansartova

Палеонтологический фонд Музея геологии докембрия (Петрозаводск) располагает многочисленными образцами строматолитов, собранными сотрудниками Института геологии КарНЦ РАН на территории Карелии, а также привезенными из-за рубежа (Индии, Канады, Финляндии, Швеции, Германии и других стран). Коллекция «Строматолиты Карелии и мира» является прекрасной иллюстрацией ранних этапов развития биосферы Земли. В ней экспонируются экземпляры в широком возрастном диапазоне, от архея до современности. В ее составе также имеются голотипы — типовые экземпляры видов, которые могут представлять научный интерес и служить материалом для дальнейшего исследования раннедокембрийских органических остатков. Изучение строматолитов позволяет взглянуть на зарождение жизни на нашей планете, оценить те условия, в которых происходило ее развитие.

Цель данной статьи — показать историю исследования строматолитов на территории Республики Карелия и эволюцию взглядов ученых на их происхождение. В работе приводится краткая характеристика коллекции строматолитов в Музее геологии докембрия и определение основных этапов изучения строматолитовых построек Карелии. Актуальность работы определяется тем, что в ней впервые дается общее описание коллекции «Строматолиты Карелии и мира». Статья акцентирует внимание на вклад сотрудников Института геологии КарНЦ РАН в области исследования докембрийских строматолитовых построек. Новые коллекции строматолитов, поступившие в Музей геологии докембрия, позволяют дополнить ранее опубликованные сведения [9, 10, 17] о начальных и современных этапах исследования, что определяет тематику и новизну данной статьи.

Геологическое строение Карелии и методика исследования строматолитов

Территория Карелии сложена преимущественно докембрийскими (архейскими и протерозойскими) породами и является юго-восточной частью Фенноскандинавского щита. Хорошая обнаженность и до-

ступность большинства объектов представляет научный интерес для исследователей. Находки строматолитов приурочены главным образом к карбонатным отложениям ятулийского надгоризонта (2.3–2.1 млрд лет)[8], который сложен в основном осадочными карбонатными породами (доломитами, реже известняками). Ятулийский надгоризонт (рис. 2) занимает доминирующее положение в Северо-Онежском синклинории, как на суше, так и в акватории Онежского озера и расчленен на сегозерский (нижнеятулийский) и онежский (верхнеятулийский) горизонты.

Нижнесегозерский подгоризонт слагают преимущественно кварцитопесчаники и вулканогенные породы. Верхнесегозерский подгоризонт состоит из терригенных осадочных пород, в средней части которого присутствуют лавы основного состава. Граница между сегозерским и онежским горизонтами проводится по смене терригенного и карбонатного осадконако-

НАДГОРИЗОНТ	ГОРИЗОНТ	ПОДГОРИЗОНТ	ТОЛЩА	ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ КОЛОНКА	МОЩНОСТЬ (М)	ФИТОГЕННЫЕ ПОСТРОЙКИ
ЛЮДИКОВИЙ		sp			>10	<i>Calevia ruokanensis</i> , <i>Djulmekella sundica</i>
ЯТУЛИЙ	ОНЕЖСКИЙ	ВЕРХНИЙ (on ₂)	on ₂ ^b		9	<i>Butinella boreale</i> , <i>Calevia olenica</i> , <i>Stratifera ordinata</i>
			on ₂ ^a		58	
		A	B		54	
			on ₁ ^d		130	<i>Omachtenia kintsiensis</i> , <i>Carelozoon jatulicum</i> , <i>Palia septentrionalis</i>
			on ₁ ^c		60	<i>Sundusia mira</i> , <i>Carelozoon metzgerii</i>
			on ₁ ^b		42	<i>Nucleophyton confertum</i> , <i>Osagia genulna</i>
			on ₁ ^a		140	<i>Lukanoa completa</i> , <i>L. simplicis</i>
		СЕГОЗЕРСКИЙ	C		20	
			B		9	

Рис. 2. Расчленение ятулийского надгоризонта (онежский горизонт) с *Litophyta* (сверху вниз): верхний подгоризонт — слои с *Butinella* (a), *Calevia ruokanensis* (b); нижний подгоризонт — слои с *Sundusia* (c), *Omachtenia kintsiensis* (d), слои с *Lukanoa* (a), *Nucleophyton* (b) [14]

Fig. 2. Division of the Yatuli ledge (Onega horizon) with *Litophyta* (from top to bottom): upper subhorizon — layers with *Butinella* (a), *Calevia ruokanensis* (b); lower subhorizon — layers with *Sundusia* (c), *Omachtenia kintsiensis* (d); layers with *Lukanoa* (a), *Nucleophyton* (b) [14]



пления. Онежский горизонт делится на два подгоризонта — ниже- и верхнеонежский — и сложен главным образом карбонатными породами (доломитами). В процессе исследований [10, 12, 14] он был расчленен на слои со строматолитовыми постройками, для каждого из которых характерно свое, не повторяющееся в разрезе сообщество строматолитов. Породы онежского горизонта перекрываются вулканогенно-осадочными отложениями людиковийского надгоризонта (2.1–1.92 млрд лет) [14]. Подавляющее большинство строматолитовых построек относится к районам Центральной и Южной Карелии.

Выявленная стратиграфическая приуроченность строматолитовых построек дает возможность детального расчленения ятулийских карбонатных толщ, прослеживания их на значительные расстояния и выделения четырех основных провинций (рис. 3), в каждой из которых намечены ареалы отдельных строматолитовых групп [10, 12]. Южно-Карельская провинция охватывает острова Онежского озера и территорию, прилегающую к нему с запада и северо-запада. Она наиболее богата строматолитовыми постройками (*Butinella boreale* Makarikhin, *Calevia olenica* Rjabinin, *Stratifera ordinata* Makarikhin, *Klimetia marginata* Makarikhin, *Sundusia* Makarikhin и др.).

Западно-Карельская провинция включает районы северного Приладожья и ряд прилегающих с северо-запада участков на территории Финляндии. Здесь выделены следующие рода строматолитов: *Omachtenia kintsiensis* Makarikhin, *Colonnella carelica* Makarikhin, *Stratifera janisjarvica* Makarikhin.

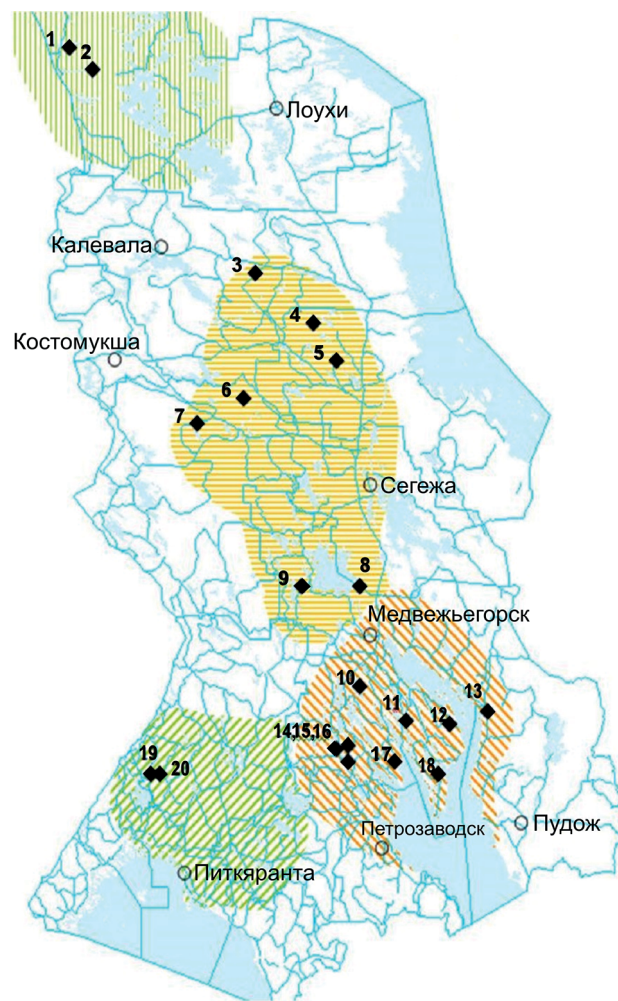
Центрально-Карельская провинция занимает по площади значительную часть территории, но имеет небольшое количество участков со строматолитовыми постройками. Наиболее широко они распространены на острове Дюльмек (Медвежьегорский район), где были обнаружены *Segosia impexa* Makarikhin, *Segosia columnaris* Butin и *Djulmekella djulmekensis* Makarikhin.

В Северо-Карельской провинции строматолиты встречаются по берегам озер Паанаярви, Соваярви, Кукаозера Лоухского района. Они представлены родами *Colleniella* Koroljuk, *Carelozoon* Metzger, и *Sovajarvia* Makarikhin.

Вопросы методики исследования строматолитов описаны в ряде работ [6, 8, 10, 13]. Каждый отобранный образец сопровождается географической и стратиграфической привязкой. Большое внимание уделяется изображению объектов с помощью фотографий и зарисовок. Исследуется микроструктура и ультрамикроструктура строматолитов, текстура слагающих их слоев, выявляются морфологические особенности, отражающие форму и размер строматолитовых построек, характер ветвления столбиков и др., устанавливается наличие в них остатков цианобактерий. На этих признаках основывается принцип классификации строматолитов, в том числе Карельского региона [8, 10].

Исторические этапы исследования строматолитов на территории Карелии

Началом первых палеонтологических исследований докембрия Карелии следует считать открытие в 60-х годах XIX века П. А. Пузыревским проблематичных образований в карбонатных породах окрестно-



Строматолитовые провинции

- Северо-Карельская
- Центрально-Карельская
- Южно-Карельская
- Западно-Карельская

○ Петрозаводск

◆ Ключевые обнажения:

- 1 — Соваярви, 2 — Каппа Калио, 3 — Ожиярви,
- 4 — Юляостров, 5 — Хангасламбина, 6 — Калливо-Пиа,
- 7 — Большозеро, 8 — Дюльмек, 9 — Северинсаари,
- 10 — Лижмозеро 11 — Мунозеро, 12 — Лисицино,
- 13 — Пяльма-1, 14 — Лебединый, 15 — Райгуба,
- 16 — Пялозеро, 17 — Гангозеро, 18 — Южный Олений о-в,
- 19 — Соанлахти, 20 — Кинтсиниеми

Рис. 3. Схема расположения строматолитов на территории Карелии [12]

Fig. 3. Location map of Karelia stromatolites [12]

стей горняцкого поселка Питкяранта [10]. Сравнение данной проблематики с ранее описанным *Eozoön canadense* Daus, 1864 [19], принятым за гигантскую фораминиферу (раковинный одноклеточный организм), явилось основанием для сопоставления находки Приладожья с похожими образованиями в Канаде. Однако органическое происхождение *E. canadense* впоследствии подверглось сомнению: за окаменелость были приняты метаморфизованные известняки. Позднее финский геолог О. Трюстедт установил, что между «эозонами» и «осколками» первоначальных диопсидовых жил имеются все промежуточные переходы, а сами эозоны являются сильно измененными, серпентинизи-

рованными остатками диопсидовых жил, рассекавших ранее известняки [1]. Вероятно, породы, на которые обратил внимание П. А. Пузыревский, являются скарнами, что заставляет усомниться в органической природе выделенных им проблематичных образований.

В 1906 году известный специалист по четвертичной геологии С. А. Яковлев [20] сообщил о находке органических остатков в мраморизованных доломитах Белогорско-Тивдийской группы месторождений (Кондопожский район). По определению российского геолога и минералога Г. Г. фон Петца, они являлись губками *Chaetetes radians* Fischer, за которые ошибочно были приняты строматолитовые постройки.

Анализ истории изучения строматолитов на территории Карелии показывает, что первые исследования с 60-х годов XIX века до 20-х годов XX века носили накопительный характер; 20–60-е годы XX века характеризуются получением новых данных: продолжился сбор палеонтологического материала, проводился его макро- и микроскопический анализ, осуществлялась работа по построению классификации строматолитовых построек.

Интенсивное изучение геологии протерозоя с начала 60-х годов прошлого века, составление геологических карт, разработка стратиграфических схем сопровождалось повышенным интересом к изучению строматолитовых построек [17]. В этот период открываются новые, неизвестные ранее разрезы, пересматривается и уточняется с применением новых методов описание старых находок, выделяются новые роды и виды строматолитов.

Большой вклад в исследование строматолитов внес финский геолог А. Т. Метцгер [21], обнаруживший в 1924 году в валунах красноцветных доломитов полуострова Кунносниеми (Суоярвский район) органические остатки неясного происхождения. Он описал данную находку, назвав ее *Carelozoon jatulicum* Metzger, и предложил отнести к кишечнополостным, указывая также на сходство этих образцов со строматолитами рода *Gymnosolen* Steinm. В ходе дальнейших исследований и в результате сравнения образца А. Т. Метцгера со строматолитами *C. jatulicum*, найденных в коренных обнажениях террасы оз. Сундозеро (Кондопожский район), эта группа была отнесена к столбчатым ветвящимся строматолитам [2].

Летом 1937 г. В. Н. Рябинин (ВНИГРИ) [15], изучая выходы ятулийских известняков и доломитов Южного Оленьего острова, карбонатные породы Кузарандской (Медвежьегорский район) и Белогорской (Кондопожский район) ломок, установил в тех и других остатки синезеленых водорослей, с которыми ранее ассоциировались строматолитовые постройки. Макроскопическое и микроскопическое исследование строматолитов позволило выделить и описать несколько видов рода *Collenia* Walcott (*Collenia olenica* Rjabinin, *Collenia kusarandica* Rjabinin и др.).

В 1948 году И. Е. Турищев [18], изучая доломиты района Лижмозеро — Белая гора — Тивдия (Кондопожский район), отметил в них наличие окаменелых колонияльных кораллов, стеблей криноидей, а также образований, напоминающих по своей форме мшанки. При последующем рассмотрении аналогичного по строению материала, отобранного в том же районе В. А. Перевозчиковой (Карельский филиал АН СССР),

И. И. Горским [3], было сделано заключение о принадлежности данных окаменелостей не к кораллам, а к онколитам рода *Osagia* Twenhofel и строматолитам (*Collenia* Walcott).

В 50–60-х годах XX века изучением микробиальных построек занимались исследователи Карельского филиала АН СССР: В. А. Соколов [17], Р. В. Бутин [2] и другие. 70–80-е годы прошлого столетия характеризуются повышенным интересом к строматолитам карельских ученых Ю. И. Сацук, Г. М. Кононовой и других. В это время описываются многочисленные строматолитовые постройки, выделяются новые роды и виды, с помощью новых методов производится анализ старых находок [10, 16]. В это же время в СССР и других странах создается классификация строматолитов, (преимущественно рифея: 1650–650 млн лет), над которой работают известные специалисты: В. А. Комар, И. Н. Крылов, М. Е. Раабен, С. Н. Серебряков и другие.

В 80–90-е годы устанавливаются закономерности пространственного размещения строматолитовых сообществ в карбонатных отложениях восточной части Фенноскандинавского щита. Онежский горизонт ятулия был расчленен на биостратиграфические подразделения, для каждого из которых характерно свое сообщество строматолитов. Установлены многие голотипы — типовые экземпляры видов [8].

Одним из признанных специалистов в области раннедокембрийской палеонтологии и стратиграфии Карелии являлся В. В. Макарихин [9, 10]. Он выявил закономерности пространственного размещения строматолитовых построек в восточной части Фенноскандинавского щита и выделил четыре биогеографические провинции с характерными для каждой из них цианобактериальными образованиями: Северо-, Центрально-, Южно- и Западно-Карельскую (рис. 2, б) [12]. В результате исследования палеопротерозойских комплексов Карелии и Кольского полуострова им были сформированы предпосылки для более обоснованного расчленения карбонатных толщ ятулия (2.3–2.1 млрд лет) и людикувия (2.1–1.92 млрд лет) на основе использования строматолитов для региональных и межрегиональных корреляций. В. В. Макарихин описал и выделил новые роды и виды (*Klimetia* Makarikhin, *Butinella* Makarikhin, *Parallelophyton raigubicum* Makarikhin, и др.), в том числе голотипы: *Carelozoon metzgerii* Makarikhin, *Butinella boreale* Makarikhin и пр. [10].

В настоящее время литологией и стратиграфией раннепротерозойских осадочных пород Карельского кратона Фенноскандинавского щита, палеонтологией нижнепротерозойских отложений, изучением влияния раннепротерозойской биосферы на формирование карбонатных и углеродистых пород занимается П. В. Медведев [5, 12]. Исследуемый им химический состав палеопротерозойских строматолитов Карелии (концентрация в них различных микроэлементов, в частности карбонатов кальция и магния) позволил проследить непосредственную взаимосвязь изменения химического состава водоемов, в которых шло формирование строматолитовых построек, с условиями обитания цианобактерий [5]. О. М. Джамансартова [4] работает над систематизацией микростроматолитовых построек Карелии, выявлением их морфологических и текстурно-структурных признаков. Установлены закономерности не только стратиграфического, но и простран-



ственного распределения строматолитовых сообществ на территории Карелии [10, 11].

Современный этап изучения знаменуется дальнейшими исследованиями палеопротерозойских строматолитов Карелии [8, 10]. Повышенное внимание уделяется условиям зарождения и развития жизни, влиянию цианобактериальных сообществ на изменение состава атмосферы в докембрии. Новые методы исследования строматолитов с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) позволили обнаружить цианобактерии и отобразить их в 3d-моделях, определить их состав, морфологию и распределение в породе, выявить роль микроорганизмов в формировании структурно-текстурных особенностей строматолитов, обозначить условия жизни цианобактериальных сообществ [8].

Коллекция «Строматолиты Карелии и мира» в Музее геологии докембрия ИГ КарНЦ РАН

Музей геологии докембрия, основанный 18 мая 1961 года, является своеобразной «библиотекой природного камня», позволяющей его посетителям приоткрыть еще не разгаданную до конца страницу геологической летописи, повествующую о древнейшем этапе истории нашей планеты.

В экспозиции музея находится коллекция «Строматолиты Карелии и мира», отражающая разнообразие построек и служащая наглядной иллюстрацией ранних этапов развития земной биосферы. Ее основой послужили образцы, собранные сотрудниками Института геологии КарНЦ РАН В. В. Макарихиным, П. В. Медведевым, Г. М. Кононовой и другими. В ней насчитывается около 140 экземпляров (из них 109 было отобрано на территории Карелии), 69 образцов доступны для обзора, остальные хранятся в запасном фонде. Многие из них являются голотипами.

Коллекция голотипов была передана в музей В. В. Макарихиным. Среди них наиболее значимы для стратиграфических корреляций образцы строматолитов: *S. mira* (рис. 4), *C. metzgerii* (рис. 5) из района п. Райгуба, оз. Сундозеро (Кондопожский район), *B. boreale* с Южного Оленьего острова (Медвежьегорский район) и некоторые другие [10]. Род *Butinella* Makarikhin был назван в честь Р. В. Бутина [2], сотрудника Института геологии Карельского филиала АН СССР, занимавшегося изучением этих образований. Самым примечательным экспонатом является строматолит *P. raigubicum* (рис. 6) из пос. Райгуба Кондопожского района, с тесно сближенными, расположенными субпараллельно, дихотомически ветвящимися столбиками [10]. Помимо строматолитов коллекция включает онколиты *Palia septentrionalis* Butin (оз. Пяозеро, Кондопожский р-н) и *Osagia genulna* Kononov. В отличие от строматолитов, онколиты не были перекреплены к субстрату и во время роста свободно перекатывались по дну водоема движением воды [6, 10].

В музее также широко представлены экспонаты, привезенные сотрудниками ИГ КарНЦ РАН из других регионов России: Южного Урала, Кольского полуострова, Камчатки (Долина Гейзеров), полуострова Канин Ненецкого автономного округа (рис. 7).

Основой коллекции строматолитов послужили экземпляры, подаренные зарубежными коллегами из



Рис. 4. Строматолит *Sundosia mira* Butin, 1966. Протерозой, ятулий. пос. Райгуба, Кондопожский район. № образца: МГД-1/П-7. Размер: 10 × 12.2 × 3.5. Коллекция В. В. Макарихина

Fig. 4. Stromatolite *Sundosia mira* Butin, 1966. Proterozoic, Iatulum. Raiguba Town, Kondopoga District. Sample number: MGD-1/P-7. Size: 10 × 12.2 × 3.5. Collection by V. V. Makarikhin



Рис. 5. Строматолит *Carelozoon metzgerii* Makarikhin, 1983. Протерозой, ятулий. пос. Райгуба, Кондопожский район. № образца: МГД-1/П-10. Размер: 6 × 12 × 4.5. Коллекция В. В. Макарихина

Fig. 5. Stromatolite *Carelozoon metzgerii* Makarikhin, 1983. Proterozoic, Iatulum. Raiguba Town, Kondopoga District. Sample number: MGD-1/P-9. Size: 6 × 12 × 4.5. Collection by V. V. Makarikhin

Индии, Канады, Германии, Швеции, Болгарии, Франции, США, Финляндии и др., в возрастном диапазоне от архея (*Gymnosolen sp.* Steinm из Южной Африки, *Colonnella sp.* Walcott из штата Карнатака, Индия) до кайнозоя (строматолит *Gymnosolen sp.* Steinm: палеоген, эоцен, лютетский ярус, 47.8–41.2 млн лет) из Южной Франции. Палеозойские и мезозойские строматолиты включают *Colleniales sp.* Steinm (нижний карбон, штат Айова, США), *Etropolia profluentis* Makarikhin et Ajdanmijski (верхний триас), найденный на территории города Етрополе (Болгария), и другие.

Экспозицию дополняют фотографии различных строматолитовых построек, как древних, так и современных, а также карта их распространения по материкам Земли. Посетители музея буквально могут пройти по «дну» докембрийского моря, а научное и познавательное значение столь необычных образований, которыми являются строматолиты, сложно переоценить.



Рис. 6. Строматолит *Parallelophyton raigubicum* Makarikhin, 1983. Протерозой, ятулий. пос. Райгуба, Кондопожский район. № образца: МГД-1/П-96. Размер: 51.4 × 48 × 25.2. Коллекция В. В. Макарихина

Fig. 6 Stromatolite *Parallelophyton raigubicum* Makarikhin, 1983. Proterozoic, Iatulum. Raiguba Town, Kondopoga District. Sample number: MGD-1/P-96. Size: 51.4 × 48 × 25.2. Collection by V. V. Makarikhin



Рис. 7. Строматолит *Gymnosolen ramsay* Steinm. Верхний рифей. № образца: МГД-1/П-36. Размер: 7.8 × 14.3 × 5. Коллекция И. Н. Демидова

Fig. 7. Stromatolite *Gymnosolen ramsay* Steinm. Upper Riphean. Sample number: MGD-1/P-36. Size: 7.8 × 14.3 × 5. Collection by I. N. Demidov

Закключение

В Музее геологии докембрия ИГ КарНЦ РАН осуществляется экспозиционная, научная, фондовая и информационная деятельность. Ежегодно его посещают более двух тысяч человек, среди них школьники, студенты г. Петрозаводска и гости республики.

В процессе исследования строматолитов научными сотрудниками Института геологии КарНЦ была собрана представительная коллекция этих пород, существенно дополненная образцами, переданными зарубежными коллегами. Это позволило создать в Музее экспозицию «Строматолиты Карелии и мира», имеющую большое научное и познавательное значение. На примере экспозиции изучается эволюция ранних (докембрийских) этапов развития жизни на планете.

Автор выражает благодарность анонимным рецензентам за редактирование рукописи, предоставление ценной информации и конструктивную критику, которые способствовали значительному улучшению качества статьи, а также сотрудникам музея Института геологии докембрия ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводска) за полезные советы и возможность работы с коллекцией «Строматолиты Карелии и мира».

Работа выполняется по теме НИР № 209 ИГ КарНЦ РАН, № ГР: АААА-А18-118020290084-7.

Литература

1. Булах А. Г., Франк-Каменецкий В. А. Геологическая экскурсия в окрестности Питкяранты. Петрозаводск: Госиздат, 1961. 108 с.
2. Бутин Р. В. О находке *Carelozoon jatulicum* в протерозойских отложениях Карелии // Всесоюзный симпозиум по палеонтологии докембрия и раннего кембрия 25–30 октября 1965 г. (тезисы докладов). Новосибирск, 1965. С. 53–54.
3. Горский И. И. Об ископаемых остатках из мраморов Лижмозского района (Карелия) // Вопросы петрографии и минералогии. Л.: АН СССР, 1953. Т.1. С. 458–459
4. Джамансартова О. М. Палеопротерозойские министроматолиты Карелии // Труды КарНЦ РАН. 2019. № 10. С. 71–78. doi: 10.17076/geo863.
5. Кондрашова Н. И., Медведев П. В. Что может рассказать геологу химический состав палеопротерозойских строматолитов Карелии и Кольского полуострова // Многогранная геология. СПб.: ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербургский Дворец творчества юных, 2019. Вып. IV. С. 166–177.
6. Крылов И. Н. Строматолиты рифея и фанерозоя СССР // Труды ГИН АН СССР. М.: Наука, 1975. Вып. 234. 243 с.
7. Литвинова Т. В. Новые данные по строению и составу строматолитовых построек (Северное Прианбарье) // Литология и полезные ископаемые. 2009. № 4. С. 428–437
8. Литвинова Т. В. К вопросу о роли микроорганизмов в формировании структурно-текстурных особенностей строматолитов // *Lethea rossa*. Российский палеоботанический журнал. 2018. Т. 16. С. 1–16
9. Макарихин В. В. Палеонтологические исследования палеопротерозоя Карелии // Геология Карелии от архея до наших дней. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 71–78.
10. Макарихин В. В., Кононова Г. М. Фитолиты нижнего протерозоя Карелии. Л.: Наука, 1983. 180 с.
11. Макарихин В. В., Медведев П. В., Рычанчик Д. В. Геологические памятники природы Карелии. Петрозаводск: Карелия, 2007. 192 с.
12. Макарихин В. В., Медведев П. В., Рычанчик Д. В. Роль биотического фактора в ятулийском седиментогенезе // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерализация Северо-Запада России. Петрозаводск: ИГ КарНЦ РАН, 2007. С. 241–245.
13. Маслов В. П. Строматолиты (их генезис, метод изучения, связь с фациями и геологическое значение на примере ордовика Сибирской платформы) // Труды ГИН АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1960. Вып. 41. 187 с.
14. Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерализация). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 431 с.
15. Рябинин В. Н. Органические остатки в карбонатных породах Южной Карелии // Материалы по геологии и полезным ископаемым Карело-Финской ССР, Ленинградской и Мурманской областей. Л.; М.: Государственное научно-



техническое изд-во нефтяной и горно-топливной литературы, 1941. С. 8–21.

16. Сацук Ю. И., Кононова Г. М. Рифовый комплекс верхнего водорослевого горизонта ятулия Онежской мульды // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск, 1975. С. 110–116.

17. Соколов В. А. Распространение органики и проблематики в протерозойских образованиях Карелии // Остатки организмов и проблематика протерозойских образований Карелии. Петрозаводск: Карельское книж. изд-во, 1966. С. 5–12.

18. Туришчев И. Е. Новые данные о палеозое Карелии // Доклады АН СССР. 1948. Т. 63. № 4. С. 429–432.

19. *Eozoon canadenses* (1864) // L'histoire de la Commission geologique du Canada illustree per 175 objets [Электронный ресурс]: URL <https://ic.gc.ca/eic/site/063.nsf/fra/97210.html> (дата обращения 03.12.2020).

20. Jakovleff S. A. Über die Ostgrenze des präkambrischen Systems in Finland // Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1906. № 13. P. 600–604.

21. Metzger A. T. Die Jatulischen Bildugen von Suojärvi in Ostfinnland // Bulletin de la commission geologique de Finlande. Helsingfors, janvier, 1924. N 64. 86 P.

References

1. Bulah A. G., Frank-Kameneckij V. A. *Geologicheskaya ekskursiya v okrestnosti Pitkyaranty* (Geological excursion in the vicinity of Pitkyaranta). Petrozavodsk: Gosizdat, 1961, 108 p.

2. Butin R. V. *O nahodke Carelozoon jatulicum v proterozojskikh otlozheniyah Karelii* (Finding of Carelozoon jatulicum in the Proterozoic deposits of Karelia). Proceedings of conference. Novosibirsk, 1965, pp. 53–54.

3. Gorskiy I. I. *Ob iskopaemykh ostatkakh iz mramorov Likhmozskogo rajona (Kareliya)* (About fossil remains from the Marbles of the Likhmoz region (Karelia)). *Voprosy petrografii i mineralogii* (Problems of petrography and mineralogy). Leningrad: AS USSR, 1953, V. 1, pp. 458–459.

4. Dzhmansartova O. M. *Paleoproterozojskie ministromatolity Karelii* (Paleoproterozoic ministerial in Karelia). Proceedings of Karelia SC RAS, 2019, No. 10, pp. 71–78. doi: 10.17076/geo863.

5. Kondrashova, N. I., Medvedev P. V. *Chto mozhet rasskazat geologu himicheskij sostav paleoproterozojskikh stromatolitov Karelii i Kolskogo poluoostrova* (What the chemical composition of the Paleoproterozoic stromatolites of Karelia and the Kola Peninsula can tell a geologist). *Mnogogrannaya geologiya* (Diverse Geology). St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya, Sankt-Peterburgskij Dvorec tvorchestva yunyh, 2019, IV, pp. 166–177.

6. Krylov I. N. *Stromatolity rifeya i fanerozoya SSSR* (Stromatolites of the Riphean and Phanerozoic of the USSR). Proceedings of GIN USSR AS, Moscow: Nauka, 1975, 234, 243 p.

7. Litvinova T. V. *Novye dannye po stroeniyu i sostavu stromatolitovykh postroek (Severnoe Priianabar'e)* (New data on the structure and composition of stromatolite buildings (Northern Anabar region)). *Litologiya i poleznye iskopaemye* (Lithology and mineral resources), 2009, No. 4, pp. 428–437.

8. Litvinova T. V. *K voprosu o roli mikroorganizmov v formirovanii strukturno-teksturnykh osobennostej stromatolitov* (Role of microorganisms in the formation of structural and textural features of stromatolites). *Lethea rossa. Rossijskij paleobotanicheskij zhurnal* (Russian paleobotanic journal), 2018, V. 16, pp. 1–16.

9. Makarihin V. V. *Paleontologicheskie issledovaniya paleoproterozoya Karelii* (Paleontological studies of the Paleoproterozoic of Karelia). *Geologiya Karelii ot arheya do nashih dnei* (Geology of Karelia from the Archean to the present day). Petrozavodsk: KarSC RAS, 2011, pp. 71–78.

10. Makarihin V. V., Kononova G. M. *Fitolity nizhnego proterozoya Karelii* (Phytolites of the Lower Proterozoic of Karelia). Leningrad: Nauka, 1983, 180 p.

11. Makarihin V. V., Medvedev P. V., Rychanchik D. V. *Geologicheskie pamyatniki prirody Karelii* (Geological monuments of nature in Karelia). Petrozavodsk: Kareliya, 2007, 192 p.

12. Makarihin V. V., Medvedev P. V., Rychanchik D. V. *Rol bioticheskogo faktora v yatuliskom sedimentogeneze. Geodinamika, magmatizm, sedimentogenez i minerageniya Severo-Zapada Rossii* (The role of the biotic factor in the Yatulian sedimentogenesis. Geodynamics, magmatism, sedimentogenesis and minerageny of the North-West of Russia). Petrozavodsk: IG KarSC RAS, 2007, pp. 241–245.

13. Maslov V. P. *Stromatolity (ih genezis, metod izucheniya, svyaz s faciyami i geologicheskoe znachenie na primere ordovika Sibirskoy platformy)* (Stromatolites (their genesis, method of study, connection with facies and geological significance on the example of the Ordovician of the Siberian platform)). Proceedings of GIN AS SSSR, Moscow: USSR AS, 1960, 41, 187 p.

14. *Onezhskaya paleoproterozojskaya struktura (geologiya, tektonika, glubinnoe stroenie i menerageniya)* (Onega Paleoproterozoic structure (geology, tectonics, deep structure and minerageny). Petrozavodsk: KarSC RAS, 2011, 431 p.

15. Ryabinin V. N. *Organicheskie ostatki v karbonatnykh porodah Yuzhnoj Karelii* (Organic residues in carbonate rocks of South Karelia). *Materialy po geologii i poleznym iskopaemykh Karelo-Finskoy SSR, Leningradskoj i Murmanskoy oblastej* (Materials on geology and mineral resources of the Karelian-Finnish SSR, Leningrad and Murmansk regions). Leningrad-Moscow: Gosudarstvennoe nauchno-tekhnicheskoe izd-vo neftyanoy i gorno-toplivnoj literatury, 1941, pp. 8–21.

16. Sacuk Y. I., Kononova G. M. *Rifovyj kompleks verhnego vodoroslevogo gorizonta yatuliya Onezhskoj mul'dy* (The reef complex of the upper algal horizon of the jatulium of the Onega trough). *Geologiya i poleznye iskopaemye Karelii* (Geology and useful minerals of Karelia). Petrozavodsk, 1975, pp. 110–116.

17. Sokolov V. A. *Rasprostranenie organiki i problematiki v proterozojskikh obrazovaniyakh Karelii* (Distribution of organic matter and problems in the Proterozoic formations of Karelia). *Ostatki organizmov i problematika proterozojskikh obrazovaniy Karelii* (Remains of organisms and problems of the Proterozoic formations of Karelia). Petrozavodsk: Karelskoe knizhnoe izd-vo, 1966, pp. 5–12.

18. Turishchev I. E. *Novye dannye o paleozoe Karelii* (New data on the Paleozoic of Karelia). Doklady USSR AS, 1948, V. 63, No. 4, pp. 429–432.

19. *Eozoon canadenses* (1864). L'histoire de la Commission geologique du Canada illustree per 175 objets, URL <https://ic.gc.ca/eic/site/063.nsf/fra/97210.html> (03.12.2020).

20. Jakovleff S. A. Über die Ostgrenze des präkambrischen Systems in Finland. Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, 1906, No. 13, pp. 600–604.

21. Metzger A. T. Die Jatulischen Bildugen von Suojärvi in Ostfinnland. Bulletin de la commission geologique de Finlande. Helsingfors, janvier, 1924, No. 64, 86 p.

Received / Поступила в редакцию 02.02.2021

История одной экспедиции

Памяти первооткрывателя Воркутинского угольного бассейна

History of one expedition

In memory of the discovery
of the Vorkuta coal basin

April 21 marks the 115th anniversary of the birth of Georgy Aleksandrovich Chernov (21.04.1906–06.04.2009) – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Honored Geologist of the RSFSR, discoverer of the Vorkuta coal deposit and the oil and gas region of the Bolshezemelskaya tundra, which includes the Usinsk and Kharyaga oil fields. In addition to geological researches, he searched for archaeological sites on the territory of the Komi Autonomous Soviet Socialist Republic and the Nenets Autonomous Okrug. Georgy Aleksandrovich discovered 325 sites of ancient people, described in the “Atlas of Archaeological Monuments in the Bolshezemelskaya Tundra”. Georgy Aleksandrovich lived a long and interesting life. He died on April 6, 2009 in Moscow at the age of 103.

Впервые с Ненецким автономным округом я познакомилась в июле 1983 года, когда была членом археологической экспедиции Г. А. Чернова. Эта экспедиция стала для меня судьбоносной, очень яркой, сочной, первой в моей жизни, но итоговой для Георгия Александровича Чернова. Все археологические исследования 1939–1975 гг. в Большеземельской тундре Георгием Александровичем проводились попутно с геологическими, без затраты государственных средств. В результате этих исследований было обнаружено около 325 памятников различного возраста, но некоторая часть территории тундры осталась необследованной. Памятники были открыты в долинах почти всех крупных рек: Черной, Море-Ю (Хайпудыра), Коротаихи, впадающей в Баренцево море, а также на притоках Печоры: Лае, Кые, Усе, Колве, Адзье и Большой Роговой. Однако на самой протяженной реке Большеземельской тундры — Шапкиной — не было известно ни одной стоянки древнего человека, судя по отчетам геологов А. А. Григорьева (1921) и В. В. Пиотровского (1931). В 1983 г. Георгием Александровичем была предпринята последняя полевая разведка верхнего течения реки Шапкиной. Экспедиция была организована при поддержке академика Б. А. Рыбакова. Она завершала все более чем сорокалетние поиски и находки Г. А. Чернова в Ненецком округе. Материалы этой экспедиции окан-



Последний 60-й полевой сезон неутомимого исследователя Большеземельской тундры Г. А. Чернова. Река Адзья, гора Тальбей, 1984 г. (из личного архива)

The last 60th field season of the tireless explorer of the Bolshezemelskaya tundra G. A. Chernov. Adzva River, Talbets Mountain, 1984 (from personal archive)

чивали подготовку к печати уникальнейшего и первого в России «Атласа археологических памятников Большеземельской тундры» и вошли в пятый том Поморской энциклопедии. Это была 59-я экспедиция 77-летнего Г. А. Чернова, в которой я принимала участие в качестве лаборанта, и единственная археологическая в его жизни, финансируемая Институтом археологии АН СССР.

Впервые о Г. А. Чернове я узнала в 1979 году в Архангельске, в Добролюбовской библиотеке, когда пришла взять литературу о Коми республике, так как техникум связи направил меня на учебную практику в Воркуту. Мне предложили книгу геолога Г. А. Чернова «Полвека в Печорском крае». Прочитав ее взахлёб, я была потрясена средним возрастом первопроходцев по реке Воркуте — двадцать один год, как и мне в ту пору, а в 38 лет Чернов описывал в кандидатской диссер-

*Воспоминания Любои Николаевны Черновой публикуются впервые. Редакция выражает благодарность семье Черновых за предоставленные материалы.

*Memories of Lyubov Nikolaevna Chernova are published for the first time. The editors are grateful to the Chernov family for the materials.



тации громаднейший нефтегазоносный бассейн на шельфе Баренцева моря. Большая нефть, открытая с помощью геологического молотка?! Это фантастика!..

В детстве я очень любила собирать камни по берегам Сухоны и сплавляться на плотах по речкам Песьюхе и Ляпунихе. Это было самое интересное и веселое летнее занятие в нашей тихой старинной Тотьме. Зимой читала книги про путешественников, исследователей-ученых и мечтала сама быть биологом, изучать жизнь растений, а также познакомиться не с книжными учеными, а с теми, кто является двигателями прогресса в настоящей жизни... Помню, как бабушка надо мной подтрунивала, когда я в детстве заявила, что моим мужем будет ученый...

Трудно поверить в мистику, но мечты сбываются. Спустя два года, волею судьбы я оказалась в Сыктывкарском аэропорту, ожидая свой рейс на Воркуту, где я трудилась молодым специалистом в городском узле связи на телеграфе. Это был конец октября 1981 года. Людей в зале ожидания было очень много, но я обратила внимание на одного очень подвижного, сухоощавого человека в старом прорезиненном плаще и выдавшей виды шляпе, в очках с очень толстыми линзами, которыми он всматривался в информационное табло. В одной руке у него был дипломат цвета красного дерева, крышку которого он придерживал пальцем, а в другой заштопанная сумка-авоська с камушками. Он повернулся и пошел по направлению ко мне, так как рядом было два свободных места. Справился, не занято ли и сел рядом со мной. Из-под старой шляпы выглядывали пряди седых волос. Он повернулся ко мне, и я поймала его взгляд очень живых, бездонно-голубых глаз. Он заговорил хорошо поставленной речью, очень отличавшейся от местной. Вначале он спросил, куда я лечу, потом про мои банки с консервами, что стояли под стулом, а затем посетовал, что опоздал на рейс, который был задержан в Сыктывкаре по техническим причинам до 17:00, но почему-то улетел раньше, не дождавшись его. Мой рейс тоже отложили на час, и нам вместе пришлось коротать время. Собеседник представился Георгием Александровичем Черновым. Я от неожиданности опешила: рядом со мной сидел не просто ученый, а очень известный геолог в СССР, но его простота меня покорила. Я ответила, что живу на его улице... «Вы живёте на улице моего отца», — поправил меня Георгий Александрович. Он очень обрадовался и расположился ко мне, когда узнал, что я читала его книгу «Полвека...». Затем открыл свой таинственный дипломат, и в его огромных натруженных ладонях появилась книжка В. Канторовича «Большая Печора» 1932 года, раритет о Печорском крае. «Вот, почитайте главу “Командир над бабами”», — сказал Чернов и положил мне её на колени. Канторович рассказывал о молодом Юрии (Георгии) Чернове как первооткрывателе воркутинской кочегарки. «Вот, везу музейщикам показать, ведь 13 лет, до 1943 года, никогда не упоминалось имя В. Я. Попова как первооткрывателя Печорского угольного бассейна». Я была потрясена, что на руднике был возведен шпиль в честь В. Я. Попова. «И какое страшное испытание выпало Георгию Александровичу», — подумала я. Слёзы подступали к горлу. Разбередила я тогда Георгия Александровича своими вопросами старые раны перед событием, на которое он летел как главный виновник этих

торжеств — пятидесятилетием основания Печорского угольного бассейна. Помню, что тогда мы очень увлеклись воспоминаниями и чуть не прошляпили посадку. В самолете Георгий Александрович упростил стюардессу, чтобы меня посадили рядом с ним. Мы сидели в первом ряду у штурманской кабинки, закрывшись пледами, и Георгий Александрович рассказал мне о совсем свежем палеонтологическом открытии, сделанном им на мысе Лудоватом в Чешской губе, где он обнаружил огромную, 600-килограммовую загадочную плиту, которую никто из геологов не хотел брать на борт вертолёта. Когда он сказал, что останется здесь зимовать вместе с плитой, ошарашенный Михаил Александрович Данилов, руководитель экспедиции, был вынужден погрузить и плиту, и Георгия Александровича! Каково же было удивление московского палеонтолога А. Л. Юриной, когда в плите обнаружили отпечаток первого дерева на Земле, появившегося в девонском периоде ещё задолго до динозавров! Это открытие Чернова тогда облетело всё мировое сообщество ученых. Глаза Георгия Александровича просто сияли от счастья, когда он рассказывал мне о своей летней находке на побережье Баренцева моря. «Вот она! Такая редкая и единственная в своём роде — Лудоватия Необыкновенная!» — говорил он, показывая мне её снимок. Одна часть плиты хранится в Архангельском краеведческом музее, а другая — в МГУ. До сих пор молодые аспиранты изучают по ней пыльцу, пишут кандидатские диссертации, как сообщила мне Юрина в 2016 году.

А вторым, не менее важным и радостным событием в жизни геолога был его переезд из коммуналки в отдельную квартирку совсем нового района Москвы — Марьино. Он так заманчиво рассказывал о своих хоромах на 11 этаже, с комнатами, выходящими на все стороны света, где он встречается рассветы и закаты, что я охотно приняла его приглашение побывать в гостях. Мы болтали с ним без умолку, как будто знали друг друга тысячу лет, я постоянно ловила себя на мысли, что рядом со мной сидит не убеленный сединой ученый, а юноша с горящими глазами и планами на триста лет! Через два с половиной часа мы приземлились на воркутинскую землю. После посадки в аэропорту мы ждали встречающих, но так и не дождались, и тогда я скромно предложила ему добраться вместе до новенькой гостиницы «Воркута». Мы вышли на завьюженную улицу, такси не оказалось, и мы направились к автобусной остановке. От мороза у Георгия Александровича свело палец, придерживающий крышку дипломата, он внезапно раскрылся, от сильного ветра документы вихрем понеслись по заснеженной улице, я бросилась собирать листочки записей Георгия Александровича. Вот с такими небольшими приключениями мы наконец-то добрались до гостиницы. Толстые линзы очков были залеплены снегом, и Георгий Александрович с трудом поднялся по лестнице. К счастью, номер на первооткрывателя был забронирован, я помогла оформить ему документы на заселение. Было уже поздно. Я от души поблагодарила Георгия Александровича за такую чудесную встречу в моей жизни и поспешила к себе в общежитие, к девочкам, рассказать о настоящей живой легенде Печорского края. Я сияла от счастья. Но вдруг Георгий Александрович окликнул меня у парадного входа, вытащил из дипло-



В поисках стоянок древнего человека, 1983 г.
Л. Н. Чернова и Ю. В. Головенко (из личного архива)

In search of sites of ancient people, 1983,
L. N. Chernova and Yu. V. Golovenko
(from the personal archive)

мата «Большую Печору» и дал мне её почитать на три дня, попросив взамен мой домашний телефон. Наша сделка состоялась! За несколько дней пребывания в Воркуте он познакомил меня с самыми интересными людьми «столицы мира» и даже угостил пивком с сёмужкой собственного улова на реке Кумушке и засола. Через пять дней он уехал и началась переписка, потому что домашнего телефона у Георгия Александровича еще не было в его новой квартире. Он обращался ко мне с разными просьбами, которые я с удовольствием выполняла. И была очень горда тем, что у меня появился такой друг. Георгий Александрович очень мечтал о нашей встрече в Москве, но заехать к нему я смогла только через год, когда ехала по путевке отдыхать в Болгарию. Он встретил меня на Ярославском вокзале на своём стареньком «запорожце» жёлтого цвета, мы ехали по Садовому кольцу, через Таганку, я прилипла к окну, разглядывая очень красивые здания. Для меня это была какая-то сказка! Мы поднялись на лифте на 11 этаж. Это была квартира настоящего ученого. На подоконниках и в шкафах «жили» палеонтологические окаменелости: аммониты, брахиоподы и разные редкие геологические образцы, на стенах висели ножевидные охотничьи пластинки, наконечники стрел из кремния, плакаты, карты и экспедиционные снимки, под диваном лежали чугунные сковородки с алмазной пылью в банках, предназначенной для шлифовки агатов. В обеих комнатах и коридоре стояли старинные книжные шкафы, набитые книгами и отчетами. А в маленькой спальне с лоджией, выходящей во двор, в изголовье хозяйской тахты примостился снотворный приемник «Телефункин». Справа у стенки стоял на

ножках черно-белый телевизор «Темп», каналы которого Георгий Александрович переключал пассатижами. Рядом с гардеробчиком 50-х годов, на маленьком столике первый советский магнитофон «Днепр» играл «Прощальную» песню в исполнении Лолиты Торесс из нашумевшего фильма 50-х «Возраст любви». Огромный дубовый старинный стол у окна был завален археологическими таблицами, картами, мелкими рисунками к рукописи «Атласа археологических памятников Большеземельской тундры». К нему лучше было не подходить, чтоб не сдуть мелкие детали рисунков к разным северным рекам.

Георгий Александрович встретил меня своим фирменным грибным супом, блинами с икрой, свиными отбивными и черновской наливочкой на вишне. Готовил Георгий Александрович очень вкусно и с душой. В жарке мяса ему не было равных. Вспоминаю, какие у него были вкусные цыплята, обжаренные в маленьком котелке на вологодском сливочном масле, маринованные в чесночном соусе. Я многому у него научилась, и готовить тоже. Георгий Александрович хорошо меня чувствовал и знал всегда, чем меня удивить. Через моих друзей он всегда узнавал, что я люблю читать и какую предпочитаю еду. Помню, как я, работая в профсоюзе, помогала формировать детские подарки к Новому году. Конфет в Воркуте почти не было, и Георгий Александрович, не спрашивая, высылал мне наборы шоколадных ассорти, изюм и зефир в шоколаде для детских подарков. Днем мы поехали в Ферсмановский музей, где работал его знакомый профессор. Я попала в малахитовую шкатулку сказок Бажова и влюбилась в этот музей сразу и навсегда, сейчас я бываю там с нашей внучкой Ренатой. А на следующий день моего пребывания в Москве Георгий Александрович купил билеты в Кремлевский дворец на «Чио-Чио-Сан». У нас была очень насыщенная программа на два дня. Я с такой уезжала в Болгарию. Георгий Александрович намекал, что я давно бы могла переехать в Москву, но я как-то не решалась на такой серьёзный поступок. На это была причина. Мои близкие родственники, особенно моя любимая бабушка, были категорически против всяких отношений с Георгием Александровичем, который был старше бабушки на три года. Бабушка хорошо знала жизнь и считала, что путёвые мужчины из семьи не уходят, да и большая разница в возрасте — 52 года — тоже мне ничего хорошего не сулила. В общем, дома у меня была засада! Родственники объявили мне бойкот, поэтому я старалась их не дразнить, ничего не рассказывая о наших отношениях с Черновым. Георгий Александрович это очень чувствовал, переживал и, чтобы переубедить моих близких, решил даже поехать в Тотьму. Но поездка пока была не ко времени, я просто положила на судьбу.

Главной моей мечтой тогда было попасть с Георгием Александровичем в поле, а лучше в археологическую экспедицию. Но в жизни скоро сказка сказывается, да не скоро дело делается. У нас было много переговоров и планов на лето 1983 года, но вот я получаю очередное письмо из Москвы, где Георгий Александрович мне пишет:

Милая Люба!

Я так всё же надеялся, что ты приедешь хоть на два дня в Москву. Но мои желания стали не исполняться. Я хорошо помню прошлый приезд в августе в Воркуту,



для поездки на Полярный Урал, а главное — увидеть тебя. Тогда всё исполнилось, кроме совместного путешествия с тобой. Как ты тогда рвалась в поле, а я проклинал судьбу, что ничего не мог сделать для этого. Меня ткнули в чужую экспедицию, где я не был «хозяином» положения. Твоё желание мы перенесли на это лето. Я всё теперь сделал для того, чтобы быть вместе в поле. Поверь мне, это было сделать не просто, но благодаря хорошему отношению ко мне академика Рыбакова и его заместителя Захорука мне выделили 2000 рублей для самостоятельной поездки в тундру. Неужели теперь мне не повезет и я снова останусь один, без тебя? Милая Люба, я так мечтал показать тебе всю прелесть путешествий которое останется незабываемым у тебя на всю жизнь. О таком туристическом маршруте мечтает каждый... где забываешь обо всём на свете: о городской сутолоке, обидях... Пойми меня, милая, я специально выбрал район для тебя лёгким, не утомительным и увлекательным. Разве трудно будет на двух резиновых лодках вчетвером спускаться вниз по речкам? «Работа» будет заключаться — сидя на лодке, иногда подправлять одним веслом, чтобы не наехать на мель или камень. Ночёвки будем делать там, где нам понравится, выбирать удобные места для палаток. Из Нарьян-Мара нас вертолётном забросят в верховья Шапкиной, затем мы спустимся на лодках до среднего течения реки, где узкий водораздел с рекой Лаей. Сюда прилетит вновь вертолёт и перебросит нас в верховья Лаи, и мы снова начнем спускаться на лодках вниз по реке до её самого устья, где она впадает в среднее течение Печоры. А отсюда поднимемся на «ракете» до г. Печора, а затем кто в Воркуту, кто в Москву, а кто и в Архангельск. Путешествие займёт 1.5 или 2 месяца. Могу зачислить лаборантом со ставкой, к сожалению, 70 рублей, плюс 150 % полевых, то есть 105 рублей, итого 175 рублей, дорога оплачивается. Конечно, деньги небольшие, но они позволяют сохранить все твои отпускные сбережения... Очень прошу, тебя ответить мне побыстрее. Ведь эта экспедиция, хоть и маленькая, но к ней нужно подготовиться как следует, если ты последуешь мудрому совету — ехать не на юг, а в путешествие, то оно будет для тебя незабываемым. Целую тебя по-прежнему. Выезд можно наметить на середину июля, как начинается твой длинный отпуск. 9 июня, 1983 года».

Письмо Г. А. было всё пропитано отцовской заботой и любовью, а я прыгала от радости, даже не верилось, что буду сплавать по северным рекам, как раньше в детстве на плотках по Сухоне. И даже предложила взять в нашу компанию мою двоюродную сестру Ольгу из Архангельска. Моя проблема с отдыхом в Крыму как-то быстро решилась, я отказалась от этой затеи в пользу Большеземельской тундры. 22 июня 1983 года нашу экспедицию в Институте археологии утвердили сроком на два летних месяца, поэтому к месту работ нужно было поторопиться к первым числам июля. Георгий Александрович, беспокоясь, писал «Умоляю тебя, постарайся передвинуть свой отпуск на начало июля, тебя на работе ценят и уважают, объясни ситуацию, я очень переживаю, столько добивался у АН, чтоб выделили средства на поездку в тундру, а тебя не будет». Отпуск мне передвинули. Я успела купить билет только до Печоры, а до Нарьян-Мара, можно сказать, добиралась на перекладных. Приехав в Печору вечером, я переночевала у однокурсницы по

Ленинградскому институту связи, Нади. Утром она проводила меня до пристани, где я села на «ракету» и со спокойной душой прокатилась по красавице-Печоре до Щельяюра, где нас высадили на дебаркадер, а потом заселили в гостиницу на пристани переночевать... Вечером я вышла на крутой берег Печоры, чтобы размяться, и увидела бревенчатую избушку с названием «промтовары». Зашла туда без всякой цели и обнаружила на прилавке сельмага просто обалденные югославские «черевички» из красной сафьяновой кожи, на высоком каблучке и с цветочной перфорацией на носках. А рядом стояли просто улётные женские, тоже югославские полусапожки!! Я купила обе пары. В те времена всеобщего дефицита эти две пары обуви были просто волшебным подарком мне от Щельяюра, и этот речной порт на Печоре я запомнила на всю жизнь... Рано утром уже на теплоходе «Заря» мы отправились в Нарьян-Мар, и я просто впиалась в окна, наблюдая за берегами и рекой. Дельта Печоры просто потрясла меня своей необъятной шириной. В Нарьян-Маре из погранзоны меня долго не выпускали, и Георгий Александрович куда-то всё время бегал и оформлял какие-то бумаги. Мы встретились как родные, обнялись и поехали на такси в посёлок Искателей, где заселились члены нашей экспедиции. В составе экспедиции были главный озеленитель города Архангельска — Михаил Александрович Амплеев — и его друг из Нарьян-Мара Олег Васильевич Синцов — охотник и рыбак. Как потом выяснилось в разговоре, Миша Амплеев был внебрачным сыном Георгия Александровича, родился в тяжелое послевоенное время, его мать Лида долго держала в тайне от сына эту историю. Но, будучи взрослым, Миша разыскал всё-таки своего отца. Получается, что наша экспедиция была семейным подрядом!

Ребята накормили нас в гостинице малосольной нельмой и напоили вкусным чаем. Гостиница в Искателях представляла собой деревянный восьмик-



Вторая стоянка на р. Шапкиной. Слева направо: Олег Синцов, Г. А. Чернов, Л. Н. Чернова, 1983 г.

(из личного архива)

The second station at the Shapkina River. From left to right: Oleg Sintsov, G. A. Chernov, L. N. Chernov, 1983 (from the personal archive)



Истоки р. Шапкиной. Члены экспедиции: Михаил Амплеев (слева), Олег Синцов, 1983 (из личного архива)

Headwaters of the Shapkina River. Expedition members: Mikhail Ampleev (left), Oleg Sintsov, 1983 (from personal archive)

вартирный типовой дом, в таком когда-то я жила в Тотье. Нам было выделено две огромные комнаты под снаряжение, с обычными кроватями и тумбочками. Удобства были в коридоре. Комаров в Нарьян-Маре было видимо-невидимо, поэтому Георгий Александрович над моей кроватью повесил полог. Я бродила по деревянному городу с деревянными тротуарами, где была очень красивая деревянная почта и пахло рыбой. Георгий Александрович всё время отлучался, ходил по конторам и решал самый главный вопрос с вертолётами, которые должны были забросить нас на озёра в верховья реки Шапкиной, откуда мы должны были сплавляться на двух резиновых лодках до её среднего течения (что-то около 200 км). Но вертолёт Ми-6 мы ждали около недели. У нас было много багажа, и сначала, погрузив все свои пожитки на Ми-8, мы просто не взлетели с вертолётной площадки поселка Искателей. Наш шеф приказал нам перетрясти весь багаж и не брать ничего лишнего. Мы начали ревизию багажа, отказались почти от всех консервных банок, каких-то лишних брезентов, верёвок. В одном из саквояжей Георгия Александровича я обнаружила большую упаковку презервативов с датой изготовления времён холодной войны и я подумала: зачем они нужны, просроченные, Георгию Александровичу? Они, конечно, были нетяжелые, но я решила их тоже выбросить вместе со старыми верёвками... Утром в номере переполох, Георгий Александрович, что-то усиленно ищет. А потом Миша вдруг случайно меня спрашивает, не попадались ли мне на глаза презервативы? Я испугалась и побежала искать их в мусоре... Слава богу, они оказались наверху мусорного ящика, я принесла их шефу, чем подняла ему настроение. Оказалось, в экспедицию их берут для хранения образцов от разной непогоды, вот так я узнала еще об одном их применении.

Ура! 21 июля нам сообщили, чтобы мы готовились к посадке на Ми-6! Это был очень солнечный и ветреный день. Мы быстро всё загрузили с вертолётной пло-

щадки, которая, кстати, была рядом с нашим общежитием. С нами летела тётя Оля — повариха с 24-й буровой — и два механика. Запомнилось почему-то, что по полу вертолета катались копченые ребра, оленья нога, борщи в консервных банках, сгущенка и хлеб. Мы сделали на буровой посадку, помогли тёте Оле выгрузить все продукты и распрощались на две недели. Через несколько минут мы кружили уже над истоками реки Шапкиной. Вертолёт сделал прощальный виток, а мы начали перетаскивать свои пожитки к нашей «Шляпкиной», которая больше напоминала маленький ручеёк. Стояла невыносимая жара, плюс 30! Олег с Мишей в поту распаковывали и накачивали лодки, Георгий Александрович разжигал костёр, а я занялась обедом. Олег нашел мне очень удобную скамеечку, сколотил стол, на котором я чистила картошку для борща. На берегу я обнаружила заросли дикого лука и щавеля, и на обеде мы наслаждались первой зеленью тундры. В Тотье мы все очень любим ранний толченый лук со сметаной, но этот у меня получился просто божественный, правда, заправленный майонезом. Через два часа на столе стоял полноценный обед: салат оливье, борщ из щавеля, толченый лук и слабосоленая нельма от Олега. Георгий Александрович вытащил из рюкзака бутылку шампанского, коробку конфет «Русское поле», и мы под шум вылетающей пробки спустили нашу флотилию на воду! Так начался наш первый трудный день в поле.

Место для палаток выбирал сам Георгий Александрович. Чтобы я не мёрзла в тундре, он взял спальник из гагачьего пуха, который шила его первая жена, Тамара Николаевна. Георгий Александрович всегда всё продумывал до мелочей, начиная с турки для варки кофе и кончая его любимым шоколадом «Золотой ярлык». В нашей хозяйственной сумке я нашла всё для комфорта в походных условиях, и маленькую сковородку для выпечки блинов, сухой спирт, два термоса — маленький и большой, несколько решёток с яйцами, 10 кг сливочного масла, муку, овощные и фруктовые кон-



сервы и даже любимое вишневое варенье. Мы все были в экспедиции как у Христа за пазухой. Правда, больше всего досталось в этой экспедиции нашему шефу. Мне даже сейчас трудно представить, как в 77 лет буквально за десять дней до отъезда ему удалось на всех членов экспедиции подобрать всю экипировку, начиная со спальников, фуфаяк, полевых костюмов, плащей и кончая палатками, лодками, вёслами и посудой с сухими пайками! А потом всё это добро перевезти на своём «лапте» из одного конца Москвы в другой без помощников и сдать в багажное отделение Ярославского вокзала. Конечно, тогда я не могла оценить весь этот титанический труд по организации экспедиции в Заполярье. Георгий Александрович был настоящим мотором и изменял вокруг себя не только людей, но и всё пространство и время. Не помню, чтобы он когда-нибудь ныл, несмотря на то, что многие в его возрасте давно уже занимали созерцательное положение...

Утром Георгий Александрович приготовил яишницу и кофе! Позавтракав, мы спустили наши лодки на воду. Я залезла на нашу оранжевую красавицу с парусом, которая по инструкции выдерживала вес до 400 кг, и спокойно поплыла с грузом по течению совсем небольшой речушки «Шляпкиной». Лодку несло как пёрышко, я только иногда подправляла её веслом, чтоб не наткнуться на камни. Река Шапкина — единственная река в Большеземельской тундре, которая протекает в широтном направлении и в моренных суглинках. Для Георгия Александровича, как он заявил, она была скучноватой. Свою огромную лодку, похожую на торпеду, ребята в перемену тащили бечевою. Георгий Александрович с молотком исследовал все песчаные яреи на речных террасах берегов. Иногда он просил меня осматривать непройденные участки реки или террасы впадающих ручьёв, я с удовольствием соглашалась, но, когда теряла его из виду, у меня начиналась паника. Только в тундре я поняла, что совершенно не ориентируюсь на местности, часто старицу или озерко я принимала за русло реки. Вроде как к реке вышла, а кругом ни души и своих на лодках не видать, идёшь обратно по болотине, проваливаешься по колено или по пояс и плачешь от собственного бессилия. Поэтому я всегда восхищалась Георгием Александровичем: он, как олень, поднимался на любую сопку и по любой болотине легко шагал. И в такие трудные экспедиционные моменты я понимала, что если выйду замуж за Георгия Александровича, то рядом с ним уж точно не пропаду.

В день мы проходили примерно 15—20 км. Река протекает в моренных суглинках, её долина плохо развита, хорошие террасы отсутствуют. Это очень затрудняло нашу разведку археологических памятников. Кроме того, стояла невероятная жара, я не знала, как сохранить сливочное масло в трёхлитровых банках, ледников уже не было, а вода в Шапкиной была очень теплой. Я купалась каждый день перед сном. Георгий Александрович никогда при мне не купался и даже признался, что никогда не умел плавать, поэтому и не утонул. А меня называл уткой. Очень тяжело было ходить в плотной куртке и брюках, я решила как-то в палатке полностью намазать себя мазью «Дэта», похожей на майонез, очень противной. Надела купальник и налегке пошла по заданию вдоль кромки берега. Вокруг меня роилось огромное жужжащее серое обла-



«Подножный» корм. Л. Н. Чернова, О. Синцов — рыбак и охотник из Нарьян-Мара, 1983 (из личного архива)

Free meals. L. N. Chernova, O. Sintsov — fisherman and hunter from Naryan-Mar, 1983 (from personal archive)

ко мошкеры и комаров, на повороте реки я увидела человека в плащ-палатке, в броднях, из-под капюшона сверкали только щелки глаз. Буровик с удочкой стоял посредине Шапкиной и ловил хариусов. Я поздоровалась, но увидев «русалку», вышедшую из-за кустов, он просто оцепенел. А я пошла дальше по своему маршруту. На следующий день новость облетела весь округ: в экспедиции Чернова — «чумачедчая»!

Через сутки похолодало, пошли проливные дожди и мы сплавлялись на лодках под проливными дождями. Плащи нас не спасали, на сушку одежды иногда уходило по два дня. В эти дни Олег баловал нас гусятиной. Мы обмазывали гуся глиной, внутри забивали морошкой и закапывали в угли костра. Это было очень вкусно, да и перья оставались в глине. От истока реки Шапкиной мы прошли около 90 км, так и не встретив ни одного пункта стоянки древнего человека. Миша и Олег умудрились порвать о камни днище своей лодки. В отличие от нашей, её грузоподъёмность была 600 кг, и она частенько садилась на дно от тяжести. Изначально Г. А. предложил эту лодку обернуть брезентом, но не был услышан. Хорошо, что были в запасе кусочки резины и клей, Олег наклеивал заплатки, зачищал их, а потом лодка сутки сохла. На дне этой пораненной лодки лежали соль, баул с моими вещами и запасной обувью. Всё намочило и пропиталось крепким соляным раствором. Мои обалденные югославские полусапожки покрылись белым налетом соли, бархатное темно-синее платье и красные туфли на высоких каблуках мне удалось реанимировать. Георгий Александрович, как всегда, юморил, что не было в его практике ещё случая, чтоб девушки носили в рюкзаках вечерние туалеты! Правда, когда я собирала вещи в Воркуте почему-то надеялась на поход в кино или в театр в Нарьян-Маре.

Пока Олег второй раз ремонтировал лодку, а я готовила обед, Георгий Александрович с сыном отправились на разведку в устье Юнкою, на самую высокую точку правого берега реки. По его мнению, это было очень удобное и красивое место для поселений. Георгий Александрович, как всегда, не ошибся в своих предположениях. Буквально в 100 метрах от старицы Юнкою, на четвертой 12-метровой террасе, между старицей и



Л. Н. Чернова. Сбор кремниевых осколков ножевидных пластинок, 1983 г. (личного архива)

L. N. Chernova. Collection of silicon fragments of knife-shaped plates, 1983 (personal archive)

Шапкиной, на сильно задернованных песках Миша Амплеев обнаружил два фрагмента глиняного сосуда. Один из них был с ямочно-гребенчатым орнаментом, другой обычный. По фрагменту сосуда можно было сказать, что он имел сильно утолщенный венчик и достигал 30 см в диаметре. Ямки на фрагменте были сделаны закругленным концом палочки и располагались в один ряд под венчиком. А шестизубой гребенкой были нанесены наискось насечки в два ряда: под венчиком и поверх венчика. Вот такую красоту, сделанную женскими руками, я держала в руках, потом завернула в мягкую тряпочку, положила в коробку и подписала все данные, а место стоянки, находящееся в 95 км от истоков Шапкиной, отметили с Г. А. на карте. Мы все очень радовались этой первой потрясающей находке, которая нас очень воодушевила на новые поиски. И буквально на следующий день Георгий Александрович обнаружил на поверхности песка и гальки еще 30 мелких кремневых отщепов и два крупных, примерно в километре от первого, но только на левом берегу реки Шапкиной, где высокий берег образовал узкий, вытянутый к реке гребень. Один из отщепов был плоской формы, из бело-розового кремня, с мелкой ретушью, а второй — более массивный, из серого кремня. Третья стоянка была обнаружена на правом берегу р. Шапкиной, несколько ниже впадающего в нее ручья Юнвиса, где на 15-метровой террасе было найдено 19 кремневых отщепов и две ножевидные пластинки. И 4-й, последний, пункт стоянки тоже находился на правом берегу Шапкиной, в 3 км ниже устья Белугавис. Здесь на песчаных яреях мною было собрано 65 мелких кремневых отщепов и чешуек, три ножевидные пластинки и один крупный отщеп. Георгий Александрович сделал фото, где я собираю первые в своей жизни отщепы. Так на протяжении всего нашего маршрута в 120 км мы обнаружили только четыре местонахождения стоянок. Заплатки, поставленные Олегом на днище, не спасли лодку, вода быстро набиралась и затрудняла продвижение вперед. Мы с большим трудом спустились до маленького нефтеперегонного заводика, где можно было как-то привести себя в порядок и помыться в небольшой душевой кабине. Я стояла под обычной кон-

сервной банкой, из которой через дырки, пробитые гвоздём, лились струйки теплой воды, и радовалась тому, что пользуюсь впервые в походных условиях какими-никакими, но всё-таки привычными для нас городскими удобствами.

На нефтеперегонном заводике Г. А. принял решение вернуться в Нарья-Мар. Продвижение на 100 км вниз по реке, да ещё на одной лодке, уже не имело смысла. Река оказалась почти безрыбная и малоинтересная для проживания людей. Георгий Александрович пошёл к началу пути на нефтеперегонный заводик с просьбой, чтобы нас перебросили в Нарьян-Мар. А Мишу Амплеева срочно вызвали в Архангельск на работу по важным делам, Олег тоже не видел смысла в нашей научной экспедиции, его главной целью было порыбачить и поохотиться, но река, как я уже писала, была безрыбная, да и с охотой не шибко. Наша команда распалась. Нас перебросили в Нарьян-Мар с остановкой на 24-й буровой, где тётя Оля накормила нас чудесным борщом и макаронами по-флотски.

Мы остались вдвоём в гостинице Искателей, немножко огорченные тем, что нам не удалось попасть на запланированную реку Лаю. Мы разбирали вещи и готовились к новым маршрутам в окрестностях Нарьян-Мара. На следующий день нас разыскал в Искателях местный радио-журналист Виктор Федорович Толкачев. Небольшого роста, очень живой и весёлый, он зашел к нам с гитарой и подарил нам такую атмосферу радости, что мы сразу забыли про все наши неудачи. Все его песни были посвящены Нарьян-Мару, их сочинил бывший его житель Александр Комлев. В них была такая ностальгия по родному городу, что я сразу влюбилась в Нарьян-Мар, «где не растут каштаны и не цветут сады», а Георгий Александрович — в строчку «тебя я встретил, потерял покой». Мы просили Виктора исполнить её вновь и вновь, пока не запомнили слова этой песни. Виктор Федорович пригласил нас в свой дом для интервью местной газете «Нарьяна Вындер». На пороге деревянного дома нас встретил сам хозяин и его супруга с лучистыми голубыми глазами, в любви которой мы сразу растворились. Она представилась нам Ларисой Борисовной, или просто Лялей. Усадив нас за стол в большой комнате, где сидел их десятилетний сын Федя, начала потчевать северными разносолами: малосольной зельдью с кинзой из собственного огорода, моченой моршшкой и пирогами. На стенах комнаты были чудесные акварели самого хозяина дома и фотографии Ляли в северных костюмах. Георгий Александрович беседовал с Виктором Федоровичем, который успевал записывать материалы еще и для «Правды Севера», а тем временем его сын Федя нам принёс старый букварь с советским мифом об охотнике, который нашёл горюч-камень и послал его дедушке Ленину. «Какой внимательный и вдумчивый мальчик», — подумала я. Лариса Борисовна оказалась ещё и нашей соседкой в Москве. Она была родом из Люберец, это ближайший подмосковный городок к району Марьино, и училась на истфаке у профессора Лашука в МГУ, которого очень хорошо знал Г. А., как тесен мир! И вот благодаря зимовке с мужем на Колгуеве она волею судьбы попала в Нарьян-Мар. В доме было тепло и уютно, особенно после долгого похода по Шапкиной. Так мы подружились с семьёй Толкачевых на долгие годы.



Л. Н. Чернова. Привал на боковом маршруте, 1983 г. (личный архив семьи)

L. N. Chernova. Rest on a side route, 1983 (personal archive of the family)

На следующий день Георгий Александрович наметил маршрут по окрестностям Нарьян-Мара. Это были чудесные прогулки по песчаным дюнам в дельте Печоры и редкому мелколесью. Корявые карельские берёзки стояли как фонтанчики или стелились ползучими змеями. Мы исследовали все песчаные яреи, потом находили красивые места у останцов, доставали термос с горячим чаем, вкусную копченую зубатку, нельму или сига местного рыбного заводика и пили чай с бутербродами. Однажды в нескольких километрах от города мы обнаружили посёлок геофизиков Дюны. Их домики-балки были почти все закрыты, но, через несколько метров от посёлка нам навстречу попался человек — главный геофизик этого посёлка. Он представился нам Юрием Васильевичем Головенко, сказал, что закончил Ленинградский горный институт. Он был очень рад встрече с Георгием Александровичем, так как знал его заочно по работам во ВНИГРИ и пользовался его монографиями при написании диссертации. Он признался Г. А., что всегда считал его светилом в мировой геологии, идущим на борьбу за правду в науке как на сечу. Головенко поинтересовался, какими судьбами занесло сюда Г. А., и был удивлён, что осталось два «белых пятна» в его археологических изысканиях по Большеземельской тундре — Шапкина и Халмерью.

«Да что Вы, Георгий Александрович! Мы живём здесь больше 15 лет, какие тут стоянки древнего человека? Мы бы давно их обнаружили...» Георгий Александрович наклонился и поднял из мха серый кремневый наконечник стрелы! Юрий Васильевич просто онемел! И даже не поверил, сказал что этот наконечник был в кармане Г. А. Но тут и я увидела совсем рядом лежащий рыженький кремнёвый скребочек. У Головенко загорелись глаза, и он тут же решил ехать с нами обследовать Халмерью. У Юрия Васильевича начинался отпуск, часть которого он решил провести с нами, а заодно и поохотиться, и рыбку половить. Он помог нам выбраться из посёлка Искателей, выделив машину для лодки, палаток и разной другой амуниции. Нас привезли на грузовичке в посёлок Дюны, а

далее вездеходом его сотрудники подбросили нас до реки Халмерью. И как-то всё у нас тогда сложилось очень ладненько. Георгий Александрович притягивал таких же людей, как и он сам.

Далее нашу археологическую разведку мы продолжили уже втроём: Георгий Александрович, я и Юрий Васильевич Головенко. Он отлично знал эти места и готовил себя к более сложным исследованиям в Антарктиде. Вторая часть нашей экспедиции проходила в более комфортных условиях и более живописных местах тундры. Это были правый приток Куи, река Халмерью и отрезок самой Куи до посёлка Харитоново. Нам очень повезло с Юрием Васильевичем: всю очень тяжелую работу по подъёму лодки, установке палаток он взял на себя. Наша поездка больше напоминала курортное путешествие. Мы плыли по красивейшим полноводным рекам с выработанными песчаными террасами, где было очень много грибов и ягод, особенно красной смородины и брусники. Как говорил Г. А., здесь эоловые процессы были развиты значительно лучше, чем на реке Шапкиной, и поэтому были более пригодны для жизни человека. На реке Халмерью и её притоке, реке Северной, на возвышенности Чунседа мы обнаружили 11 местонахождений стоянок, а на реке Куе — 4. Итого нашей группой было зафиксировано на реках Шапкиной, Халмерью, Северной и Куе 19 точек временных мезолитических стоянок или сезонных стойбищ древних охотников. Не исключено, что в зимний период охотники мигрировали в более южные лесные зоны. Я не буду описывать стоянки, это прекрасно сделал Георгий Александрович Чернов в научной статье «Новые данные о древнейшем заселении Большеземельской тундры», вышедшей к его столетию в Архангельске, в пятом томе «Поморской энциклопедии». Эта статья пролежала вначале 13 лет в издательстве «Наука», а потом еще 10 лет дома в перестроечные времена. Надо сказать, что из 325 стоянок, разведанных Черновым в Большеземельской тундре, только три являются долговременными поселениями: стоянка 5 на реке Адзьве, Усть-Хейягинское поселение и стоянка на реке Море-ю (Хейбида-Пэдарское жерт-

венное место), все остальные являются временными сезонными стойбищами.

К осени 1983 года Георгий Александрович практически закончил работу над «Атласом археологических памятников Большеземельской тундры», успев включить в него последние данные нашей летней археологической разведки. В атласе он обобщал все свои сороколетние труды по археологии Большеземельской тундры. Это был очень трудоёмкий и уникальный в мировой практике опыт, когда столь большая по содержанию и значению археологическая работа была выполнена практически без привлечения дополнительных средств от государства. Институт археологии АН СССР в лице академика Бориса Александровича Рыбакова высоко оценил многолетний подвижнический труд геолога Чернова, утвердив к печати «Атлас археологических памятников в Большеземельской тундре». Атлас содержит описание 325 стоянок древнего человека, характеристику археологических находок и карты, показывающие распространение по тундре различных предметов труда, быта и культуры первых поселенцев обширной территории, превышающей 160 тысяч квадратных километров.

Послесловие

Мы вылетели из Нарьян-Мара в первых числах сентября, когда задули сильные ветры и появились первые заморозки. Самолёт сделал посадку в Печоре, но, к сожалению, наш багаж по ошибке остался в Нарьян-Маре. Мы вынуждены были снять номера в гостинице «Печора» и ждать багаж, чтобы потом сдать его на железную дорогу. Я перенервничала, да еще, видимо, от тяжести у меня разболелась поясница — два дня я лежала в номере, Георгий Александрович ухаживал за мной. К нашему счастью, на третий день багаж прибыл в Печору, мы успели его оформить в Москву. Из Печоры я возвращалась в свою любимую Воркуту, а Георгий Александрович — в Москву. Мы оба чувствовали какую-то необъяснимую тоску. Приехав в Воркуту, я узнала, что наш узел связи готовился к важному событию — 40-летию города. Мы готовили концерт, писали сценарий, я окунулась в бурную воркутинскую жизнь. В октябре Георгий Александрович получает приглашение на юбилей города. Я была очень рада его приезду. Помню утро 24 ноября, я пришла с работы после ночной смены, уставшая. Георгий Александрович уже ждал меня у дверей моей комнаты на Чернова, 3. Тоже уставший с дороги, он не знал, как начать разговор, мямл в руках свою шапку из пыжика, говорил о возрасте, что не так много ему осталось и хотелось бы как-то определиться в личной жизни, а потом вдруг предложил мне пойти в Воркутинский ЗАГС, подать заявление. Я в растерянности не знала, что ему ответить. Опережая мой ответ, он заверил, что у меня ещё есть время всё серьёзно обдумать за два месяца, а у него нет, он улетает через три дня... Мы договорились в 16:00 встретиться в ЗАГСе. Зашли, милая дама в очках дала нам бланки, я заполнила их по всем правилам. Георгий Александрович подходит к даме и спрашивает: «Жених из Москвы, невеста из Воркуты, скажите, пожалуйста, когда Вы назначите нам срок регистрации?» Она приняла бланки, прочитала и с улыбкой на лице произнесла: «Дорогой наш человек, Георгий



Большеземельская тундра впервые встретила своего исследователя таким буйным цветением ромашек. Река Шапкина, 1983 г. (из личного архива)

The Bolshezemelskaya tundra first met its explorer with such an exuberant flowering of daisies. Shapkina River, 1983 (from personal archive)

Александрович, первооткрыватель Воркуты! Да разве я позволю Вам в Вашем возрасте ждать, да ещё мотаться из Москвы и обратно? Мы сейчас вас и зарегистрируем, а свидетелем будет сам председатель исполкома Николай Николаевич Морозов! Я сейчас ему позволю...». Вот, бывает в жизни и так! Видимо, сама небесная канцелярия вмешалась в наши дела! Так тихо, спокойно, без лишней суеты, пересудов родственников и знакомых мы стали мужем и женой! Как мечталось мне. Колец у нас не было! Правда, тогда государство выделяло по 100 рублей на обручальное кольцо, я купила себе золотое обручальное колечко, а Георгию Александровичу компенсация не полагалась, потому что он был женат третий раз. Мы пошли в гостиницу пить шампанское, в ресторане «Воркута» нас поздравляло всё приехавшее на юбилей начальство. Прошёл год, и в декабре 1984 года у нас появилась малышка Евгения, названная в честь матушки Георгия Александровича. Мы были маленькой дружной семьей почти 28 лет, а Георгий Александрович самым счастливым отцом на свете! К сожалению, Георгий Александрович не дожил до рождения внуков, Ренаточки и Георгия, которые очень похожи на деда. Я благодарю каждый день судьбу за всё и за ту экспедицию, которая подарила мне Большеземельскую тундру и её короля — Чернова-Большеземельского!

Л. Н. Чернова



Искусство в камне

Нельзя обойти молчанием, не пожалеть исчезновения производства никогда и никакой страной не превзойдённых наших каменных, малахитовых, яшмовых, нефритовых и других ваз.

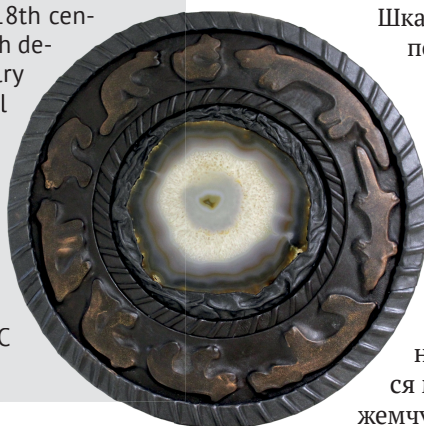
Народный художник СССР В. И. Мухина

Art in stone

It is impossible to pass over in silence, not to regret the disappearance of production that has never been surpassed by any country in our stone, malachite, jasper, jade and other vases.

People's Artist of the USSR V. I. Mukhina

The stone-cutting art in Russia has a long history. Jewelry with precious and semiprecious stones, mainly imported, were found in the burials of the Slavic nobility of the 10–13th centuries. Local stones in combination with river pearls became widely used in later jewelry works. The flourishing of stone-cutting art in Russia fell on the 18th century. In the Altay region and in the Urals, rich deposits of building, ornamental and jewelry stone were discovered. The works of the Ural stone-cutters of those times adorned magnificent interiors of royal residences; now they are presented in the Hermitage and in other museums of the country. Halls of the Geological Museum named after A. A. Chernov are decorated with unique items, which have been created by stone craftsmen in the Institute of geology FRC Komi SC UB RAS for several decades.



Шкатулка «Белая сирень» (медно-никелевая порода, авантюрин, амазонит, нефрит).
Мастер И. Х. Шумилов

Box «White lilac» (copper-nickel rock, aventurine, amazonite, jade). Craftsman
I. Kh. Shumilov

Обработка камня является одним из древнейших проявлений культуры народов. Создание уникальных по красоте и сложности декоративных изделий из камня относится к камнерезному искусству, которое в России имеет многовековую историю. Украшения с драгоценными и полудрагоценными камнями преимущественно местного производства най-

Календарь коми охотника (кожа, агат).
Мастер А. Н. Калмыков

Calendar of a Komi hunter (leather, agate).
Craftsman A. N. Kalmykov

дены в захоронениях славянской знати X–XIII вв. В более поздних ювелирных работах широко стал использоваться местный камень в сочетании с речным жемчугом. Расцвет камнерезного дела на Руси пришелся на XVIII в. В Алтайском крае и на Урале были открыты богатые месторождения строительного, поделочного и ювелирного камня. Драгоценные камни, добытые на многочисленных приисках, везли в Екатеринбург. Уже к концу XVIII в. Екатеринбургская гранильная фабрика выросла в мощное предприятие по переработке самоцветов, сфор-

Свеча и шкатулка (лабрадорит, агат). Мастер А. М. Фишман
Candle and box (labradorite, agate).
Craftsman A.M. Fishman



Шары (родонит, лабрадорит, бронзитит).
Мастер А. Н. Калмыков

Balls (rhodonite, labradorite, bronzite).
Craftsman A. N. Kalmykov



Столешница. Мозаика из камня.
Мастер А. Е. Шмыров
Table top. Mosaic of stone.
Craftsman A. E. Shmyrov



Книги (серпентинит, горный хрусталь, мрамор, змеевик, гранит). Мастера Р. И. Филиппова, З. И. Суханова
Books (serpentine, rock crystal, marble, serpentinite, granite).
Craftswomen R. I. Filippova, Z. I. Sukhanova

мировались традиции изготовления изделий из малахита. Произведения уральских камнерезов тех времён украшали великолепные интерьеры царских резиденций, ныне они представлены в Эрмитаже и в других музеях страны. В советский период обработка камня была связана с монументальной архитектурой. Метрополитены Москвы и Санкт-Петербурга восхищают пестроцветными облицовочными камнями, ими же украшены дворцы культуры и многие другие общественные здания.

В настоящее время стоит проблема возрождения камнерезного искусства, в то время как добыча декоративного камня снижается. Большинство месторож-



Куб и шары (кремнь). Мастер А. Е. Шмыров
Cube and balls (flint). Craftsman A. E. Shmyrov

дений брошены, а мастера-камнерезы занимаются производством мелких сувениров.

Залы Геологического музея им. А. А. Чернова украшают уникальные изделия, которые уже на протяжении нескольких десятилетий помимо своей основной работы в ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН создают мастера по камню. В 2021 году в 55-й раз отмечается День геолога — профессиональный праздник в честь советских геологов за заслуги в создании минерально-сырьевой базы страны. К этому знаменательному событию была приурочена выставка изделий из камня.

На выставке были представлены панно пейзажных яшм в обрамлении кожи из личной коллекции Д. Н. Литошко¹. В этой же коллекции присутствует брошь, в которой сочетание камней было подобрано автором: сочетание темно-зеленого малахита и насы-



Каменная роза. Мастер И. Х. Шумилов
Stone rose. Craftsman I. Kh. Shumilov

¹ Литошко Дмитрий Николаевич (1957—1996), работал в Институте геологии с 1982 по 1996 гг., старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук, лауреат премии коми комсомола в области науки. Проводил топоминералогические исследования на Полярном Урале.



Брошь (мельхиор, чароит, малахит, бирюза, жемчуг).
Мастер Д. Н. Литовско

Brooch (cupronickel, charoite, malachite, turquoise, pearls).
Craftsman D. N. Litoshko

ценно-фиолетового чароита с голубой бирюзой, дополненное белыми жемчужинами. Сотрудник геологического музея А. М. Фишман², любитель цветного камня, практически в каждом своем изделии использовал тиманский агат. Шкатулки, сувениры, подсвечники подчеркивают формы выделения, рисунок и окраску камня. Научный сотрудник лаборатории минерально-сырьевых ресурсов И. Х. Шумилов³ известен своими резными изделиями из камня. Многие его работы увезены в разные уголки страны. На выставке представлены три экспоната, которые подчеркивают филигранное мастерство автора резьбы по камню, на одном из них утонченные цветы белой сирени из кварца контрастируют с темным фоном шкатулки.

Удивляют и радуют каменные изделия сотрудников шлифовальной мастерской, частично представ-

ленные работами Р. И. Филипповой (Титовой)⁴ и З. И. Сухановой⁵. В основном это разнообразные по размеру каменные книги и сувениры, которые раскрывают красоту горного хрусталя, мрамора, кварцито-песчаника, яшмы, змеевика. Большая коллекция бабочек из голубовато-серых тиманских агатов украшает стенды в зале «Полезные ископаемые». Творчество, любовь к камню и золотые руки мастеров шлифовальной мастерской П. Е. и А. Е. Шмыровых создают уникальный мир камнерезного искусства. На выставке представлены выполненные ими шкатулки из змеевика, большая коллекция сувениров, шаров и кубов. Привлекают внимание изделия из горного хрусталя. Зеркальная поверхность шара завораживает, и даже небольшие включения и дефекты не портят впечатление. Уникальным экспонатом на выставке является столик, выполненный А. Е. Шмыровым в технике флорентийской мозаики. В центре стола располагается эмблема института из молочно-белого кварца на фоне из травяно-зеленого жадеита.

А. Н. Калмыков, работая аппаратчиком на азотно-кислородной станции института, увлекался камнем и его обработкой. Путь камнереза он начинал с простой шлифовки и полировки, с изготовления сувениров и шаров, в данное время осваивает уникальную технику сочетания натуральной кожи и камня. Солнечные агаты Бразилии и голубые агаты Тимана в обрамлении кожи благодаря умелым рукам А. Н. Калмыкова создают целые картины и сюжеты с северными мотивами.

Зав. Геологическим музеем
им. А. А. Чернова
к. г.-м. н. И. С. Астахова

² Фишман Александр Маркович (р. 1947), работал в Институте геологии с 1997 по 2006 гг., научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук. Изучал камнесамоцветное и коллекционное сырье на Севере Урала и Тимана.

³ Шумилов Игорь Христофорович (р. 1965), работает в Институте геологии с 1991 г., старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук. Проводит исследования кор выветривания, руд благородных и цветных металлов, занимается минералогией каменных углей Печорского бассейна.

⁴ Филиппова Раиса Ивановна (1944–2011), работала в Институте геологии с 1962 по 2010 гг., технолог II категории.

⁵ Суханова Зоя Ивановна (1939–2014), работала в Институте геологии с 1957 по 1997 гг., технолог III категории.

Нам пишет член-корреспондент РАН А. И. Жамойда

Глубокоуважаемый Асхаб Магомедович!

Благодарю за Ваш журнал, регулярно присылаемый. Даже затеял переписку с двумя авторами статей.

Вообще Сыктывкар и коллег-стратиграфов вспоминаю с удовольствием.

Желаю всего самого доброго!

Санкт-Петербург
27.03.2021

Corresponding member of RAS A. I. Zhamoyda writes to us

Dear Askhab Magomedovich!

Thank you for your journal sent regularly. I even started a correspondence with two authors of articles.

In general, I recall Syktyvkar and my colleagues-stratigraphers with pleasure.

I wish you all the best!

St. Petersburg
27.03.2021



Полевая геологическая экскурсия «Малое геологическое кольцо Республики Коми»



Field geological excursion «Small geological ring of the Komi Republic»

В связи со сложной эпидемиологической обстановкой в 2020 году Всероссийское литологическое совещание «Геология рифов – 2020» проводится в три этапа. Первый (совещание в формате видеоконференции 25–26 июня 2020 г.) и второй (практический семинар 7–9 апреля 2021 г.) этапы успешно прошли.

Третий этап — полевая геологическая экскурсия «Малое геологическое кольцо Республики Коми» — будет проводиться 23–27 августа 2021 г. Целью экскурсии является ознакомление экскурсантов с рифогенными и нефтематеринскими отложениями, являющимися важной частью Тимано-Печорской нефтегазонасыщенной провинции. Будут показаны верхнерифейские строматолитовые рифогенные образования на возвышенности Дзеджимпарма, верхнедевонский рифовый комплекс «Седью», верхнедевонские нефтематеринские породы доманика в типовой местности. Кроме того, экскурсанты смогут ознакомиться с нижнепермскими доломитовыми ооидными толщами Немской возвышенности, границей рифея-девона на Южном Тимане и историческим местом — асфальтитовым рудником у д. Кэмдин.

Стоимость экскурсии — 15000 руб. Туда входит питание, транспортные расходы по маршруту следования и изготовление путевого документа.

Записаться на экскурсию можно по адресу:

lithseminar@geo.komisc.ru (Пономаренко Евгений Сергеевич).

Дополнительная информация доступна на сайте Института геологии <https://geo.komisc.ru/>

A difficult epidemiological situation in 2020 resulted in that the All-Russian lithological meeting «Geology of reefs – 2020» was held in three stages. The first (video-conference on June 25–26, 2020) and the second (workshop on April 7–9, 2021) were successfully completed.

The third stage — a field geological excursion «Small geological ring of the Komi Republic» — will be held on August 23–27, 2021. The excursion aims to show reefogenic and oil source deposits — an important part of the Timan-Pechora oil and gas province. The Upper Riphean stromatolite reef formations on the Dzhezdzhiparma Upland, the Upper Devonian Sedyu reef complex, and the Upper Devonian Domanik oil source rocks in the type locality will be shown. In addition, excursionists will be able to see the Lower Permian dolomite ooid strata of the Nem Upland, the Riphean-Devonian boundary on the South Timan and the historical site — asphaltite mine near the village of Kemdin.

The cost of the excursion — 15000 rubles. It includes meals, travel expenses along the route and the production of a guidebook.

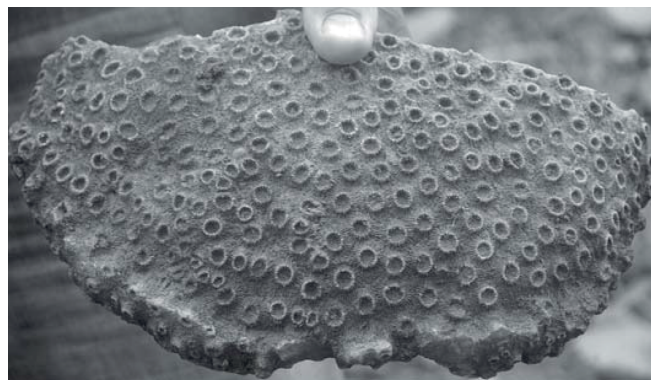
You can sign up for the excursion:

lithseminar@geo.komisc.ru (Evgeny Sergeevich Ponomarenko).

Additional information is available on the website of the Institute of Geology <https://geo.komisc.ru/>



Верхнедевонский риф Седью
Upper Devonian reef Sedyu



Верхнедевонские кораллы
Upper Devonian corals

Редакторы издательства:

О. В. Габова, Г. Н. Каблис, К. В. Ордин

Компьютерная верстка:

А. Ю. Перетягин, Р. А. Шуктомов

Свид. о рег. средства массовой информации ПИ № ФС77-75435 от 19.04.2019, выданное Роскомнадзором. Отпечатано: 31.05.2021. Формат бумаги 60 × 84 1/8. Печать RISO. Усл. п. л. 5.5. Тираж 140. Заказ 1161. Учредитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). Редакция, издательство, типография: издательско-информационный отдел Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН).

Адрес: 167982, Республика Коми, Сыктывкар, Первомайская, 54. Тел.: (8212) 24-51-60. Эл. почта: vestnik@geo.komisc.ru
На обложке использованы фото На обложке использованы фото А. Соболевой, Ю. Глухова, В. Салдина, К. Романова.